



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

***CANAKKALE ONSEKİZ MART UNIVERSITY
JOURNAL OF ADVANCED
RESEARCH IN NATURAL AND
APPLIED SCIENCES***



ISSN 2757-5195

**Journal of Advanced Research in Natural
and Applied Sciences**

e-ISSN: 2757-5195

Volume 7 / Issue 4

Sayı 7 / Cilt 4

2021-Aralık/December

Yayıncı/Publisher: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Rektör /Rector: Prof. Dr. Sedat MURAT

Dergi Editör Kurulu /Editorial Board

Doç.Dr. Filiz UĞUR NİGİZ (Editor-in-Chief)

Dr. Öğretim Üyesi Ayça AYDOĞDU

Dr. Tuğba GÜNGÖR

Doç.Dr. Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL

Doç.Dr. Necati KAYA

Dr. Öğretim Üyesi Gülçin ÖZCAN ATEŞ

Dr. Öğretim Üyesi Şebnem ÖNDER

Dr. Öğretim Üyesi Doğukan TAŞER

Sekreteryası/Secretary

Arş. Gör. Sinem ALTINIŞIK

Önsöz:

Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences Dergisi Fen, Mühendislik, Doğa ve Temel bilimler alanlarında daha önce yayımlanmamış orijinal araştırma makalesi, derleme yazılar, teknik not türünde araştırmaları yayınlayan ulusal ve uluslararası indekslerde taranan, hakemli ve bilimsel bir dergidir. Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences Dergisi Mart, Haziran, Eylül, Aralık olmak üzere yılda dört sayı yayınlanacaktır. Tr-Dizin’de taranan Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences Dergisi’nin 7.cilt 4.sayısında 12 adet araştırma makalesi yayına kabul edilmiştir.

	<ul style="list-style-type: none">• TÜBİTAK TR DİZİN tarafından taranmaktadır• Indexed by TR-DİZİN Database.
	<ul style="list-style-type: none">• TÜBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik tarafından yayımlanmaktadır.• Published by TÜBİTAK-ULAKBİM Turkish Journal Park Academic Database.
	<ul style="list-style-type: none">• CROSSREF® Veri Tabanı Tarafından Taranmakta ve Makaleler DOI numarası ile yayımlanmaktadır.• Indexed by CROSSREF® Database and Articles are published with DOI number.
	<ul style="list-style-type: none">• Google Scholar'da ve SOBIAD'da taranmaktadır• Indexed by Google Scholar and SOBIAD Database.

İletişim Adresi / Publisher Address: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Terzioğlu Yerleşkesi Çanakkale (Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Binası)

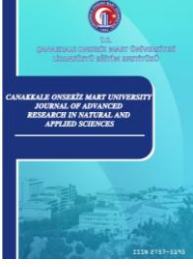
Tel: 0286 218 05 23, Belgegeçer / Fax: 0286 218 05 24

E-posta / E-mail: jarnas.journal@gmail.com

Dergi Web Sayfası / Journal Home Page:

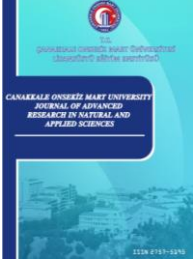
<http://jarna.dergi.comu.edu.tr/>

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jarnas>



CONTENTS / İÇİNDEKİLER
(2021, 7:4)

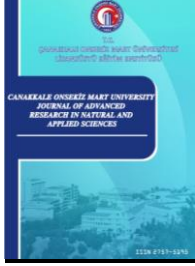
No	Articles & Authors / Makaleler & Yazarlar	Pages / Sayfa No
1	Investigation of the Services Provided to Disabled in Çanakkale Leyla YEŞİLÇİNAR, Orkun DALYAN, Mehmet PİŞKİN* Research/Araştırma	464 - 477
2	Yedi Akdeniz Lamiaceae Türünün Duman ve Duman Kökenli Bileşiklere Olan Çimlenme Tepkisi Şükrü Serter ÇATAV*, Kenan AKBAŞ Research/Araştırma	478 - 485
3	Covid-19 Detection from Chest X-Ray Images and Hybrid Model Recommendation with Convolutional Neural Networks Hacer KARACAN, Furkan ERYILMAZ* Research/Araştırma	486 - 503
4	Macar fiği (Vicia pannonica Crantz) Tohumlarının Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma Zeynep DUMANOĞLU*, Erdal ÇAÇAN, Kağan KÖKTEN Research/Araştırma	504 - 511
5	Late Cenozoic Stress State in Gulf of Güllük and Surroundings, SW Anatolia Erdem GÜNDOĞDU*, Alper DEMİRCİ, Suha OZDEN Research/Araştırma	512 - 526
6	Heavy Oil Residue Upgrading With Iron Based Catalysts Under High Hydrogen Pressure Savaş GÜRDAL*, Kadir YILMAZ, Solmaz AKMAZ, Muzaffer YAŞAR Research/Araştırma	527 - 535
7	A Maturity Model for Assessing Sustainable Project Management Knowledge Areas: A Case Study Within a Logistics Firm Elifcan GÖÇMEN* Research/Araştırma	536 - 555



Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences

Aralık (December) 2021 / Cilt (Volume) 7 / Sayı (Issue) 4 / e-ISSN 2757-5195

8	Evaluation of The Use R450A as an Alternative to R134a in Low and Medium Temperature Heat Pump Systems: 4-E (Energy, Exergy, Environmental and Enviro-Economic) Analysis Ragıp YILDIRIM* Research/Araştırma	556 - 569
9	Ephestia kuehniella Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Yumurta Üretiminde Farklı Besinlerin Karşılaştırılması Asude TÜRKOĞLU, Ali ÖZPINAR* Research/Araştırma	570 - 581
10	The Effects of Traps Hung in Different Places in the Cherry Orchard on the Capture and Flower Damage of Tropinota (Epicometis) hirta (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae) Veli Burak ÇELİK, Bülent YAŞAR* Research/Araştırma	582 - 589
11	Edirne İli Özelinde 2019 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yatay Tasarım İvme Spektrumlarının Değişiminin İncelenmesi Burak ÖZŞAHİN* Research/Araştırma	590 - 608
12	İş Sağlığı ve Güvenliğinde Güvenlik İkliminin Belirlenmesinde Kadercilik Algısının Rolü: Kimya Bölümü Öğrencileri Üzerine Bir Uygulama Gülizar HOŞTEN, Necla DALBAY* Research/Araştırma	609 - 620



Investigation the Services Provided to Disabled in Çanakkale

Leyla Yeşilçınar¹, Orkun Dalyan¹, Mehmet Pişkin^{2*}

¹Occupational Health and Safety Department, Graduate Education Institute, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

²Food Processing Department, Vocational School of Technical Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

Article History

Received: 02.06.2021

Accepted: 22.09.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – Every healthy person is a disabled candidate, which is why disabled people have an important place in our society and worldwide. However, our citizens with disabilities face many problems in society every day. In this study, some of the problems faced by the disabled and the studies aimed at eliminating these problems were examined and compared with the studies in the literature. In the study, a survey of 60 questions was organized to be answered by disabled individuals residing in Çanakkale province. The survey, which was answered by 60 disabled individuals, was analyzed by Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 22.0. 44 (73.3 %) of the employees participating in the study are male, 24 (40 %) of them are between 36-45 years. Only 19 (31.7 %) of the participants have received higher education and higher education. 41 of the participants (68.3%) are working. Only 17 (41.5%) of the working participants work in the public sector. Of the participants, 23 (38.3%) were physical, 8 (13.4%) were mental, 7 (11.7%) were auditory, 2 (3.3%) had speech disorders, 2 (3.3%) had learning disabilities, 2 of them (3.3%) had visual impairment and 16 (26.7%) had disability in the other category. The data focused on the safe passage zones for the disabled, sports field, sports guidance and the insufficiency of the disabled staff in public institutions. The identified problems can be solved by establishing a unit for the determination, analysis and follow-up of the services to be provided for disabled individuals within the municipality.

Keywords – Çanakkale, disabled, disability employment, disability issues, occupational health and safety

1. Introduction

In our language and in many languages, many terms that mean disability and disability are used. However, due to the differences in these terms, many uncertainties arise, and disabled people cannot express themselves fully due to these ambiguities. The definition of World Health Organization (WHO) disability; categorized it in three groups as "the deficiency or limitation that arises in the development and fulfillment of the body functions expected from a person or the body functions of a person as a whole" ([Chikwanka & Chiluba, 2020](#)).

According to the International Labor Organization (ILO), a person with a disability is defined as an individual whose hopes of securing safety and finding a suitable job are greatly reduced as a result of physical or mental impairment ([Karabulut, 2017](#)).

According to the Disabled Law No. 5378 (2005); "Individuals who have difficulties in adapting to social life and meeting their daily needs and who need protection, care, rehabilitation, counseling and support services as a result of having physical, mental, spiritual, sensory and social abilities at various degrees for any reason, congenital or subsequently" are defined as disabled ([Uzunaslana, 2016](#)).

In Turkey, the concept of "disabled" was used in legal regulations until the end of the 1990s, and in the following years the word "disabled", which is a synonym for the word disabled, has been used. Recently, these two expressions have lost their usage and the term "disabled" has been used ([Şişman, 2012](#)).

¹ leylayasilcinar@stu.comu.edu.tr

² orkundalyan@outlook.com

³ mehmetpiskin@comu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Factors causing disability; Prenatal causes are divided into 3 groups as causes occurring at the time of birth and postpartum causes. In the Turkey Disability Survey (2002), disability; orthopedic, visual, hearing, language and speech, mentally handicapped and chronic diseases. In the study of the problems and expectations of the Disabled conducted by the Turkish Statistical Institute (TURKSTAT) (2010); mental and emotional disabilities and multiple disabilities are also included in the classification ([Üzer, 2019](#)).

While the classifications vary according to the sources, the classification of disability according to the special education services regulation is shown in [Figure 1](#).

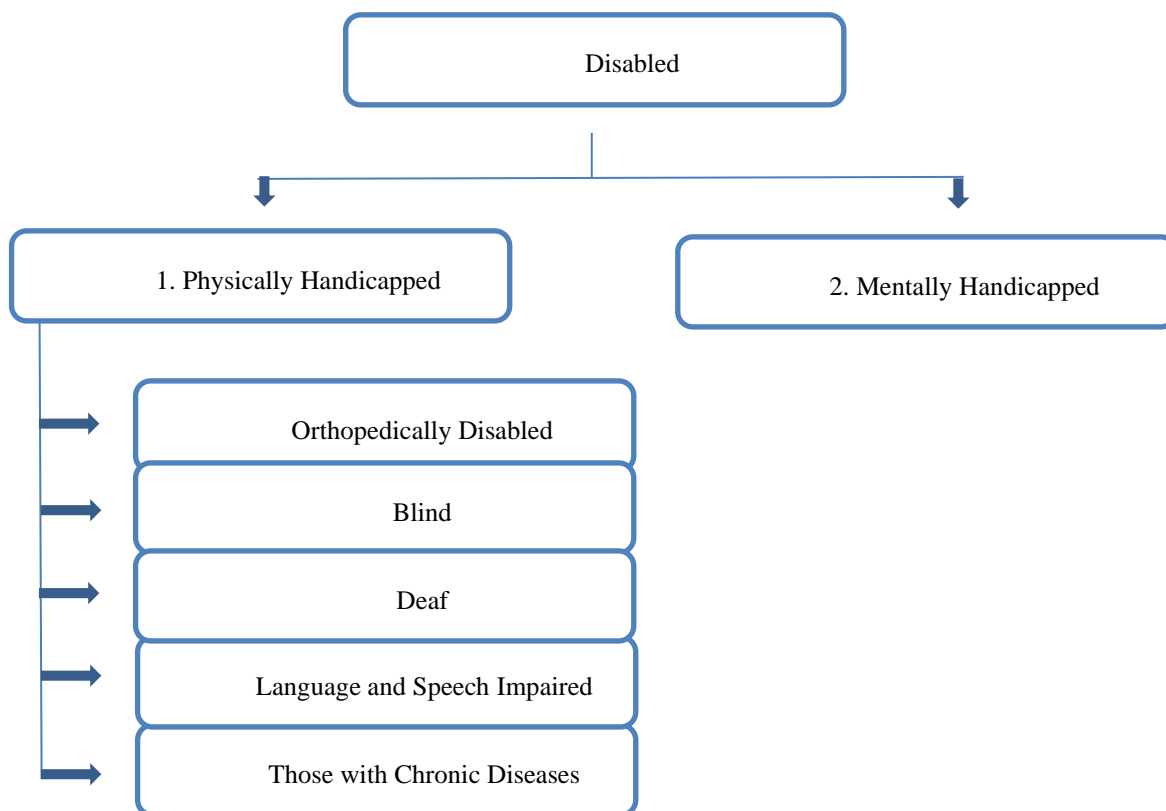


Figure 1. Classification of disability

According to the determination of the WHO, today 600 million people in the world; In other words, 10% of the world population is struggling to participate in life with their disabilities ([Alsancak, Tomruk, Çatana, Türkekul, & Dolamaç, 2013](#)). Despite living in different conditions, the common problem shared by all of them is exclusion and discrimination. In general, this problem does not only affect people with disabilities and their families, but it is also a phenomenon that includes all societies and directly affects the economic and social development of societies. The disabled person is primarily defined as a person in need of care, in miserable condition and as an abnormal person, and is kept separate from the rights used by other members of the society. As a result, the participation of the disabled person in society is prevented and their rights are restricted. It is extremely important to eliminate the conditions that cause disability, to increase social awareness, and to provide the necessary opportunities to create a society in which disabled individuals are fully included in the social, economic and political arena ([Alsancak et al., 2013](#)).

Disability is a social phenomenon that has existed from past to present. Today, this phenomenon has become more important with the developments both in our country and in the world. Many developments such as state-provided services for persons with disabilities, explaining their rights to persons with disabilities, and state support for private organizations operating in this field have increased the number of institutions serving persons with disabilities in various ways ([Lindsay, Cagliostro, Albarico, Mortaji, & Karon, 2018](#)). With the increase in the services provided to disabled individuals, the number of people working with disabled individuals has also increased. The effectiveness and efficiency of these institutions that serve the disabled coincides with the state policies, they benefit individuals with disabilities, and increases the number of private

institutions operating in this field, so more people with disabilities can be served. However, achieving efficiency and productivity is only possible with the success and happiness of the employees. Employees can be successful and happy if they are supported by their institutions, do not cool down for any reason from their profession and provide satisfaction from their work. However, when the business life is examined, one of the most important problems encountered is that the employees are not satisfied with their jobs and workplaces. In such a situation, employees cannot be expected to be successful or performing ([Sahan, 2018](#)).

Although Occupational Health and Safety is thought to focus only on occupational accidents, the definition of safety culture covers the whole life ([Dalyan, Canpolat, Dalyan, Öztürk, & Pişkin, 2021a](#); [Dalyan, Özkaya, Pişkin, & Öztürk 2021b](#)). Safety culture can be created with OHS training and applied to cover the whole life ([Dalyan & Pişkin, 2020](#)). In the literature, there is no study in the literature on occupational health and safety (OHS) for the disabled in working life in Çanakkale. On the other hand, according to the literature review, there are two studies for the disabled in Çanakkale. One of these studies is [Kanyılmaz Polat, Bacak & Kiroğlu \(2020\)](#). It was conducted with 12 visually impaired individuals employed in the public sector of Çanakkale. In the research, data were collected by interview method. It has been reported that while visually impaired citizens constitute approximately 10% of the population in Turkey, the number of schools for the visually impaired is very low. In another study conducted by [Kanyılmaz Polat \(2020\)](#), qualitative research was conducted with 9 disabled employees employed according to the quota system in the example of Çanakkale. Data were collected with a semi-structured interview form. The data obtained from the interviews were analyzed with the Maxqda Analytics Pro 2020 program. The data obtained from the interviews were gathered under the themes of "recruitment process, problems related to the nature of the job, career problems, attitudes and expectations". The most frequently expressed problems by the participants are working in jobs below their qualifications, working in vacant jobs that are not suitable for the disabled, and negative employer attitudes. Disabled employees want their belief that they cannot do anything because they are disabled. It was stated that the society and employers would be more productive if they were confident. It is one of the common points of the studies that we searched for answers to similar questions in the same region between the two studies and our study. There are significant differences in the analysis methods applied in the studies and in terms of the number of disabled citizens studied.

It has been determined that relatively similar studies have been carried out in different provinces other than Çanakkale province. It was carried out by [Özmen & Çetinkaya \(2012\)](#) within the scope of Manisa province with the participation of families of individuals with mental disabilities. 106 disabled families supported the study with a questionnaire consisting of 28 questions. The data of the study were evaluated with descriptive statistics and chi-square significance test in SPSS 15.0 for Windows program. In the study; While parameters such as the age of the mother and father, income level, gender of the child, whether the disability is congenital or later, the type of disability, when it was noticed are not seen as problems experienced in caring for the disabled child, the more problematic; It was reported that there was another disabled child in the family, that the disabled child had additional expenses, and that there were difficulties in the treatment of the disabled. It is one of the results of the research that although the sensitivity and services for the disabled have increased recently, the problems experienced by the disabled have not come to an end.

In the case study they conducted in Kastamonu province, [Belkayalı & Güloğlu \(2019\)](#) talked about the physical and social problems faced by the disabled in open spaces and parks. With the questionnaire method, 124 disabled and 382 healthy individuals participated in the study. Survey data were evaluated by multivariate regression analysis method. As a result of the research, it has been revealed that both disabled and healthy individuals face similar problems in open areas and parks and are generally not satisfied with businesses. At the same time, this study revealed that public institutions do not fulfill their duties towards the disabled. While focusing only on the specific subject in the study narrows the scope, the comparison of the problems encountered between both disabled and healthy individuals has been one of the issues that add originality to the study.

In the Alanya region, [Hüseyinli, Göçmen & Nasibov \(2017\)](#) in their study; The awareness of disabled people about their rights or services and the extent to which they benefit from these rights and services have been determined. This research was conducted using a qualitative method and face-to-face interviews were

conducted with disabled individuals. It was determined that most of the interviewed disabled individuals did not have information about the rights or services they could benefit from. Although some disabled individuals are informed about the services offered, they partially benefit from these opportunities for various reasons or do not want to benefit from the rights or services offered to them. Today, with the changing understanding of social state and social municipality, the services provided to the disabled in general aim to ensure that the disabled people enjoy their rights equally like the people who are not disabled and exist in the society. With this approach, the political structures, cultures, and socio-economic conditions of the countries differ. Studies in the literature aim to reveal the differences between countries in disability services.

When the situation of the disabled in universities is wanted to be examined, the deficiencies in the literature stand out. Although it is seen that studies investigating the disability status of students and their effects on the basis of universities are relatively limited, [Özdelikara & Arslan](#)'s study in 2017 to determine the disability status of the students of Ondokuz Mayıs University Faculty of Health Sciences Nursing Department and to determine the services for the disabled draws attention. 369 students participated in the study with the surveys method and the data were analyzed using the SPSS 21 package program and the percentage calculation method. Considering the results of the research, 2.5% of the students are orthopedic, 3.3% are visual, 2.2% are hearing, 1.1% are language and speech, 10.1% are mental/emotional and 2% are It was observed that 0.8 of them had chronic diseases. It was determined that 60.6% had difficulty in following the lesson, 28.1% felt uncomfortable in the society and 23.2% felt embarrassed. As a result of these data, it has been reported that there are disabled students who are not registered in the disabled student center and that physical arrangements should be made especially for these students.

According to [Gökçe, Güneş & Seyitoğlu, \(2016\)](#), it was seen that the students of İnönü University Faculty of Medicine tried to determine their behaviors towards disabled individuals by using the survey method. 658 students participated in the research. Survey data were tested using t-Test and One-Way Analysis of Variance for independent variables. As a result of the research, the positive attitudes of the medical faculty students towards the disabled individuals attracted attention but it was suggested that the attitude towards the disabled individuals should be included as a social activity in the curriculum in addition to the educational programs.

In addition to the studies carried out in Turkey, the policies applied for the disabled in other countries were investigated, and some of the studies mentioned below drew attention. According to [Maja, Mann, Sing, Steyn, & Naidoo \(2011\)](#) conducted a study investigating employer experiences regarding the employment of people with disabilities in the manufacturing and financial sector in South Africa. In the research, a questionnaire consisting of 20 questions, semi-structured interviews and the policies used by businesses when hiring disabled people were used. As a result of the research, it has been reported that the knowledge and awareness of employers about the contribution of disabled people to the workforce is not at a sufficient level. He also stated that people with disabilities do not clearly state their disability due to the concern of not being able to find a job. In addition to the stated findings, businesses stated that disabled people have more competitive, more productive and more positive attitudes.

[Bungau, Tit, Popa, Sabau, & Cioca \(2019\)](#) conducted a study on the legislation, practices and public attitude regarding the employment of disabled people in Romania. It is stated in the novel that with the abolition of the communist regime, the perspective and attitude towards the disabled changed positively, and it was stated that the local people were still affected by the communist regime. As a result of the research, it was stated that the employment and wages of the disabled should be increased, and it was stated that it was necessary to classify the disabled in order to improve the living conditions of the disabled. For example, there is a big difference between the needs of a person with a physical disability and the needs of a person with a learning disability. Attention was also drawn to the importance of solving the accessibility problem of the disabled. It was stated that the need to adapt transportation vehicles according to the needs of the disabled should be urgently resolved.

[Verulava & Bedianashvili \(2021\)](#) conducted a study to examine the problems faced by disabled people residing in the Tbilisi state of Georgia in employment. The data collection method in the research was carried out using in-depth interviews and focused discussions. According to the results of the research, the factors that hinder the employment of the disabled; Inadequate legislation, low public awareness, discriminatory physical environment, non-inclusive education system are listed as. He stated that the lack of institutions and organizations that can act as intermediaries between disabled individuals and employers is an important shortcoming. It has been recommended that the government encourage employers to employ people with disabilities.

In the world and in our country, attitudes and behaviors towards the disabled are developing relatively positively, thanks to both state policies and social media. However, because of the literature studies we have done, the inadequacy of academic studies for the disabled has led us to work in this field. Within the scope of this study, the necessary literature was searched and as mentioned above, sample studies on the examination of the services provided to the disabled were seen. However, literature studies have shown that studies focus on more specific issues and more comprehensive studies are not available. In this study, we examined the demographic status of the disabled, whether they work or not, the suitability of their working environment if they work, the positive/negative situations they encounter in public transportation, their safety in the city they live in, the training they receive, the social activities in the city, being disabled in the society, the expectations of the disabled from public institutions from a more general framework.

In this study, a survey method was applied to a total of 60 disabled people, 41 of whom were working and 19 were unemployed in Çanakkale. The main problems faced by people with disabilities were analyzed with the SPSS 22.0 and compared with previous studies in the literature. It is thought that the data obtained from the study will provide solutions to the problems faced by the disabled in social life in terms of occupational health and safety.

2. Materials and Methods

2.1. Research Method

In this study, survey questions were prepared by searching the literature about disabled people and taking expert opinions. The questions in the questionnaire used were prepared by [Hacibebekoğlu, Oğuz Yiğitbaş, Hacibebekoğlu, Kaynar & Muratdağı \(2015\)](#)'s survey questions were adapted to our own study. The survey questions used in the research are given in Annex-1. This study is a descriptive research study, using survey and comparative research methods. The study was approved by the Ethics Committee of Çanakkale Onsekiz Mart University Graduate Education Institute with the number E-84026528-050.01.04-2100073618 dated 20/05/2021.

2.2. Data Collection Tools

In this study, a survey form consisting of 2 parts was prepared to evaluate the services provided to persons with disabilities and to raise awareness. The created survey was carried out by interviewing individuals face to face. After giving information about the general research and the survey, a survey was applied to the individuals whose voluntary consent was obtained. The data of the study were collected between 24.05.2021–31.05.2021. Since the opinions of disabled people are needed, a literature review was carried out and a question pool was created. Afterwards, the comments of two experts who conducted academic studies on the subject were received. The final version of the questionnaire was prepared as a result of the controls made by the researchers. In the first part of the questionnaire, to determine the demographic characteristics of the participants, there are 7 questions: age, gender, educational status, employment status, characteristics of the institution, suitable area, and disability status. On the other hand, in the other part of the questionnaire, there are 60 questions to determine the problems faced by the disabled in social life.

2.3. Participants

The population of the research consists of disabled individuals residing in Çanakkale. The sample of the study consisted of 60 personnel according to the 95% confidence level (Krejcie & Morgan, 1970). Simple random sampling method, one of the probability sampling methods, was used in order to have no effect on the selection of the participants and to make a random selection (Yıldız, 2011). A pilot study was conducted with 7 disabled individuals, and it was seen that there was no need for any change in the survey and the pilot study data were added to the research. The demographic characteristics of the selected individuals participating in the study and the data related to the survey are detailed under the heading of findings.

2.4. Data Analysis

In this study, the validity and reliability analysis of the data obtained was made with SPSS 22.0. Cronbach Alpha reliability coefficient of the survey scale was found to be a reliable value such as $\alpha = 0.719$. Whether the survey data showed normal distribution and whether the variances were homogeneously distributed was checked with the Kolmogorov-Smirnov test. As a result of the applied test, the analyzes in the parametric test group were used because the data sets showed normal distribution (Eymen, 2007). Independent Sample t Test and One-Way Analysis of Variance (One Way Anova), which are parametric tests, were applied to compare whether there were significant differences between the demographic characteristics, which are the dependent variables, and the means of the survey questions, which are the independent variables. To determine the effect size of the independent variable on the dependent variable, the eta-squared effect size coefficient was calculated. Eta-squared effect size; If $d < 0.2$, very small (very little), if $0.2 < d < 0.5$, small (less), if $0.5 < d < 0.8$, medium, if $0.8 < d < 1$ then large and If $1 < d$ is interpreted as a very large effect (Kılıç, 2014). The demographic characteristics of the employees participating in the survey and the findings regarding the survey questions are presented in tables using the frequency (f) and percentage (%) measurements. The obtained findings were evaluated at 95% confidence interval and 5% significance level (Özdamar et al., 1999).

3. Results and Discussion

According to Table 1, 16 (26.7%) of the participants were female and 44 (73.3%) of them were male. 1 (1.7%) of the participants was under the age of 18. Of the participants, 14 (23.3%) were between 19-25 years old, 17 (28.3%) were between 26-35 years old and 24 (40%) were between 36-45 years old. 4 (6.7%) of the participants were over the age of 45. Of the participants, 23 (38.3%) were primary, 18 (30%) high school, 11 (18.3%) college, 7 (11.7%) degree and 1 (1.7%) postgraduate. Of the participants; 9 (15%) had less than 1 year, 9 (15%) between 1-5 years, 8 (13.3%) between 5-10 years and 15 (15%) had more than 10 years of professional experience. Of the participants, 17 (28.3%) work in the public sector and 24 (40%) in the private sector. While of the participants; 25 (41.7%) work in the suitable profession, 16 (26.7%) of them work outside the field. Of the participants, 19 (31.7%) do not work actively. Of the participants, 23 (38.3%) were physical, 8 (13.4%) were mental, 7 (11.7%) were auditory, 2 (3.3%) had speech disorders, 2 (3.3%) had learning disabilities, 2 (3.3%) had visual impairment and 16 (26.7%) had disability in the other category. The frequencies and percentages of the demographic characteristics of the individuals participating in the survey are given in Table 1.

Table 1
Frequencies and percentages of demographic characteristics

Demographic features	f	%	
Gender	Female	16	26.7
	Male	44	73.3
Age	15-18 age range	1	1.7
	19-25 age range	14	23.3
	26-35 age range	17	28.3
	36-45 age range	24	40.0
	45 above age	4	6.7
Education status	Primary / Secondary School	23	38.3
	High school	18	30.0
	College	11	18.3
	Degree	7	11.7
	Postgraduate	1	1.7
Professional Experience	Less than 1 year	9	15.0
	From 1 to 5 years	9	15.0
	5-10 years	8	13.3
	Over 10 years	15	25.0
	I am not working	19	31.7
Institution of Work	Public	17	28.3
	Special	24	40.0
	I am not working	19	31.7
Suitable Job for the Field	Yes	25	41.7
	No	16	26.7
	I am not working	19	31.7
Disability situation	Physical	23	38.3
	Mental	8	13.4
	Auditory	7	11.7
	Speech impairment	2	3.3
	Learning difficulties	2	3.3
	Defect of vision	2	3.3
	Other	16	26.7

The independent t-test results according to the gender variable of the mean of the answers given to the survey questions by the disabled individuals participating in the research are given in [Table 2](#).

Table 2
Independent t-Test results according to the gender variable of the mean of the survey

Groups	N	\bar{X}	Sd	t	p
Female	16	1.71	.15	.77	.44
Male	44	1.69	.15		

As seen in [Table 2](#), when the results obtained from the survey were examined in terms of gender, the average of female were ($\bar{X} = 1.71$) and the average of male were ($\bar{X} = 1.69$). According to the t test, there is no statistically significant difference between the test averages of female and male employees ($t = .77$; $p > .05$).

The independent t-test results of the gender variable according to all the answers given to the survey questions by the disabled individuals participating in the research are given in [Table 3](#).

Table 3
Independent t-Test results of the survey questions according to gender variable

Groups	Gender of the participants	N	\bar{X}	ss	T	p
Are safe structures suitable for you built across the street?	Female	16	1.75	.44	2.588	.011*
	Male	44	1.38	.49		
Are the physical structures of the theatre and cinema suitable for you?	Female	16	1.68	.47	2.477	.016*
	Male	44	1.34	.47		
Internet, telephone, etc. Can you get service by accessing with methods?	Female	16	1.25	.44	2.108	.010*
	Male	44	1.68	.77		

p<.05*, p=.05

According to [Table 3](#), "Are safe structures suitable for you built for crossings?" when the expression results were compared according to the gender variable, a significant difference was observed in favor of female between the average of female ($\bar{X} = 1.75$) and the mean score of male ($\bar{X} = 1.38$) ($t = 2.588$; $p < 0.05$). "Are the physical structures of the theater and cinema suitable for you?" when the expression results were compared according to the gender variable, a significant difference was observed in favor of female between the average of female ($\bar{X} = 1.68$) and the mean score of males ($\bar{X} = 1.34$) ($t = 2.477$; $p < 0.05$). "Internet, telephone, etc. to institutions. Can you get service by accessing with methods?" When the expression results were compared according to the gender variable, a significant difference was observed in favor of male between the average of male ($\bar{X} = 1.68$) and the mean score of females ($\bar{X} = 1.25$) ($t = 2.108$; $p < 0.05$).

One-Way Variance analysis results of the survey average according to the variables of age, education level, professional experience, institution, job, and disability status appropriate to the field are given in [Table 4](#).

Table 4
One-Way Variance analysis results of the survey average according to the variables of age, education level, professional experience, institution, job, and disability status appropriate to the field

	Source of variance	Sum of squares	Sd	Mean of squares	F	p	Meaningful difference
Disability	Between groups	.269	6	.045	2.245	.05*	1>2
	Within groups	1.056	53	.020			4>2

p<.05* 1. Speech disability, 2. Mental disability, 3. Physical disability, 4. Other disability

According to [Table 4](#), a statistically significant difference was determined between the average of the survey and the disability status ($F = 2.245$, $p = 0.05$). LSD multiple comparison test was conducted to understand which disability is significant difference. It was observed that the significant difference was between the speech disorder and the mental disability in favor of the speech disorder, the other disability, and the physical disability in favor of the other disability, and the other disability and the mental disability in favor of the other disability. According to the result of calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .20$), it was determined that this difference is highly effective.

One-Way Variance analysis results of the survey questions according to the professional experience variable are given in [Table 5](#).

Table 5
One-Way Variance analysis results of the survey questions according to the professional experience variable

	Group	N	\bar{X}	ss	F	P	Significant Difference
Are you looking for a job?	Less than 1 year	9	1.11	.33	3.295	.017*	
	From 1 to 5 years	9	1.00	.00			3>1
	5-10 years	8	1.37	.51			3>2
	More than 10 years	15	1.06	.25			3>4
	Not working	19	1.00	.00			3>5
Are you still studying?	Less than 1 year	9	1.55	.52	3.260	.018*	
	From 1 to 5 years	9	1.88	.33			2>5
	5-10 years	8	1.62	.51			4>5
	More than 10 years	15	1.66	.48			
	Not working	19	1.26	.45			
Is there a sport you want to deal with?	Less than 1 year	9	1.11	.33	4.874	.002*	
	From 1 to 5 years	9	1.66	.50			2>1
	5-10 years	8	1.62	.51			3>1
	More than 10 years	15	1.53	.51			4>1
	Not working	19	1.10	.31			

p <.05 * less than 1.1 years, 2.1-5 years, 3.5-10 years, 4. more than 10 years, 5. I am not working

According to [Table 5](#), a statistically significant difference was observed between the statement "Are you looking for a job" and at least two variables of professional experience (F = 3.295, p <0.05). It was observed that the significant difference was in favor of 5-10 years and 5-10 years among other groups. According to the result of calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .19$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Are you still continuing to study" and at least two variables of professional experience (F = 3.260, p <0.05). Significant difference was found between 1-5 years in favor of not working and 1-5 years in favor, and between more than 10 years and not working for more than 10 years. According to the result of calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .19$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Is there a sport you want to deal with?" And at least two variables of professional experience (F = 4.874, p <0.05). Significant difference was found between 1-5 years to less than 1 year in favor of 1-5 years, 5-10 years to less than 1 year in favor of 5-10 years, more than 10 to less than 1 year in favor of more than 10 years. According to the result of the calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .26$), it was determined that this difference has a small effect.

One-Way Variance analysis results of the survey questions according to the institution variable are given in [Table 6](#).

Table 6

One-Way Variance analysis results of the survey questions according to the institution variable

	Group	N	\bar{X}	ss	F	P	Significant Difference
Can you find employment opportunities suitable for your disability in the province?	Public	17	1.94	.24	4.932	.011*	1>2 1>3
	Special	24	1.54	.50			
	Not working	19	1.52	.51			
Are you still studying	Public	17	1.70	.46	5.231	.008*	1>3 2>3
	Special	24	1.66	.48			
	Not working	19	1.26	.45			
Is there a sport you want to deal with?	Public	17	1.47	.51	4.524	.015*	1>3 2>3
	Special	24	1.50	.51			
	Not working	19	1.10	.31			
Do you think disabled people's needs can be accurately determined?	Public	17	2.00	.61	3.285	.045*	1>2
	Special	24	1.50	.58			
	Not working	19	1.73	.65			
Are the physical conditions of public institutions suitable for persons with disabilities?	Public	17	1.64	.44	3.507	.037*	1>2
	Special	24	1.25	.44			
	Not working	19	1.47	.51			

p <.05 * 1. Public, 2. Private, 3. Not working.

According to [Table 6](#), a statistically significant difference was observed between the statement "Do you have access to employment opportunities suitable for your disability in the province" and at least two institution variables ($F = 4.932$, $p < 0.05$). It was observed that the significant difference was in favor of the public between the public and private sectors, and the public in favor of the public and not working. According to the result of calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .14$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Are you still continuing to receive education" and at least two variables of the institution ($F = 5.231$, $p < 0.05$). It was observed that the significant difference was between the public and the non-working in favor of the public, and between the private and not working in the private sector. According to the result of the calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .15$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Is there any sport you want to deal with?" And at least two variables of the institution ($F = 4.524$, $p < 0.05$). It was observed that the significant difference was between the public and the non-working in favor of the public, and between the private and not working in the private sector. According to the result of the calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .13$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Do you think the needs of the disabled can be determined correctly" and at least two variables of the institution ($F = 3.285$, $p < 0.05$). It was observed that the significant difference was in favor of the public between the public and private sectors. According to the result of the calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .10$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Are the physical conditions of public institutions suitable for the disabled" and at least two variables of the institution ($F = 3.507$, $p < 0.05$). It was observed that the significant difference was in favor of the public

between the public and private sectors. According to the result of the calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .10$), it was determined that this difference has a very small effect.

One-Way Variance analysis results of the survey questions according to the field appropriate business variable are given in [Table 7](#).

Table 7

One-Way Variance analysis results of the survey questions according to the field-appropriate business variable

	Group	N	\bar{X}	ss	F	P	Significant Difference
Are you still studying?	Yes	25	1.64	.48	5.510	.006*	1>3 2>3
	No	16	1.75	.44			
	Not working	19	1.26	.45			
Was the vocational training received useful and sufficient for you?	Yes	25	1.20	.40	4.147	.021*	2>1
	No	16	1.62	.50			
	Not working	19	1.42	.50			
Is there a sport you want to deal with?	Yes	25	1.56	.50	5.442	.007*	1>3
	No	16	1.37	.50			
	Not working	19	1.10	.31			

p < .05 * 1. Yes, 2. No, 3. Not working.

According to [Table 7](#), a statistically significant difference was observed between the statement "Are you still continuing to receive education" and at least two field-appropriate job variables ($F = 5.510$, $p < 0.05$). It has been observed that the significant difference is in favor of those who work in a job suitable for the field and I do not work, in favor of those who do not work in a suitable job for the field, and those who do not work, in favor of those who do not work in the field. According to the result of the calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .16$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Is the vocational education received useful and sufficient for you" and at least two field-appropriate job variables ($F = 4.147$, $p < 0.05$). It has been observed that the significant difference is in favor of those who do not work in a suitable job for the field and those who do not work in the field suitable for the field. According to the result of calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .12$), it was determined that this difference has a very small effect. A statistically significant difference was observed between the statement "Is there a sport you want to deal with" and at least two appropriate job variables ($F = 5.442$, $p < 0.05$). It has been observed that there is a significant difference between those who work in a job suitable for the field and I do not work in favor of those who work in a suitable job for the field. According to the result of the calculated effect size Eta-squared ($\eta^2 = .16$), it was determined that this difference has a very small effect.

In a study conducted with 12 visually impaired individuals employed in the public sector in Çanakkale province, 58.3% (7) of the participants were reported to have graduated from college or higher ([Kanyılmaz Polat et al, 2020](#)). Again, in a study conducted with 9 disabled individuals working in the private sector in Çanakkale province, 22.2% (2) of the participants were reported to have graduated from college or higher ([Kanyılmaz Polat, 2020](#)). In a study conducted with 274 visually impaired individuals working in the public and private sectors in Ankara, it was reported that 46.3% (127) of the participants graduated from college or higher ([Yıldız & Gürler, 2018](#)). In a study conducted in the Canadian provinces of Ontario and British Columbia, it was reported that 87% (1729) of the participants (with and without disabilities) graduated from

college or higher ([Curtis Breslin, Morgan Lay, Jetha & Smith, 2018](#)). In this study, it was determined that 31.7% (19) of 60 disabled individuals working in the public and private sectors were graduates of higher education.

In a study conducted with 12 visually impaired individuals employed in the public sector in Çanakkale province, it was reported that 69.2% of the participants were affected by unsuitable environmental conditions that could cause crashes, falls and injuries, and 23.1% of the participants had difficulty in accessing the workplace ([Kanyılmaz Polat et al., 2020](#)). In another study conducted with 274 visually impaired individuals in Ankara in our country, it was reported that 56.6% of the participants always faced with obstacles in transportation ([Yıldız & Gürler, 2018](#)). In this study, half of the participants stated that disabled people are not given priority in traffic. 48.3% (29) of the participants stated that there are no suitable crossings for the disabled in crossings. In addition, it has been determined that women experience more problems than men in traffic and in unfavorable environmental conditions.

In a study conducted with visually impaired individuals in Çanakkale province in our country, 15.4% of the participants think that the disabled staff in public institutions are insufficient ([Kanyılmaz Polat et al., 2020](#)). In a study conducted in Tbilisi, Georgia, 80% of the participants suggest that the employment of disabled personnel is insufficient and that employers should be informed about the abilities of the disabled ([Verulava & Bedianashvili, 2021](#)). In this study, it was determined that 65% (39) of the participants think that the employment of disabled people is not enough in Çanakkale province, 61.6% (37) of them think that there is not enough work done on employment. In addition, it has been determined that disabled individuals working in public institutions are more pessimistic about the adequacy of employment opportunities compared to individuals working in the private sector.

4. Conclusion

To examine and overcome the problems faced by the disabled in social life, the data obtained as a result of the questionnaire applied to 60 disabled people residing in Çanakkale province were analyzed with SPSS 22.0. The reliability analysis of the survey scale was found as $\alpha=0.719$. The results obtained in this study were compared with the results of previous studies in the literature and suggestions were presented to help disabled people overcome the problems they encounter in social life.

The data obtained focused on the safe transition zones for the disabled in the province and the inadequacy of the disabled staff in public institutions. The problem of inadequacy of safe passage areas for the disabled may arise from the lack of adequate safe passages for the disabled, especially in traffic. Municipal services continue to work for the disabled throughout the province, but the data obtained show that the studies are not sufficient. The aforementioned problem can be solved by establishing a unit for the determination, analysis and follow-up of the services to be provided for disabled individuals within the municipality. By encouraging the employment of disabled people in the unit to be established, the disabled staff in public institutions can be increased and it can contribute to the design of safe transition zones for the disabled.

Another result of the analysis data is that although most of the disabled individuals want to participate in sports activities, they cannot fulfill their wishes. This may be due to the limited availability of sports fields for the disabled and sports guidance for the disabled throughout the province. Municipal services can solve the mentioned problem by increasing the number and quality of sports fields for the disabled. In addition, the access of sports guidance services to disabled individuals according to their disability may solve the problem.

Author Contributions

Leyla Yeşilçınar: Collected data and wrote the article.

Orkun Dalyan: Made the statistical analysis of the study and wrote the article.

Mehmet Pişkin: Planned the analysis and wrote the article.

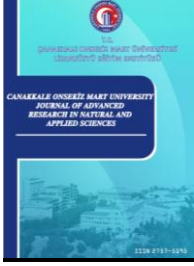
Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Alsancak, H., Tomruk, H., Çatana, N., Türkekel, A., & Dolamaç, N. (2013). *Engelli Hakları Başucu Kitapçığı*. Ankara: Sosyal Hizmetler Daire Başkanlığı. Retrieved from: https://bakirkoyram.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/34/02/158659/dosyalar/2015_03/19013708_sosyalhizmetlerengellihaklarkitap.pdf
- Belkayalı, N., & Güloğlu, Y. (2019). Physical and social barriers for disabled urban park users: case study from Kastamonu, Turkey. *Forestist*, 69(1), 35-43. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/forestist/issue/43661/414498>
- Bungau, S., Tit, D. M., Popa, V. C., Sabau, A., & Cioca, G. (2019). Practices and Attitudes regarding the Employment of People with Disabilities in Romania. *Occupational Health and Safety Management*, 20(170), 154-159. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/333045075_Practices_and_attitudes_regarding_the_employment_of_people_with_disabilities_in_Romania
- Chikwanka, T. Z., & Chiluba, B. C. (2020). Occupational health and safety for workers who are disabled in Africa. *Indonesian Journal of Disability Studies*, 7(1), 110-115. DOI: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.ijds.2019.007.01.13>
- Curtis Breslin, F., Morgan Lay, A., Jetha, A., & Smith, P. (2018). Examining occupational health and safety vulnerability among Canadian workers with disabilities. *Disability and Rehabilitation*, 40(18), 2138-2143. DOI: <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1327985>
- Dalyan, O., & Pişkin, M. (2020). The Impact of Near Miss Notices on Occupational Accidents at Workplaces A Study from Construction. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences*, 6(1), 133-143. DOI: <https://doi.org/10.28979/comufbed.609675>
- Dalyan, O., Canpolat, E., Dalyan, H., Öztürk, Ö. F., & Pişkin, M. (2021a). Investigation of Under-Reporting of Occupational Accident in Turkey. *Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety*, 5(2), 121-132. DOI: <https://doi.org/10.33720/kisgd.954724>
- Dalyan, O., Özkaya, N., Pişkin, M., & Öztürk, Ö. F. (2021b). Investigation and Comparison of Some Laboratories in Terms of Occupational Health and Safety by ELMERI Observation Method. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7(2), 282-294. DOI: <https://doi.org/10.28979/jarnas.903664>
- Eymen, E. (2007). *SPSS 15.0 Veri Analiz Yöntemleri*. Ankara: İstatistik Merkezi. Retrieved from: http://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/courses/spring2009/bby606/SPSS_15.0_ile_Veri_Analizi.pdf
- Gökçe, A., Güneş, G., & Seyitoğlu, D. Ç. (2016). The Attitudes and Behaviors of the Medical Faculty Students of Inonu University towards the Disabled. *Medicine Science*, 5(2), 351-362. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/medsci/issue/30146/325243>
- Hacıbebekoğlu, A., Oğuz Yiğitbaş, G., Hacıbebekoğlu, M., Kaynar, T., & Muratdağı, S. (2015). *Nazilli'de Engellilerin Memnuniyet Analizi*. Denizli: Güney Ege Kalkınma Ajansı. Retrieved from: https://geka.gov.tr/uploads/pages_v/nazillide-engellilerin-memnuniyet-analizi-2015.pdf
- Hüseyinli, N., Göçmen, S., & Nasibov, D. (2017). Legal Regulations Regarding Disability Rights in Working Life and Awareness of Disabled People on Rights. *Journal of Human and Social Sciences Research*, 6(6), 138-152. Retrieved from: <http://www.itobiad.com/tr/pub/issue/31835/356573>
- Kanyılmaz Polat, E. (2020). A qualitative research on the problems faced by disabled people in working life: Çanakkale example. *Istanbul Commerce University Journal of Social Sciences*, 39(19), 869-897. DOI: <https://doi.org/10.46928/iticusbe.758135>
- Kanyılmaz Polat, E., Bacak, B., & Kıroğlu, F. M. (2020). The Visually Impaired in His Study: The Case of Life Çanakkale. *Social Policy Study Journal*, 20(49), 917-960. DOI: <https://doi.org/10.21560/spcd.vi.610253>
- Karabulut, A. (2017). *Reflections of Patriarchal Ideology on the Experiences of Orthopedically Disabled Women and Men in the Framework of Gender* (Master's Thesis).

- Retrieved from: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Kılıç, S. (2014). Effect Size. *Journal of Mood Disorders*, 4(1), 44-46. DOI: <https://doi.org/10.5455/jmood.20140228012836>
- Krejcie, V. R., & Morgan, W. D. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30, 607-610. DOI: <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- Lindsay, S., Cagliostro, E., Albarico, M., Mortaji, N., & Karon, L. (2018). A Systematic Review of the Benefits of Hiring People with Disabilities. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 28, 634-655. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10926-018-9756-z>
- Maja, P. A., Mann, W. M., Sing, D., Steyn, A. J., & Naidoo, P. (2011). Employing people with disabilities in South Africa. *South African Journal of Occupational Therapy*, 41(1), 24-32. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/237188507_Employing_people_with_disabilities_in_South_Africa
- Özdamar, K., Odabaşı, Y., Hoşcan, Y., Bir, A. A., Kırcaali-İftar, G., Özmen, A. & Uzuner, Y. (1999). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir. Retrieved from: <https://odabashuseyin.files.wordpress.com/2011/04/sosyal-bilimlerde-arac59ftc4b1rma-yc3b6ntem-leri-e-kitap-ac3a7c4b1kc3b6c49fretim-fake3bcltesi.pdf>
- Özdelikara, A., & Arslan, B. (2017). Determination of disability level and expectations about disabled services. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, 62, 98-110. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/abuhsbd/issue/32976/366577>
- Özmen, D., & Çetinkaya, A. (2012). The problems experienced by families with disabled children. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 28(3), 35-49. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/egehemsire/issue/49347/630323>
- Şahan, E. C. (2018). *Working life insurance problems who have participation in the participation: Example of Tekirdağ Süleymanpaşa* (Master's Thesis). Retrieved from: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Şişman, Y. (2012). A general evaluation on the concepts used in the field of disability. *Journal of Social Policy Studies*, 7(28): 69-85. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/spcd/issue/21090/227122>
- Uzunaslana, Ş. (2016). *Investigation of Orthopedic and Visually Impaired Individuals' Views on Difference within the Framework of Stigma Theory* (Master's Thesis). Retrieved from: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Üzer, D. (2019). *Being a Disabled Person in Rural Area (Antalya Example)* (Master's Thesis). Retrieved from: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Verulava, T., & Bedianashvili, G. (2021). Work Inclusion of Persons with Disabilities: Employers' Perspectives. *Occupational Health and Safety Management*, 22(182), 159-163. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/351547400_Work_Inclusion_of_Persons_with_Disabilities_Employers%27_Perspectives
- Yıldız, S. (2011). Sosyal bilimlerde örnekleme sorunu: Nicel ve nitel paradigmalardan örnekleme kuramına bütüncül bir bakış. *Kesit Akademi Dergisi*, 3(11), 421-442. DOI: <https://doi.org/10.18020/kesit.1279>
- Yıldız, S., & Gürler, S. (2018). The Assessment of Information Levels of People with Visual Impairment in Terms of Their Disabled Rights-The Case of Ankara. *Kırıkkale University Journal of Social Sciences*, 8(1), 241-268. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kusbd/issue/35805/366201>



Yedi Akdeniz Lamiaceae Türünün Duman ve Duman Kökenli Bileşiklere Olan Çimlenme Tepkisi

Şükrü Serter Çatav^{1,*}, Kenan Akbaş²

¹Biyoloji Bölümü, Fen Fakültesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

²Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Köyceğiz Meslek Yüksekokulu, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 11.05.2021

Kabul: 16.08.2021

Yayın: 15.12.2021

Araştırma Makalesi

Öz – Bitki kökenli dumanın, Akdeniz tipi ekosistemlerde yetişen birçok Lamiaceae türünün çimlenmesini tetiklediği gösterilmiştir. Bununla birlikte, Lamiaceae türlerinin karrikinolid (KAR₁) ve siyanohidrin gibi duman kökenli bileşiklere olan çimlenme tepkileri hakkında çok az şey bilinmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada, duman bileşiklerin yedi Akdeniz Lamiaceae türünde (*Ballota acetabulosa*, *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*, *Origanum onites*, *Phlomis bourgaei*, *P. lycia*, *Stachys cretica* subsp. *smyrnaea* ve *Teucrium chamaedrys*) tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçladık. Bu hedefe ulaşmak için çalışma türlerinin tohumları farklı konsantrasyonlarda duman-suyu, KAR₁, mandelonitril (MAN) ve KAR₁ + MAN'a maruz bırakılmıştır. Uygulama gruplarına ait tohumlar daha sonra karanlık koşullarda 20 °C'de inkübe edilmiş ve 35 gün boyunca haftada iki kez çimlenme sayımları yapılmıştır. Sonuçlarımız, dumanın kontrol koşullarına göre *B. acetabulosa*, *P. lycia* ve *S. cretica*'nın çimlenme yüzdesinde önemli bir artışa yol açtığını göstermektedir. KAR₁, *B. acetabulosa* ve *S. cretica*'nın çimlenmesini uyarırken, MAN uygulamaları Lamiaceae türlerinin çimlenmesini teşvik etmemiştir. KAR₁ ve MAN kombinasyonu dumana duyarlı üç türün çimlenmesini tetiklemekle kalmamış, aynı zamanda *T. chamaedrys*'in çimlenme yüzdesini de önemli ölçüde artırmıştır. Sonuç olarak, çalışmamız, dumanın Lamiaceae türlerinin çimlenmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu fikrini desteklemekte ve KAR₁ ve siyanohidrinin birlikte uygulanmasının, tohum çimlenmesinin uyarılmasında, bu iki bileşiğin ayrı ayrı uygulanmasına göre daha etkili olduğuna dair kanıtlar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler – Bitki kökenli duman, karrikinolid, Lamiaceae, siyanohidrin, tohum çimlenmesi

Germination Response of Seven Mediterranean Lamiaceae Species to Smoke and Smoke-derived Compounds

¹Department of Biology, Faculty of Science, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

²Department of Herbal and Animal Production, Köyceğiz Vocational School, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

Article History

Received: 11.05.2021

Accepted: 16.08.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – Plant-derived smoke has been shown to trigger germination of many Lamiaceae species growing in Mediterranean-type ecosystems. However, very little is known about the germination response of Lamiaceae species to smoke-derived compounds, such as karrikinolide (KAR₁) and cyanohydrin. In this work, therefore, we aimed to ascertain the effects of smoke-derived compounds on seed germination in seven Mediterranean Lamiaceae species (*Ballota acetabulosa*, *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*, *Origanum onites*, *Phlomis bourgaei*, *P. lycia*, *Stachys cretica* subsp. *smyrnaea*, and *Teucrium chamaedrys*). To achieve this goal, seeds of study species were exposed to different concentrations of smoke-water, KAR₁, mandelonitrile (MAN), and KAR₁ + MAN. Seeds from treatment groups were then incubated at 20 °C in dark conditions, and germination counts were made twice weekly for 35 days. Our results show that smoke leads to a significant increase in germination percentage of *B. acetabulosa*, *P. lycia*, and *S. cretica* as compared to control conditions. KAR₁ stimulated the germination of *B. acetabulosa* and *S. cretica* while MAN treatments did not promote the germination of Lamiaceae species. The combination of KAR₁ and MAN not only induced the germination of three smoke-sensitive species but also notably increased the germination percentage of *T. chamaedrys*. In conclusion, our study supports the idea that smoke has a positive impact on the germination of Lamiaceae species and provides evidence that combined application of KAR₁ and cyanohydrin is more effective in the stimulation of seed germination than the separate application of these two compounds.

Keywords – Cyanohydrin, karrikinolide, Lamiaceae, plant-derived smoke, seed germination

¹ sertercatav@mu.edu.tr

² kenanakbas@mu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Dünyadaki karasal alanların %30'dan fazlası sıklıkla yangınlara maruz kalmaktadır (Chuvieco, Giglio, ve Justice, 2008). Doğal yangın rejimleri, bu bölgelerdeki biyolojik çeşitliliğin ve ekolojik süreçlerin korunmasına katkı sağlamaktadır (He, Lamont, ve Pausas, 2019). Birçok bitki türü, yangın sonrasında mevcutluklarını devam ettirebilmek için çeşitli uyumsal özellikler geliştirmiştir. Sürgün verme, yangınla indüklenen tohum çimlenmesi, farklı yanıcılık stratejileri, serotinitik (tohum bekletme), kalın kabuk gelişimi ve yangınla uyarılan çiçeklenme bu uyumsal özelliklerin başta gelen örnekleridir (Keeley, Pausas, Rundel, Bond, ve Bradstock, 2011).

Yangın ile indüklenen tohum çimlenmesi, sıcaklık ve/veya yanma ile ilişkili ürünlerin (duman, karrikinler, azotlu bileşikler vb.) dormansi kırıcı etkilerinden kaynaklanmaktadır (Çatav, Küçükakyüz, Tavşanoğlu, ve Pausas, 2018). Bir orman yangını sırasında toprak yüzey sıcaklığı 800 °C'ye kadar ulaşabilirken, toprak tohum bankası (toprak yüzeyinin 3-5 cm altı) 80 ila 150 °C'lik bir sıcaklığa maruz kalmaktadır (Newton, Bond, ve Farrant, 2006). Toprak tohum bankasına yansıyan bu sıcaklıklar, çoğunlukla fiziksel dormansiye sahip Cistaceae, Fabaceae ve Malvaceae türlerinde tohum çimlenmesini uyarmaktadır (Kazancı ve Tavşanoğlu, 2019). Duman ve nitratın tohum çimlenmesi üzerindeki pozitif etkileri de, farklı ekolojik ve filogenetik kökenlere ait birçok bitki türünde gösterilmiştir (Arcamone ve Jaureguiberry, 2018; Çatav, Küçükakyüz, Tavşanoğlu, ve Akbaş, 2015; Flematti vd., 2011).

Dumanın çimlenme üzerindeki etki mekanizmasını belirlemeye yönelik çalışmalar, birçok duman kökenli bileşiğin izole edilmesine neden olmuştur. Bitki kökenli dumandan izole edilen ilk aktif bileşik (3-metil-2H-furo[2,3-c]piran-2-on), dumana duyarlı 16 türün tamamında çimlenmeyi uyarmıştır (Flematti, Ghisalberti, Dixon, ve Trengove, 2004). Bu bileşik daha sonra karrikinolid (KAR₁) olarak adlandırılmış ve etkinliği dumana yanıt veren birçok bitki türü üzerinde incelenmiştir. İlerleyen yıllarda 5 KAR₁ (KAR₂–KAR₆) analogu daha tespit edilmiş ve bu bileşikler topluca karrikinler adıyla anılmaya başlanmıştır (Nelson, Flematti, Ghisalberti, Dixon, ve Smith, 2012). *Anigozanthos manglesii* ve *Rhodocoma arida* gibi dumana duyarlı olan bazı türlerin KAR₁'e yanıt vermemeleri, gliseronitril (2,3-hidroksipropanitril) olarak da bilinen bir siyanohidrinin tanımlanmasına yol açmıştır. Dumandan izole edilen bu yeni bileşiğin, su varlığında hidrolize olduğu ve açığa çıkan serbest siyanürün de tohum çimlenmesini teşvik ettiği belirlenmiştir (Flematti vd., 2011). Öte yandan, dumanda bulunan bazı bileşiklerin çimlenmeyi inhibe edebilecekleri de bilinmektedir (Küçükakyüz ve Çatav, 2021). Örneğin, 3,4,5-trimetilfuran-2(5H)-on (TMB) ve 5,5-dimetilfuran-2(5H)-on'un 10 µM ve üzeri konsantrasyonlarda KAR₁ karşı antagonistik bir etki gösterdikleri saptanmıştır (Burger vd., 2018).

Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyası dünya genelinde yaklaşık olarak 230 cins ve 7000 tür ile temsil edilmektedir. Familya kozmopolit bir dağılım göstermekle birlikte, özellikle Akdeniz, İran-Turan ve Doğu Asya bölgelerinde büyük bir çeşitlilik sergilemektedir (Çatav, Küçükakyüz, Akbaş, ve Tavşanoğlu, 2014). Türkiye florasında 256 tanesi endemik olmak üzere toplam 574 Lamiaceae türü bulunmaktadır (Erik ve Tarıkahya, 2004). Familyanın birçok üyesi tıbbi ve ekonomik öneme sahip olup, biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.), fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), kekik (*Thymus vulgaris* L.) ve nane (*Mentha x piperita* L.) gibi türler baharat olarak kullanılmaktadır (Simpson, 2010; Quílez, Ferreres, López-Miranda, Salazar, ve Jordán, 2020).

Bitki kökenli dumanın Akdeniz tipi ekosistemlerde yetişen birçok Lamiaceae türünde çimlenmeyi uyardığı gösterilmiştir (Çatav vd., 2014; Moreira, Tormo, Estrelles, ve Pausas, 2010). Bununla birlikte, Lamiaceae türlerinin duman kökenli bileşiklere verdikleri çimlenme yanıtı hakkında oldukça az bilgi bulunmaktadır (Çatav vd., 2018). Bu eksikliği gidermek için mevcut çalışmada duman suyu, mandelonitril (bir siyanohidrin analogu) ve KAR₁'in 7 Lamiaceae türünün çimlenmeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu araştırma kapsamında, (1) dumana cevap veren türlerin KAR₁ ve siyanohidrin bileşiklerinden birine daha duyarlı olacağı ve (2) bu iki bileşiğin kombine uygulamasının çimlenme üzerinde sinerjistik bir etki yaratabileceği hipotez edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Bölgesi ve Tohumların Toplanması

Bu çalışmada, kızılçam ormanı açıklıklarında ve makilik alanlarda doğal olarak yetişen 7 Lamiaceae türüne ait meyveler toplanmıştır. Seçilen türlerin taksonomik ve ekolojik özellikleri [Tablo 1](#)'de belirtilmiştir. Çalışma bölgesi (Muğla - Marmaris), yıllık 1208,3 mm yağış ve 15,1 °C ortalama sıcaklık ile tipik bir Akdeniz iklimine sahiptir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri). Arazi çalışmaları, incelenen türlerin tohum dispersal periyodlarına denk gelecek şekilde, Temmuz ve Ağustos 2016 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Tohumlar ayıklandıktan sonra, deney başlangıcına kadar (Aralık 2016) oda koşullarında muhafaza edilmiştir. Her bir türe ait ortalama tohum ağırlığı (mg), 100 tohumun 4 farklı örneğinin tartılması ile hesaplanmıştır.

Tablo 1

Çalışma türlerinin listesi. BF: Büyüme formu (ÇO: çok yıllık ot, Ç: çalı ve YÇ: yarı çalı), SY: Sürgün verme yeteneği (“+” = evet, “-” = hayır) ve TA: ortalama tohum ağırlığı (mg).

Türler	Kod	BF	SY	TA
<i>Ballota acetabulosa</i> (L.) Benth. (Hoş nemnem)	BAC	ÇO	+	1.81 ± 0.09
<i>Lavandula stoechas</i> L. subsp. <i>stoechas</i> L. (Karabaş otu)	LST	Ç	-	0.60 ± 0.02
<i>Origanum onites</i> L. (Bilyalı kekik - İzmir kekiği)	OON	YÇ	+	0.06 ± 0.00
<i>Phlomis bourgaei</i> Boiss. (Çoban çırası)	PBO	Ç	+	5.49 ± 0.25
<i>Phlomis lycia</i> D. Don (Tüylü çalba)	PLY	Ç	+	5.57 ± 0.10
<i>Stachys cretica</i> L. subsp. <i>smyrnaea</i> Rech. Fil. (İzmir deliçayı)	SCR	ÇO	-	2.83 ± 0.04
<i>Teucrium chamaedrys</i> L. subsp. <i>chamaedrys</i> L. (Kısamahmut)	TCH	ÇO	+	0.89 ± 0.03

2.2. Duman Suyu ve Kimyasal Çözeltilerin Hazırlanması

Duman suyunu hazırlamak için 80 gram buğday samanı bir arı körüğünde yakılmış ve oluşan duman 12 dakika boyunca 500 mL distile suya gönderilmiştir ([Çatav vd., 2018](#)). Elde edilen çözelti (100% konsantrasyon), bir Whatman filtre kağıdı (no. 42) kullanılarak süzülmesi ve deney başlangıcına kadar 4 °C'de saklanmıştır. KAR₁ (Carbosynth, CAS numarası: 857054-02-5) ve mandelonitril (Sigma, CAS numarası: 532-28-5) stok çözeltileri ise ilgili bileşiklerin sırasıyla etanol ve distile su içinde çözülmeleriyle hazırlanmıştır ([Küçükakyüz ve Çatav, 2021](#)).

2.3. Çimlenme Deneyi

Duman ve duman kökenli bileşiklerin Lamiaceae türlerinin çimlenmeleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için 8 uygulama gerçekleştirilmiştir ([Tablo 2](#)). Ayrıca her bir tür için deneye bir kontrol grubu da dâhil edilmiştir. Uygulamalar için seçilen nihai konsantrasyonlar daha önceki araştırmalara göre belirlenmiştir ([Flematti vd., 2011](#); [Downes, Light, Pošta, Kohout, ve van Staden, 2013](#); [Tavşanoğlu vd., 2017](#)).

Deney kapsamında, Lamiaceae türlerinin tohumları, 10 mL distile su (kontrol) veya uygulama solüsyonları ile nemlendirilmiş iki adet Whatman filtre kâğıdı (no. 1) içeren Petri kaplarına yerleştirilmiştir. Petri kapları daha sonra 20.0 ± 0.5 °C'ye ayarlanmış bir inkübatöre aktararak, 5 hafta boyunca karanlık koşullarda bekletilmiştir ([Çatav vd., 2014](#)). Çimlenme kontrolleri, haftada iki kez loş ışık altında yapılmış ve görünür radikula (kökçük) çıkışı çimlenme kriteri olarak kabul edilmiştir. Çimlenmeyen tohumların canlılıkları kesme testi ile incelenmiş ve embriyosu olmayan tohumlar veri setinden çıkarılmıştır.

Tablo 2

Çalışmada gerçekleştirilen uygulamalar

Uygulama		Final konsantrasyonu		
No	Kod	Duman suyu (%)	Karrikinolid (μM)	Mandelonitril (μM)
1	DS	2.5	-	-
2	DS	5	-	-
3	KAR ₁	-	0.01	-
4	KAR ₁	-	0.1	-
5	MAN	-	-	5
6	MAN	-	-	50
7	K-1	-	0.01	5
8	K-2	-	0.1	50

2.4. Veri Analizi

Bu deneyde, her bir uygulama için 25 tohumun 3 tekrarı kullanılmıştır. Uygulamalar tarafından çimlenmenin uyarılma olasılığı, binom dağılımı baz alan genelleştirilmiş bir doğrusal model (GLM) ile test edilmiştir (Çatav vd., 2015). Çok sayıda ikili karşılaştırma bulunması nedeniyle, istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.01$ olarak seçilmiştir. Veri analizi için R (sürüm 3.4.3) ve Statistica (sürüm 10) yazılımları kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında, duman, KAR₁ ve MAN'ın 7 Lamiaceae türünün çimlenmeleri üzerindeki etkileri test edilmiştir. Kontrol koşullarında, 4 türde (*Phlomis bourgaei*, *P. lycia*, *Stachys cretica* ve *Teucrium chamaedrys*) tohumların %2 ila %25'i çimlenirken, 3 türde (*Ballota acetabulosa*, *Lavandula stoechas* ve *Origanum onites*) tohumların %60 ila %83'ü çimlenmiştir. Bu da, çalışma türlerinde dormansi seviyesi açısından önemli bir değişkenliğin olduğunu göstermektedir (varyasyon katsayısı = 0.809). Duman suyu uygulamaları, kontrol gruplarına göre *B. acetabulosa*, *P. lycia* ve *S. cretica* türlerinde çimlenme yüzdesini anlamlı olarak ($p < 0.01$) arttırmıştır (Tablo 3). Elde edilen bu sonuçlar, Moreira vd. (2010) ve Çatav vd. (2014)'ün bulguları ile uyumlu olup, dumanın Akdeniz Lamiaceae türlerinin çimlenmeleri üzerindeki pozitif etkisini doğrulamaktadır.

Tablo 3

Duman ve duman kökenli bileşiklerin Lamiaceae türlerinin çimlenmeleri (%) üzerine etkileri

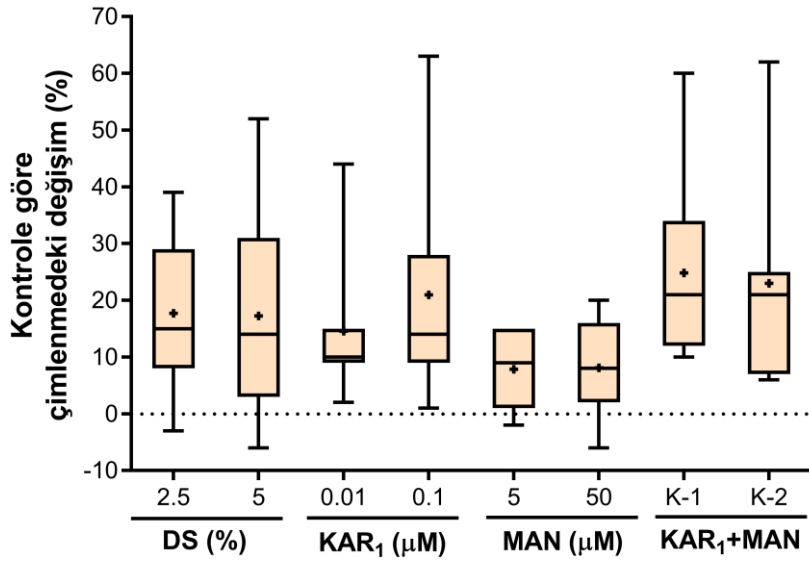
Türler	Kontrol	DS (%)		KAR ₁ (μM)		MAN (μM)		KAR ₁ + MAN	
		2.5	5	0.01	0.1	5	50	K-1	K-2
BAC	60 ± 10 ^b	89 ± 6 ^a	91 ± 2 ^a	75 ± 7 ^{ab}	88 ± 6 ^a	75 ± 6 ^{ab}	80 ± 4 ^{ab}	94 ± 0 ^a	84 ± 8 ^{ab}
LST	82 ± 0 ^a	96 ± 2 ^a	96 ± 3 ^a	95 ± 3 ^a	96 ± 3 ^a	97 ± 3 ^a	98 ± 2 ^a	97 ± 2 ^a	98 ± 2 ^a
OON	83 ± 6 ^a	91 ± 2 ^a	90 ± 3 ^a	92 ± 2 ^a	92 ± 2 ^a	97 ± 2 ^a	89 ± 3 ^a	95 ± 0 ^a	89 ± 3 ^a
PBO	17 ± 9 ^a	14 ± 10 ^a	11 ± 5 ^a	19 ± 5 ^a	18 ± 10 ^a	15 ± 3 ^a	11 ± 7 ^a	27 ± 11 ^a	24 ± 2 ^a
PLY	25 ± 2 ^b	47 ± 5 ^a	45 ± 3 ^{ab}	34 ± 7 ^{ab}	45 ± 4 ^{ab}	28 ± 4 ^{ab}	36 ± 10 ^{ab}	46 ± 2 ^{ab}	50 ± 9 ^a
SCR	2 ± 2 ^b	41 ± 9 ^a	54 ± 8 ^a	46 ± 11 ^a	65 ± 7 ^a	3 ± 2 ^b	10 ± 3 ^b	62 ± 10 ^a	64 ± 2 ^a
TCH	19 ± 6 ^b	34 ± 9 ^{ab}	22 ± 2 ^{ab}	29 ± 8 ^{ab}	31 ± 3 ^{ab}	28 ± 11 ^{ab}	21 ± 3 ^{ab}	41 ± 8 ^a	40 ± 7 ^{ab}

Sonuçlar, ortalama ± standart hata şeklinde sunulmuştur. Tür ve uygulama kodları için sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'ye bakınız. Aynı satırda farklı üst simge harfleri olan değerler birbirinden önemli ölçüde farklıdır ($p < 0.01$). Kontrolde anlamlı olarak farklı olan değerler ayrıca koyu renk ile gösterilmiştir.

Şu ana kadar, bu çalışmanın da dâhil olduğu 9 araştırmada, duman, KAR₁ ve siyanohidrin türevlerinin tohum çimlenmesi üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir (Tablo 4). Bu araştırmalarda 17 bitki familyasına ait 40 türün tohumları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, dumanla uyarılan çimlenmenin oldukça

kompleks bir süreç olduğunu düşündürmektedir. Örneğin, Haemodoraceae familyasında yer alan *Anigozanthos* türlerinin siyanohidrine cevap verirken, KAR₁'e cevap vermedikleri belirlenmiştir (Flematti vd., 2011; Downes, Light, Pošta, Kohout, ve van Staden, 2014; Ma, Erickson, Walck, ve Merritt, 2020). Öte yandan, aynı familyada yer alan çoğu *Conostylis* türünün her iki bileşiğe de duyarlı oldukları tespit edilmiştir (Downes, Light, Pošta, ve van Staden, 2015). Mevcut çalışmanın bulguları, MAN uygulamalarının Lamiaceae türlerinde çimlenmeyi doğrudan uyarmadığını göstermektedir (Tablo 3). KAR₁ uygulamaları ise dumana duyarlı türlerin ikisinde (*B. acetabulosa* ve *S. cretica*) çimlenmeyi tetiklemiştir.

Çatav vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, dumana pozitif çimlenme yanıtı veren *Alyssum fulvescens*'in KAR₁ ve MAN'a karşı duyarlı olmadığı saptanmıştır. Bununla birlikte, MAN ve KAR₁'in kombine uygulaması, aynı türde çimlenmeyi kontrol koşullarına göre önemli ölçüde arttırmıştır. Dahası, bu iki bileşiğin birlikte uygulanmasının *Capsella bursa-pastoris*, *Chaenorhinum rubrifolium* ve *Silene behen* gibi türlerin çimlenmeleri üzerinde sinerjistik veya aditif (katma) etkiler yaratabileceği de gösterilmiştir (Tavşanoğlu vd., 2017; Çatav vd., 2018). Sonuçlarımız, *P. lycia* türünün duman ve K-2 (0.1 µM KAR₁ + 50 µM MAN) uygulamalarına yanıt verirken, KAR₁ ve MAN uygulamalarına yanıt vermediğini ortaya koymuştur (Tablo 3). Buna ek olarak, K-1 (0.01 µM KAR₁ + 5 µM MAN) uygulamasının *S. cretica*'nin çimlenmesi üzerinde sinerjistik bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Son olarak, çalışma türlerinde kontrol gruplarına göre çimlenme yüzdesini en çok arttıran uygulama K-1 olarak bulunmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Duman ve duman kökenli bileşiklerin çalışma türlerinin çimlenmeleri üzerindeki genel etkileri. Kutu grafikleri, ilgili uygulama sonrasında kontrol gruplarına göre çimlenme yüzdesinde meydana gelen farkların kullanılması ile oluşturulmuştur. Kutulardaki çizgi ve artı işareti sırasıyla medyan ve ortalamayı temsil etmektedir.

Tablo 4'deki veriler göz önüne alındığında, dumana cevap vermeyen bazı türlerin (*Anigozanthos rufus*, *Emmenanthe penduliflora* ve *Sanguisorba minor*) duman kökenli bileşiklere karşı duyarlı olabildikleri görülmektedir (Flematti vd., 2011; Downes vd., 2014; Çatav vd., 2018). Mevcut çalışmada, *Teucrium chamaedrys* türü için de benzer bir bulgu elde edilmiştir (Tablo 3). *T. chamaedrys*'de tohum çimlenmesi KAR₁ ve MAN kombine uygulaması tarafından uyarılırken, duman uygulaması tarafından uyarılmamıştır. Bu tutarsızlığa, yöntemsel farklılıklar ve uygulanan duman suyu konsantrasyonu neden olabilir. Örneğin, Gupta vd. (2020), farklı yıllarda ve farklı yöntemler ile hazırlanan duman sularındaki KAR₁, KAR₂ ve TMB içeriklerinin oldukça farklı olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, TMB'nin de dâhil olduğu bir grup duman kökenli bileşiğin yüksek seviyelerde tohum çimlenmesini inhibe edebildikleri de bilinmektedir (Burger vd., 2018). Bu kapsamda, bir bitkinin tohumları aynı konsantrasyondaki iki farklı duman suyuna benzer bir tepki vermeyebilir (Çatav vd., 2018).

Bunlara ek olarak, bir türün dumana olan duyarlılığında popülasyonlar arası varyasyonun olabileceği de rapor edilmiştir (Ma vd., 2020).

Tablo 4

Duman, KAR₁ ve siyanohidrin türevlerinin tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelendiği bitki türleri. D: Duman suyu, K: KAR₁ ve S: Siyanohidrin. “+”: İlgili uygulama çimlenmeyi uyarmıştır. “-”: İlgili uygulama çimlenmeyi uyarmamıştır. T.E: Uygulama test edilmemiştir.

Familya	Tür	D	K	S	K + S	Referans
Asteraceae	<i>Onopordum caricum</i>	+	+	-	+	Çatav vd. (2018)
Boraginaceae	<i>Emmenanthe penduliflora</i>	-	+	+	T.E	Flematti vd. (2011)
Brassicaceae	<i>Alyssum fulvescens</i>	+	-	-	+	Çatav vd. (2018)
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	-	-	-	+	Çatav vd. (2018)
	<i>Isatis tinctoria</i>	+	-	-	-	Çatav vd. (2018)
Caryophyllaceae	<i>Silene behen</i>	-	-	+	+	Çatav vd. (2018)
Cistaceae	<i>Helianthemum salicifolium</i>	+	-	-	-	Çatav vd. (2018)
Cyperaceae	<i>Ficinia nodosa</i>	+	+	+	T.E	Flematti vd. (2011)
Ericaceae	<i>Andersonia latiflora</i>	+	+	+	T.E	Flematti vd. (2011)
Haemodoraceae	<i>Anigozanthos bicolor</i>	+	-	+	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>A. flavidus</i>	+	-	+	T.E	Ma vd. (2020)
	<i>A. flavidus</i>	+	-	+	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>A. gabriellae</i>	+	-	+	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>A. humilis</i>	-	-	+	T.E	Flematti vd. (2011)
	<i>A. humilis</i>	+	-	+	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>A. manglesii</i>	+	-	+	T.E	Flematti vd. (2011)
	<i>A. manglesii</i>	+	-	+	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>A. rufus</i>	-	-	+	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>A. viridis</i>	+	-	+	T.E	Flematti vd. (2011)
	<i>A. viridis</i>	+	-	+	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>Blancoa canescens</i>	+	+	-	T.E	Downes vd. (2014)
	<i>Conostylis aculeata</i>	+	+	+	T.E	Downes vd. (2015)
	<i>C. angustifolia</i>	+	+	-	T.E	Downes vd. (2015)
	<i>C. candicans</i>	+	+	+	T.E	Flematti vd. (2011)
<i>C. canteriata</i>	+	+	+	T.E	Downes vd. (2015)	
<i>C. juncea</i>	+	+	+	T.E	Downes vd. (2015)	
<i>C. resinosa</i>	+	+	+	T.E	Downes vd. (2015)	
<i>C. setosa</i>	+	+	-	T.E	Downes vd. (2015)	
<i>C. teretifolia</i>	+	+	-	T.E	Downes vd. (2015)	
Lamiaceae	<i>Ballota acetabulosa</i>	+	+	-	+	Bu çalışma
	<i>Phlomis lycia</i>	+	-	-	+	Bu çalışma
	<i>Stachys cretica</i>	-	+	-	+	Çatav vd. (2018)
	<i>S. cretica</i>	+	+	-	+	Bu çalışma
	<i>Teucrium chamaedrys</i>	-	-	-	+	Bu çalışma
	<i>Thymbra spicata</i>	-	-	-	+	Çatav vd. (2018)
Malvaceae	<i>Alcea pallida</i>	+	-	+	+	Çatav vd. (2018)
Plantaginaceae	<i>Chaenorhinum rubrifolium</i>	+	+	+	+	Tavşanoğlu vd. (2017)
Poaceae	<i>Avena barbata</i>	-	-	-	+	Çatav vd. (2018)
	<i>Heteropogon contortus</i>	+	-	+	T.E	Baldos vd. (2015)
	<i>Phleum exaratum</i>	+	+	+	+	Çatav vd. (2018)
Polygonaceae	<i>Rumex tuberosus</i>	+	+	+	+	Çatav vd. (2018)
Proteaceae	<i>Grevillea leucopteris</i>	+	+	-	T.E	Downes vd. (2013)
Restionaceae	<i>Rhodocoma arida</i>	+	-	+	T.E	Flematti vd. (2011)
Rosaceae	<i>Sanguisorba minor</i>	-	-	-	+	Çatav vd. (2018)
Stylidiaceae	<i>Stylidium affine</i>	+	+	-	T.E	Flematti vd. (2011)
	<i>S. affine</i>	+	+	-	T.E	Downes vd. (2013)

4. Sonuçlar

Çalışmamızın bulguları, Lamiaceae türlerinin dumana olan pozitif çimlenme tepkilerinde, KAR₁ bileşiğinin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Siyanohidrin ise tek başına etkili olmamakla beraber, KAR₁ ile birlikte uygulandığında çimlenme yüzdesini arttırabilmekte ya da sinerjistik bir etki yaratabilmektedir. Bu araştırmanın çıktıları, tıbbi ve ekonomik değere sahip Lamiaceae türlerinin çimlenme potansiyellerini arttırmak için kullanılabilir.

Teşekkür

Çalışmanın ilk yazarı, bu araştırmaya olan mali desteğinden dolayı Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) Koordinatörlüğü'ne teşekkür eder.

Yazar Katkıları

Şükrü Serter Çatav: Çalışmayı planlamış ve deneyleri gerçekleştirmiş, istatistiksel analizleri yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Kenan Akbaş: Çalışmayı planlamış ve deneyleri gerçekleştirmiş, bitki teşhislerini yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Arcamone, J. R. ve Jaureguiberry, P. (2018). Germination response of common annual and perennial forbs to heat shock and smoke treatments in the Chaco Serrano, central Argentina. *Austral Ecology*, 43(5), 567–577. <https://doi.org/10.1111/aec.12593>
- Baldos, O. C., DeFrank, J. ve Sakamoto, G. S. (2015). Germination response of dormant tanglehead (*Heteropogon contortus*) seeds to smoke-infused water and the smoke-associated stimulatory compounds, karrikinolide and cyanide. *HortScience*, 50(3), 421–429. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.3.421>
- Burger, B. V., Pošta, M., Light, M. E., Kulkarni, M. G., Viviers, M. Z. ve van Staden, J. (2018). More butenolides from plant-derived smoke with germination inhibitory activity against karrikinolide. *South African Journal of Botany*, 115, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.01.023>
- Chuvieco, E., Giglio, L. ve Justice, C. (2008). Global characterization of fire activity: Toward defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology*, 14(7), 1488–1502. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01585.x>
- Çatav, Ş. S., Küçükakyüz, K., Akbaş, K. ve Tavşanoğlu, Ç. (2014). Smoke-enhanced seed germination in Mediterranean Lamiaceae. *Seed Science Research*, 24(3), 257–264. <https://doi.org/10.1017/S0960258514000142>
- Çatav, Ş. S., Küçükakyüz, K., Tavşanoğlu, Ç. ve Akbaş, K. (2015). Effects of aqueous smoke and nitrate treatments on germination of 12 eastern Mediterranean Basin plants. *Annales Botanici Fennici*, 52, 93–100. <https://doi.org/10.5735/085.052.0211>
- Çatav, Ş. S., Küçükakyüz, K., Tavşanoğlu, Ç. ve Pausas, J. G. (2018). Effect of fire-derived chemicals on germination and seedling growth in Mediterranean plant species. *Basic and Applied Ecology*, 30, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.05.005>
- Downes, K. S., Light, M. E., Pošta, M., Kohout, L. ve van Staden, J. (2013). Comparison of germination responses of *Anigozanthos flavidus* (Haemodoraceae), *Gyrostemon racemiger* and *Gyrostemon ramulosus* (Gyrostemonaceae) to smoke-water and the smoke-derived compounds karrikinolide (KAR₁) and glyceronitrile. *Annals of Botany*, 111(3), 489–497. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs300>
- Downes, K. S., Light, M. E., Pošta, M., Kohout, L. ve van Staden, J. (2014). Do fire-related cues, including smoke-water, karrikinolide, glyceronitrile and nitrate, stimulate the germination of 17 *Anigozanthos* taxa and *Blancoa canescens* (Haemodoraceae)? *Australian Journal of Botany*, 62, 347–358. <https://doi.org/10.1071/BT13189>

- Downes, K. S., Light, M. E., Pošta, M. ve van Staden, J. (2015). Fire-related cues and the germination of eight *Conostylis* (Haemodoraceae) taxa, when freshly collected, after burial and after laboratory storage. *Seed Science Research*, 25(3), 286–298. <https://doi.org/10.1017/S0960258515000227>
- Erik, S. ve Tarıkahya, B. (2004). Türkiye florası üzerine. *Kebikeç*, 17, 139–163.
- Flematti, G. R., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W. ve Trengove, R. D. (2004). A compound from smoke that promotes seed germination. *Science*, 305, 977. <https://doi.org/10.1126/science.1099944>
- Flematti, G. R., Merritt, D. J., Piggott, M. J., Trengove, R. D., Smith, S. M., Dixon, K. W. ve Ghisalberti, E. L. (2011). Burning vegetation produces cyanohydrins that liberate cyanide and stimulate seed germination. *Nature Communications*, 2, 360. <https://doi.org/10.1038/ncomms1356>
- Gupta, S., Hrdlička, J., Ngoroyemoto, N., Nemahunguni, N. K., Gucký, T., Novák, O., Kulkarni, M. G., Doležal, K. ve Van Staden, J. (2020). Preparation and standardisation of smoke-water for seed germination and plant growth stimulation. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 338–345. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09985-y>
- He, T., Lamont, B. B. ve Pausas, J. G. (2019). Fire as a key driver of Earth's biodiversity. *Biological Reviews*, 94, 1983–2010. <https://doi.org/10.1111/brv.12544>
- Kazancı, D. D. ve Tavşanoğlu, Ç. (2019). Heat shock-stimulated germination in Mediterranean Basin plants in relation to growth form, dormancy type and distributional range. *Folia Geobotanica*, 54(1), 85–98. <https://doi.org/10.1007/s12224-019-09349-0>
- Keeley, J. E., Pausas, J. G., Rundel, P. W., Bond, W. J. ve Bradstock, R. A. (2011). Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in Plant Science*, 16, 406–411. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.04.002>
- Küçükakyüz, K. ve Çatav, Ş. S. (2021). Physiological effects of smoke-water and karrikinolide on wheat seedlings grown under boron stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 68(3), 552–558. <https://doi.org/10.1134/S1021443721030092>
- Ma, H., Erickson, T. E., Walck, J. L. ve Merritt, D. J. (2020). Interpopulation variation in germination response to fire-related cues and after-ripening in seeds of the evergreen perennial *Anigozanthos flavidus* (Haemodoraceae). *International Journal of Wildland Fire*, 29(10), 950–960. <https://doi.org/10.1071/WF19195>
- Moreira, B., Tormo, J., Estrelles, E. ve Pausas, J. G. (2010). Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. *Annals of Botany*, 105, 627–635. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq017>
- Nelson, D. C., Flematti, G. R., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W. ve Smith, S. M. (2012). Regulation of seed germination and seedling growth by chemical signals from burning vegetation. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 107–130. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105545>
- Newton, R. J., Bond, W. J. ve Farrant, J. M. (2006). Effects of seed storage and fire on germination in the nut-fruited Restionaceae species, *Cannomois virgata*. *South African Journal of Botany*, 72, 177–180. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2005.05.005>
- Quílez, M., Ferreres, F., López-Miranda, S., Salazar, E. ve Jordán, M. J. (2020). Seed oil from Mediterranean aromatic and medicinal plants of the lamiaceae family as a source of bioactive components with nutritional. *Antioxidants*, 9(6), 510. <https://doi.org/10.3390/antiox9060510>
- Simpson, M. G. (2010). *Plant systematics*. Amsterdam: Elsevier.
- Tavşanoğlu, Ç., Ergan, G., Çatav, Ş. S., Zare, G., Küçükakyüz, K. ve Özudođru, B. (2017). Multiple fire-related cues stimulate germination in *Chaenorhinum rubrifolium* (Plantaginaceae), a rare annual in the Mediterranean Basin. *Seed Science Research*, 27(1), 26–38. <https://doi.org/10.1017/S0960258516000283>



COVID-19 Detection from Chest X-Ray Images and Hybrid Model Recommendation with Convolutional Neural Networks

Hacer Karacan¹, Furkan Eryilmaz^{2,*}

¹Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Gazi University, Ankara, Turkey

²Department of Computer Science, Graduate School of Informatics, Gazi University, Ankara, Turkey

Article History

Received: 21.06.2021

Accepted: 22.09.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – The coronavirus pandemic, which emerged at the end of 2019, continues to be effective. Although various vaccines have been developed, the diagnosis of the disease and the 14-day isolation method still remain valid. *Purpose:* To classify diseases such as COVID-19, tuberculosis, other pneumonias, and lung opacity. For this goal, it was aimed to automate disease diagnosis, which was done manually by expert radiologists with chest X-Ray images, with a hybrid model created with the four most commonly used convolutional neural networks. In addition, it is aimed to reach a more accurate result by combining four CNN models instead of one model during the epidemic when diagnosis is of critical importance. *Method:* In the binary classification, the images were categorised as COVID-19-positive and negative, and multi-class classification was conducted according to labels including Lung Opacity, COVID-19, Normal, and Viral Pneumonia. The recommended model consisted of MobileNetV2, DenseNet121, InceptionResNetV2, and Xception networks. Transfer learning was used for initial weights. These models, were combined with ensemble learning to obtain better classification performance. *Results:* The best binary classification result was obtained from the MobileNetv2 with an accuracy rate of 98.84%. The hybrid model improved slightly, with a value 0.16. In the multi-class classification, the DenseNet121 accomplished the highest classification rate, with 93.17%. The hybrid model improvement in the multi-class classification was 0.81. According to these results, the proposed method will alleviate the burden of health personnel during the epidemic. It will also aid in the diagnosis of COVID-19 in areas where facilities are limited.

Keywords – CNN, Chest X-Ray, COVID-19, ensemble learning, model averaging

1. Introduction

In December 2019, a new virus was informed to the World Health Organization (WHO) by Chinese specialists, whose origin was unknown, but with symptoms similar to pulmonary pneumonia (Allam, 2020). The WHO is called this new pneumonia as severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2), has been accepted as an epidemic disease, and according to statistics, it has infected 209 million people and caused the deaths of 4.38 million people (Qu, Cao, & Chen 2021; WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard, 2021). The virus causing SARS was detected around Guandong, China in 2003, the Middle East Respiratory Syndrome (MERS) was exposed in the Middle East in 2012, and the SARS-CoV-2 virus was detected in the Hubei region of the Chinese city of Wuhan (Allam, 2020; Qu et al., 2021).

The COVID-19 epidemic has deeply affected the entire world, and no effective drug has been found against the virus to date. The existing medical infrastructures of countries have collapsed against the virus and most patients have not been able to reach treatment. Specialists have recommended the use of masks, social distancing, quarantine, and filiation studies after disease detection to communities and governments as a

¹ hkaracan@gazi.edu.tr

² eryilmaz.furkan@gmail.com

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

precaution against the virus. In order to keep the pandemic under control, rapid and accurate detection of the disease has been of critical importance.

As stated in WHO data dated the end of August 2021, the total number of reports since the beginning is 81 million in America, 64 million in Europe, 41 million in Asia, and 5.5 million in Africa. The highest number of cases comprise 37 million in the United States, 32.4 million in India, 21 million in Brazil, 6.7 million in the Russian Federation, and 6.4 million in France. The number of incidents is directly proportional to the number of tests, and when the access of African countries to the test is considered, these numbers show that the situation is more serious.

Reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR), diffractive phase interferometry, saliva, antibody tests, lung biopsy, and radiological imaging methods [computed tomography (CT), lung X-Ray] are used in the detection of coronavirus ([Huang et al., 2020](#); [Ozturk et al., 2020](#); [Wang, Lin, & Wong, 2020](#); [Bouchareb et al., 2021](#)). The PCR test is the most commonly used method and has been recognized as the gold standard. However, this test method has limitations, such as producing erroneous results ([Huang et al., 2020](#)), supply shortages, a long diagnostic time, and the requirement of manual processing ([Wang et al., 2020](#)). The sensitivity rate of this diagnostic method is between 60% and 70%, and it can give negative results in cases with COVID-19 symptoms ([Ozturk et al., 2020](#)).

As stated in October 2020 dated announcement of the WHO, medical imaging methods have been accepted as a valid method for the identification of clinical symptoms of patients who have been infected and recuperated ([Alam et al., 2021](#)). In the examinations performed by radiologists on CT and chest radiograph images of COVID-19 positive patients, findings specific to the SARS-CoV-2 virus were detected ([Wang et al., 2020](#)). These coronavirus findings are expressed as the two-sided distribution of irregular shades and the opacity of opal glass ([Wang et al., 2020](#)). These infected lung areas were found in lung X-Ray images in 9% of patients with negative RT-PCR tests. The results are dependent on the antigen concentration in the test kit ([Karthik, Meneja & Hariharan, 2020](#)). The output time of the test results varies from one hour to several days ([Bouchareb et al., 2021](#))

During the epidemic, most countries did not have access to RT-PCR test kits or had to fight against the virus with very few test kits. Countries like Turkey, where the number of RT-PCR test kits is insufficient, have tried to COVID-19 diagnosis with CT ([Ozturk et al., 2020](#)). CT devices have long imaging times and are not available in most underdeveloped countries ([Alam, Ahsan, Based, Haider & Kowalski, 2021](#)). The disadvantages of this method include that it cannot be applied to children and pregnant women due to high radiation, high cost ([Wang et al., 2021](#)), insufficient equipment and personnel, and CT laboratories increase the risk of infection ([Oh, Park, & Ye, 2020](#)). The CT imaging method is useful in monitoring the condition of COVID-19 patients rather than diagnosis ([Horry, Chakraborty, Paul, Pradhan & Shukla, 2020](#)).

Today, most hospitals and medical clinics have X-Ray equipment ([Narin, Kaya, & Pamuk, 2021](#)). The chest X-Ray imaging method offers advantages such as working with lower exposure to radiation, rapid output, and low cost when compared to the CT method ([Wang et al., 2021](#)). X-Ray imaging take approximately 15–20 min ([Karthik et al., 2020](#)). Chest X-Ray images are preferred in the process of diagnosing COVID-19 due to its modularity and accessibility. Repeated features observed on the X-Ray images of COVID-19 cases include irregularity of nitrates or opacities, similar to other pneumonia features ([Horry et al., 2020](#)).

The analysis of the disease can only be determined by specialist radiologists by interpreting the chest radiograph images. The similarity of the findings on the images of COVID-19 and other pneumonias makes the diagnosis process more difficult ([Wang et al., 2021](#)). It takes an average of 5–6 min to make a diagnosis if examination of the image is performed by a specialist radiologist ([Rubin et al., 2020](#)).

Despite the negative aspects described above in the diagnosis of coronavirus, lung radiograph images are accepted as a valid and effective method. These problems in the evaluation of the image can be eliminated with machine learning (ML) approaches and an agile solution can be presented. Artificial intelligence

techniques need large and balanced data sets in order to give high performance results. ([Abbas, Abdelsamea, & Gaber, 2021](#)). However, the number of data in open sources for COVID-19 is limited ([Abbas, Abdelsamea, & Gaber, 2021](#)). In cases where there are insufficient data, the approach to be followed in order to obtain successful results is convolutional neural networks (CNNs) ([Abbas, Abdelsamea, & Gaber, 2021](#)).

Successful results in detecting corona virus from lung X-ray images have been obtained using CNNs and have made classification with higher accuracy than support vector machines(SVM), artificial neural networks (ANNs), and k-nearest neighbour (KNN) algorithms ([Monshi, Pool, Chung, and Monshi, 2021](#)).

Recently, it has become very popular to ensemble more than one classifier in the field of ML and DL and use them together for classification problems ([Bhardwaj & Kaur, 2021](#)). Ensembled architectures have produced effective results in real world problems and computer vision problems ([Bhardwaj & Kaur, 2021](#)).

Within the scope of the this study, MobileNetV2, DenseNet121, Xception, and InceptionResNetV2, which are the most used CNNs in the literature, were applied to lung radiograph images. Instead of starting from scratch with the transfer learning approach, the initial weights were transferred to these models from the ImageNet dataset. Combining the advantages of the above-mentioned four networks with the ensemble learning approach, a hybrid solution capable of binary and multiple classification is proposed. One of the largest known datasets in open sources was used. The accuracy rate was chosen as the evaluation parameter. It is hoped that the hybrid solution, which included four different models, will demonstrate robust performance against different types of datasets that it may encounter in the future.

The main contributions can be outlined as follows:

- Developing a test method within existing medical equipment (X-Ray Devices) that can be found in each health centre
- Supporting existing testing capabilities for more accurate results
- Providing testing capabilities to countries that cannot access PCR tests
- Proposing a more effective system by combining four models instead of one at epidemic when accurate diagnosis is critical
- Building an effective model for larger datasets that may be encountered in the future

This study is organised as follows. The remainder of this chapter presents a literature review on coronavirus classification from radiological images. In section 2, the theoretical background about the models used in the research, CNN, transfer and ensemble learning are discussed. In addition, the dataset and information about the application in the research are included in this section. In section 3, the outputs of the study, results, and discussion are included. In Section 4, a brief summary of the study, the outputs, and future studies are given.

1.1. Literature Review

In this section, there is a literature review of ML approaches and applications in the field of COVID-19 detection. With the increase in data, the AI community has started to support to the control COVID-19 epidemic with traditional ML methods, new approaches, and hybrid model applications. The most common and biggest problem seen in the studies included in the literature review was the lack of a sufficient size data set. It was aimed to overcome the related constraint by various methods.

[Wang et al. \(2020\)](#) classified normal, viral, or bacterial, COVID-19 labels on chest radiograph images in their study presenting COVID-NET. The network, whose initial weights were transferred from the ImageNet data set, made classification with 92.6% accuracy. [Ozturk et al. \(2020\)](#) studied the diagnosis of COVID-19 from lung radiograph images in their work presenting DarkNet-19-based DarkCovidNet. They reached a result with accuracy rates for binary and multiple classification 98.08% and 87.02% respectively. [Hemdan et al. \(2020\)](#) proposed COVIDX-Net in their study by using VGG19, InceptionV3, DenseNet201, ResNetV2,

InceptionResNetV2, MobileNetV2, and Xception models. As a result of the study, the most successful results were obtained from the VGG19 and DenseNet201 networks.

[Rahimzadeh & Attar \(2020\)](#) studied Xception and ResNet50V2 models on a dataset containing very few images of a COVID-19 class. To overcome this problem, the dataset was divided into subsets according to the least number of class labels and the models were trained in 8 consecutive steps. By combining the output layer of the two models, a performance evaluation was made with 5 cross-validation methods and an accuracy rate of 92.4% was obtained. [Arkadani, Kanafi, Acharya, Khadem & Mohammadi \(2020\)](#) surveyed CT images, and examined 10 commonly used CNN models (AlexNet, GoogleNet, VGG16-19, SqueezeNet, MobileNetV2, ResNet18-50-101, and Xception). When the model performances were evaluated, the highest results were obtained from ResNet101 with 99.26% accuracy and Xception with an accuracy rate of 99.38%.

[Feki, Ammar, Kessentini & Muhammad \(2021\)](#) proposed a federated and centralised system solution based on VGG16 and ResNet50, which will cover clinics that cannot share their data due to data privacy. The initial weights are obtained from the training in the central environment and transferred to the client nodes. Client nodes start with these weights in their training and transfer possible updates to the centre. The process is managed iteratively. In federated architecture, VGG16 performed with 93.57 % accuracy, ResNet50 95.4%, and in centralised architecture VGG16 93.75% and ResNet50 95.3% accuracy. The CVDNet model, developed by [Ouchicha, Ammor & Mekkassi \(2020\)](#) and based on ResNet networks, aimed to extract local and general characteristics of the data. The architecture, which consists of two parallel blocks, applies two different filters to the image. The solution presented was evaluated with 5-fold cross-validation, and it worked with a success rate of 97.20% in binary classification and 96.69% in multiple classification.

[Bozkurt \(2021\)](#) applied CNN networks to X-ray images from simple to complex and compared performance. All networks were multi-classified and labelled data according to COVID-19, Normal, and Other pneumonia labels. Several networks were used in the study. The best result was achieved from the DenseNet121 network with an accuracy rate of 97.26%. [Bhardwaj & Kaur \(2021\)](#) tried to diagnose COVID-19 and other respiratory diseases by applying an ensemble learning approach to X-Ray images. Ensemble deep learning consists of InceptionV3, DenseNet121, Xception, and InceptionResNetV2 models. The proposed method made binary and multi-classification with 92.36% and 98.33% accuracy. In another study for the detection of COVID-19 from lung radiograph images, [Altan & Karsu \(2021\)](#) proposed a hybrid study combining chaotic salp swarm algorithm, 2D Curvelet Transformation, and EfficientNet-B0 model. The feature map was created with the coefficients obtained with the 2D Curvelet transformation, the coefficient optimization in the feature map was made with CSSA and the classification was performed with EfficientNET-B0. The hybrid architecture has classified data with a high accuracy rate of 99.59%.

[Monshi, Pool, Chung, & Monshi \(2021\)](#) focused on data augmentation and hyper parameters to get better performance for CNN models. The best data augmentation as a result of trials was determined as 20° rotation, 1.2 zooming, 0.2 warping, 0.3 lighting, and normalizing. The most efficient hyper parameters were 30 epochs, 32 bath size, and cross-entropy loss function. The accuracy rate of the VGG-19 network was improved by 11.93% and the ResNet50 network by 4.97%. The proposed CovidXrayNet network, based on EfficientNet-50, achieved triple classification with an accuracy of 95.82% as a result of the evaluations. [Alam, Ahsan, Based, Haider, & Kowalski \(2021\)](#) focused on feature extraction processes in their study. After collected features from X-ray images with histogram and CNN methods, they combined the features and gave them as input to the model. The VGGNet model was used and the outputs were compared with ANNs, KNNs, and CNNs. It performed better than these networks and classified with 99.49% accuracy.

[Afifi, Hafsa, Ali, Alhumam & Alsanman \(2021\)](#), analysed the entire lung x-ray image and local anomalies simultaneously using the ResNet18, InceptionV4 and DenseNet161 architectures. Each model is ensembled by averaging the weights which obtained from global and local points. The most successful result was obtained from the ensembled version of the DenseNet161 network. The ensemble architecture classified the data according to control, Pneumonia, and COVID-19 tags with 91.2% accuracy. [Saha et al. \(2020\)](#), ensembled the

MobileNet, InceptionV3, Xception, DenseNet121 and DenseNet201 models in order to be able to classify with higher performance. In the ensembling process, two different strategies were used, namely the averaging of the feature maps and the max vote method for the predictions in the output layer. The classification made in 4 labels as COVID-19, Normal, Viral and Bacterial pneumonia resulted in an accuracy rate of 89.21%. Focusing on overfitting, high variance, and noise-induced generalization errors of small datasets, [Tang et al. \(2021\)](#) proposed a method they named EDL-COVID. This method is based on taking samples of the COVID-Net architecture according to different sensitivity values. Then, these models with different weights are combined by taking the average of the weights. The sensitivity value was accepted as a performance parameter and it was obtained at a rate of 96%. The accuracy rate, on the other hand, is 95% of the binary classification accuracy of the COVID-19 tag. [Ghernea & Neagoe \(2021\)](#) combined two concurrent convolutional neural networks based on VGG-Net with ensemble learning. The main difference of the models in the same architecture is that they are trained with asymmetrical data sets. The best asymmetric value for the binary classification was determined as 5, and the ensemble learning model performed with 95.02% accuracy.

2.1. Technical Background

2.1.1. Convolutional Neural Network

CNN architectures used in computer vision and image processing are a deep learning approach applied to data exhibiting similar topology, such as sequential pixels in images ([Goodfellow, Bengio, & Courville, 2017](#)). The serious processing complexity encountered by other neural network models in image processing is overcome with CNN models and reduced to more manageable states ([Ankile, Heggland, & Krange, 2020](#)). CNN architectures consist of different and ordered layers. First layer is convolution, middle layer is pooling, and last layer is fully-connected layer ([Aloysius & Geetha, 2017](#)).

- Convolutional Layer: In this layer, local features are extracted by applying a filter or a matrix called kernel to the image ([Arora, Garg, & Gupta, 2020](#)). The output of the convolution layer is called the feature map ([Ouchicha et al., 2020](#)). Most of the computational load of the entire network occurs at this layer ([Arora et al., 2020](#)). Optimizations to be made on hyper parameters such as filter size, stride, and padding used in the extraction of the feature map provide a significant improvement in the complexity of the network ([Aloysius & Geetha, 2017](#)).
The outputs of the convolution layer are linear, and it needs to be converted to nonlinear structure for improve the speed of the model and to get the desired outputs from the input functions ([Gulcu & Kus, 2020](#); [Hassantabar, Ahmadi, & Sharifi, 2020](#); [Ouchicha et al., 2020](#)).
 - Rectified Linear Unit (ReLU): Inputs are converted to values between 0 and ∞ . ReLU is widely preferred due to its better performance against vanishing gradient problem, low cost and high performance in the training phase ([Ouchicha et al., 2020](#)).
- Pooling Layer: The number of parameters of the model is reduced by applying pooling layer to the outputs of the convolution layer ([Aloysius & Geetha, 2017](#)). In this way, improvements in computational complexity are achieved and overfitting is prevented ([Aloysius & Geetha, 2017](#)).
- Fully-Connected Layer: Using this layer, a link is established between the features obtained from the image and the classification label ([Ouchicha et al., 2020](#)). It is not possible to apply the convolution after flatten layer ([Arora et al., 2020](#)).

Within the scope of the related research, MobileNetV2, DenseNet121, InceptionResNetV2, and Xception models were used in binary and multiclass classification.

2.1.1.1. MobileNetV2

MobileNet networks classify with fewer computation and parameters than other networks. These networks, which exhibit similar classification performance to other networks, also have low memory requirements. Compared to other CNN models, the computational cost is 8–9 times less. In the convolution layer of these

networks, two different sub-convolutional layers are used, as point(1×1) and deep(3×3) ([Sandler, Howard, Zhu, Zhmoginov, & Chen, 2018](#)).

2.1.1.2. DenseNet121

In DenseNet networks, each layer takes the feature map of the former layer as input and adds the output it produces to this feature map and transfers it to the next layer ([Huang, Liu, Maaten, & Weinberger, 2017](#)). This advantageous situation complicates the control of the main feature map and the management of the network ([Wang, & Zhang, 2020](#)). In order to keep the feature map manageable by the network, the subsampling method is used in the merge operations made in the layers. In addition, transition blocks are placed between the layers, which include stack normalization, convolution, and pooling operations ([Wang, & Zhang, 2020](#)).

With the DenseNet architecture, the convolutional model becomes resistant to the vanishing gradient problem, exhibits a strong feature distribution, and works with less total number of parameters than other networks ([Huang et al., 2017](#)).

2.1.1.3. Xception

Xception networks are formed by combining depthwise separable layers with residual connections ([Chollet, 2017](#)). While the network achieves computational time improvement with the help of separable convolution layers, it is made more resistant to the vanishing gradient problem with the residual connections ([Chollet, 2017](#); [Rsimiyati, Endah, Khadijah & Shiddiq, 2020](#)).

2.1.1.4. InceptionResNetv2

It is an effective hybrid model that combines the InceptionV3 architecture and residual connections. Although more effective results are obtained with increasing depth in Inception networks, the problem of vanishing gradient is encountered. By combining the two network architectures, the computational efficiency advantage of Inception networks is retained, while all of the advantages of the residual networks, such as vanishing gradient problem solving, are utilised ([Szegedy, Ioffe, Vanhoucke & Alemi, 2016](#); [Wu, Liu, Yang & Zen, 2020](#)).

2.1.2. Transfer Learning

A large quantity of training and test data is needed in order to construct and effectively implement ML methods ([Tan, Sun, Kong, Zgang, & Liu, 2018](#)). However, it is often not possible to collect sufficient data ([Tan et al., 2018](#)). Transfer learning is the process of increasing the performance of applications in these fields of study by transferring the knowledge obtained from fields that consist of healthy data and that show a balanced data distribution to different but related fields and target algorithms.

With transfer learning, there is an increase in the learning performance of the target study area and a significant decrease in the data requirement and time required for training. Transfer learning approaches are divided into four groups as example, feature, parameter and relation-based ([Zuhang et al., 2021](#)).

2.1.3. Ensemble Deep Learning

Ensemble deep learning is the process of training ANNs simultaneously using one or more data sets to solve a common problem ([Goodfellow et al., 2017](#)). The final model that emerges as a result of ensemble deep learning combines the advantages of its sub-models and shows much better generalization performance ([Ganaie, Hu, Tanveer, & Suganthan, 2021](#)). High-performance results are obtained with these integrated network applications in large-scale challenges such as natural language processing, computer vision and speech recognition ([Yang et al., 2021](#)).

2.1.4. Dataset

The dataset studied in this research were obtained from the Coronavirus Radiology database. The dataset ([COVID-19 Radiography Database, 2021](#)) was generated by the researchers of Qatar and Dhaka Universities and Pakistani and Malaysian medical doctors who supported this team. The dataset consists of the following sources, BIMCV Medical Image Bank of the Valencia Region ([BIMCV, 2021](#)), GitHub ([MI-Workgroup, 2021](#)), SIRM Società Italiana di Radiologia Medica y Interventista ([Redazione, 2021](#)), European Society of Radiology ([Eurorad.org, 2021](#)), GitHub ([Ieee8023, 2021](#)), FigShare COVID-19 Chest X-Ray Image Repository ([COVID-19 Chest X-Ray Image Repository, 2021](#)), GitHub ([Armiro, 2021](#)), Radiology Society of North America ([RSNA Pneumonia Detection Challenge, 2021](#)), and Kaggle Chest X-Ray Images(Pneumonia) ([Chest X-Ray Images \(Pneumonia\), 2018](#)). The dataset consists of healthy, viral pneumonia, lung opacity, and COVID-19 patient radiograph images ([Figure 1](#)).

Table 1
X-Ray Image dataset structure

Subset	COVID-19	Lung Opacity	Normal	Viral Pneumonia
Train	2.908	4.799	8.152	1.076
Test	711	1.213	2.040	269
Total	3.616	6.012	10.192	1.345

Within the scope of the study, the data set was divided into training, validation, and test subsets, for both classification methods. The training and test set are separated by 80%–20%. In order to prevent overfitting of the model and to monitor its behaviour, 20% of the training set was reserved as a validation set. The distribution of dataset according to the subsets is placed in [Table 1](#).

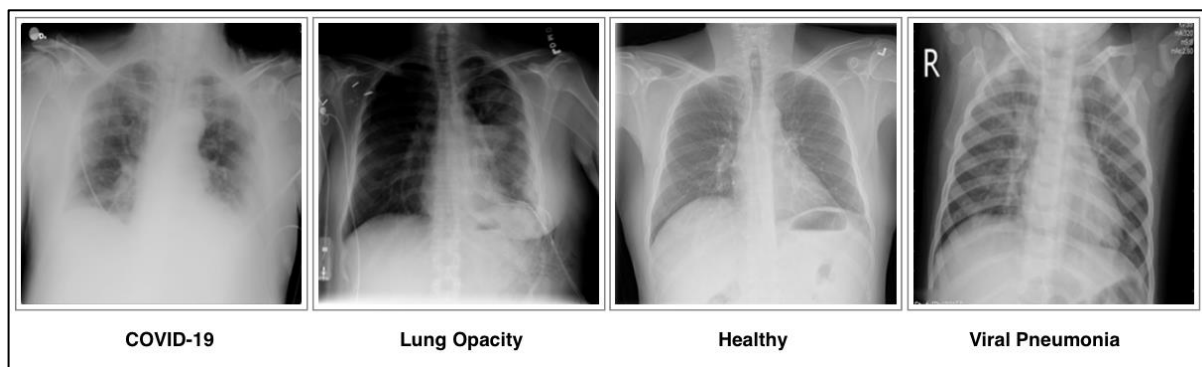


Figure 1. X-Ray images with classification labels.

Over-fitting is inevitable when the dataset size is small. There is a wide spectrum of methods to prevent this problem. [Monshi, Pool, Chung, & Monshi \(2021\)](#) focused on data augmentation and hyper parameters for better performance. In this study, the outputs of [Monshi, Pool, Chung, & Monshi \(2021\)](#)'s study were used. Data augmentation methods applied to X-Ray images; 20° rotation, 1.2 zooming, 0.2 warping, 0.3 lighting, 0.2 width and height shifting.

2.2. Proposed Method

The insufficient amount of the dataset, the presence of outlier data and the high randomness of deep learning models bring along the problems of variance and generalization error ([Chen, Dobrian & Lee, 2019](#)).

Although the effect of this problem is reduced by regularization and data augmentation, these disadvantages of a single model can be effectively overcome with ensemble learning (Tang et al., 2021).

This study consisted of 3 phases. In the first phase, binary classification was made on the chest X-Ray images. In binary classification, each image is classified according to COVID-19 and other class labels. In the second phase, multiple classifications were made and the models were expected to classify the data according to the Normal, COVID-19, Lung Opacity, and Viral Pneumonia labels. In the third phase, these models, which have advantages over each other, were ensembled and it was aimed to reach a common solution that could perform binary and multiple classification with much higher performance.

The individually trained networks were combined with the unweighted model averaging ensemble method for binary and multiple classification. The approach applied within the scope of the study was based on creating the final model by averaging of the output layers of the sub-models. The probability that each model calculates for the classification labels was averaged. Final classification was based on the class label with the highest average probability. Initial weights were transferred from the ImageNet dataset by using the sample-based transfer learning methodology instead of starting from scratch. Transfer learning methodology is shown in Figure 2.

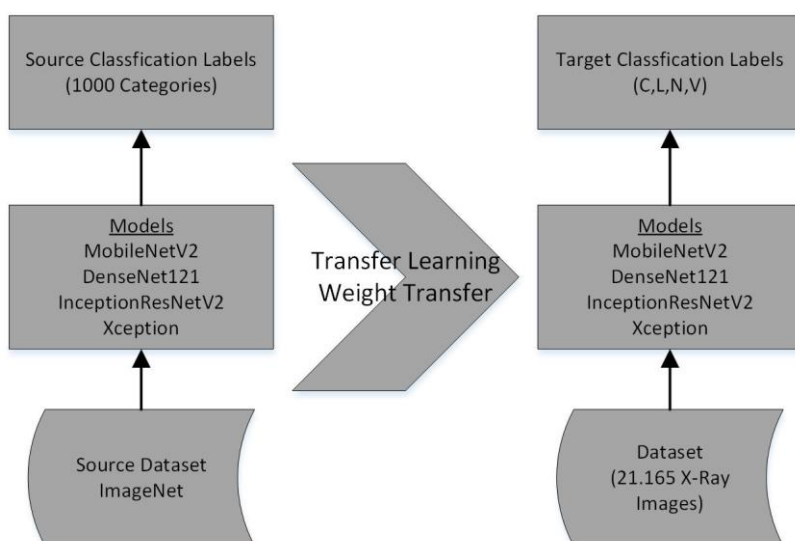


Figure 2. Transfer learning approach in multi classification.

2.2.1. Application

MobileNetV2, DenseNet121, InceptionResNetV2 and Xception CNNs were used as base classification models. In the first stage, the networks were individually trained. In these trainings, the transfer learning approach was followed and the process was started with the initial weights obtained from the ImageNet data set.

New layers were added to increase the performance in the output layer of the models and to show compatibility with the classification labels. There was a 4×4 filter size average pooling layer, flatten layer, hidden layer consisting of 256 neurons, dropout, hidden layer (128 neurons), dropout, hidden layer (64 neurons), and lastly, an output layer containing neurons belonging to labels. Rectified linear unit activation (ReLU) was used in the previous layers and the softmax was used in the last layer. These new layers are given in Figure 3. Experimented with a dropout value of 0.2, 0.5 and 0.8. The best result was obtained at 0.5.

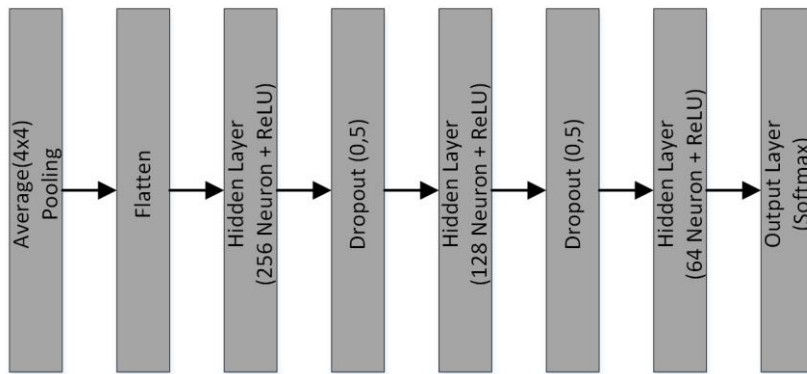


Figure 3. New output layers.

In the models, binary cross-entropy and categorical cross-entropy loss function were used in binary and multiple classification, respectively (Figure 4). The adadelata optimization algorithm was used in both classification models.

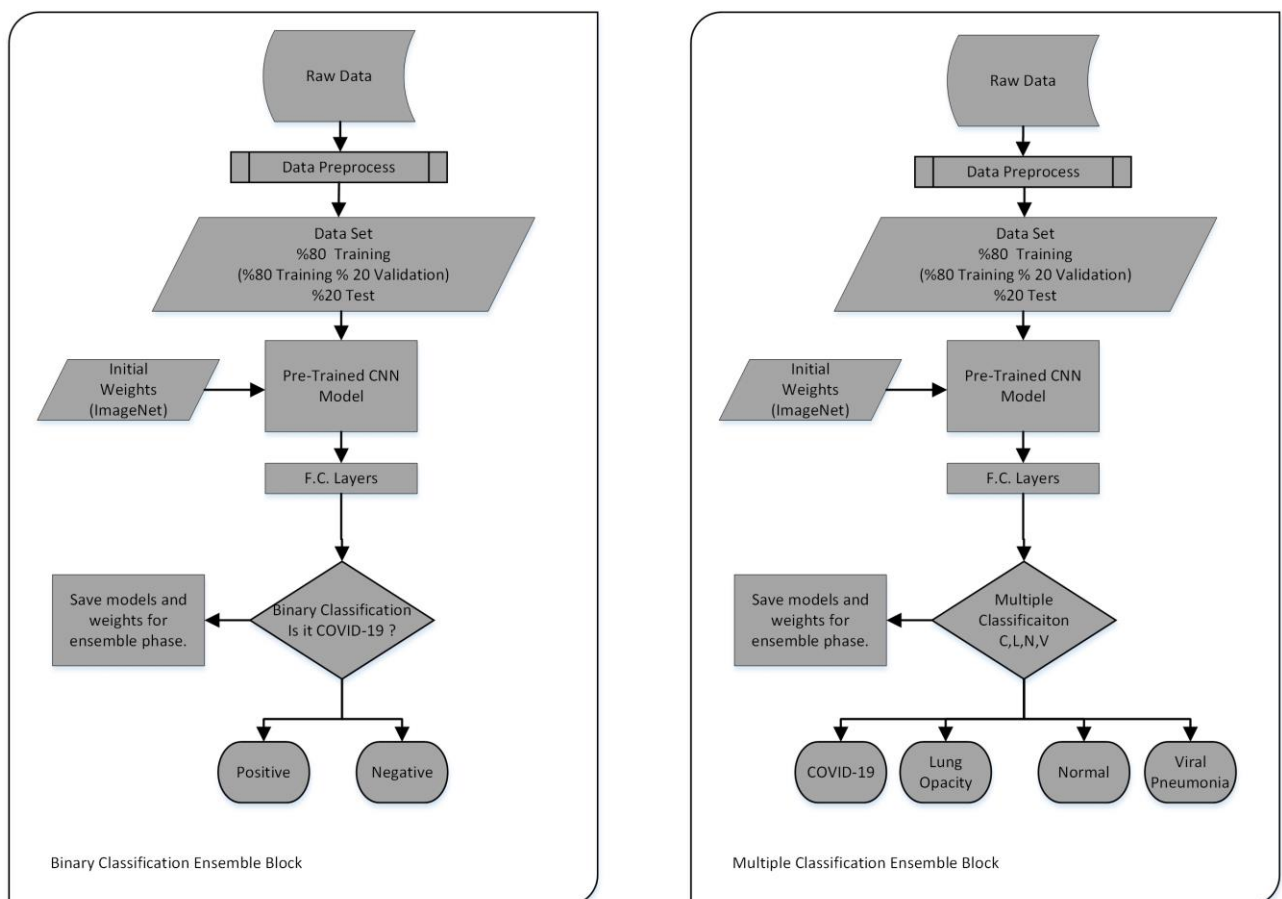


Figure 4. Binary and multiple classification blocks of CNN Models.

While applying the models, different methods were followed due to the limited resources available, such as time slots of the graphics processing unit (GPU) and central processing unit (CPU). During the training, the epoch was determined as 100 and the batch size was 32. In addition, the Early Stopping mechanism of the Keras library was used. This mechanism monitors the validation loss in the model. If the model is saturated and there is no change in the validation loss, the weights that give the best results are saved and the model is

terminated. The validation loss monitoring value was taken as 15. The accuracy rate was used as a performance metric. Other performance metrics such as Precision, Recall, Specificity, AUC, MSE were also examined.

The trained convolutional models and the weights of these models were saved and transferred to ensemble learning, which was the last step. The final model was generated with the unweighted model averaging ensemble method. This method is based on averaging the of the output layers of the saved sub-models. In this step, the average of the probabilistic values of the class labels is calculated and the classification is made according to the highest value. In the combined model, both the Adam and Adadelta optimization methods were used and better results were obtained with Adadelta. The trainable and non-trainable parameters of CNN models and hybrid architecture are demonstrated in Table 2. Despite the high complexity, each model was trained individually before combining them and only its weights were used in the hybrid model.

Table 2
Model parameter list.

Model	Input Shape	Trainable	Non Trainable	Total Parameter
DenseNet121	224x224x3	8.043.970	83.648	8.127.618
MobileNetV2	224x224x3	3.576.130	34.112	3.610.242
Xception	299x299x3	22.945.642	54.528	23.000.170
InceptionResNetV2	299x299x3	54.710.946	60.544	54.771.490
Ensembled Model	256x256x3	89.276.688	232.832	89.509.520

DenseNet121 block is shown as a representation in Figures 5 and 6. The core models of ensemble learning used in the general architecture were different, and these models were: DenseNet121 is MobileNetV2, Xception and InceptionResNetV2.

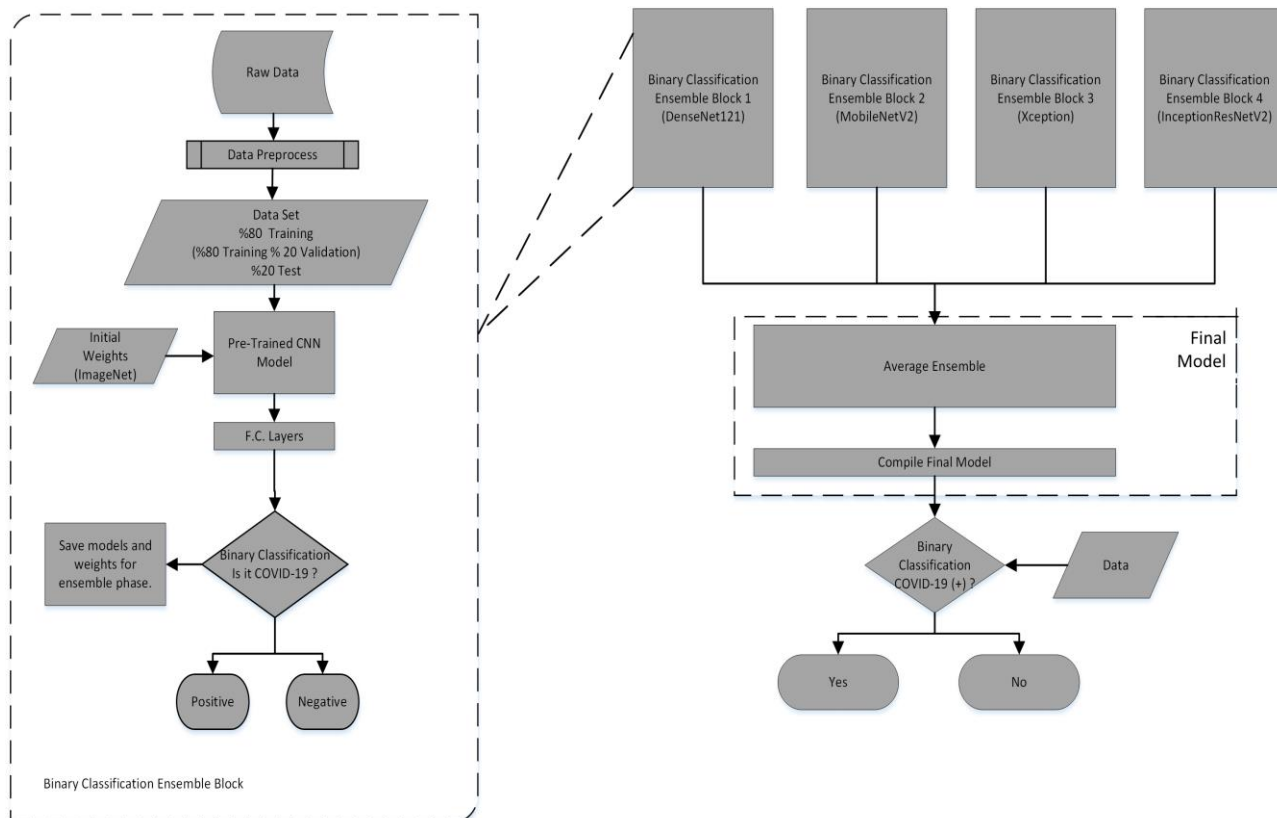


Figure 5. The proposed ensemble learning architecture for binary classification.

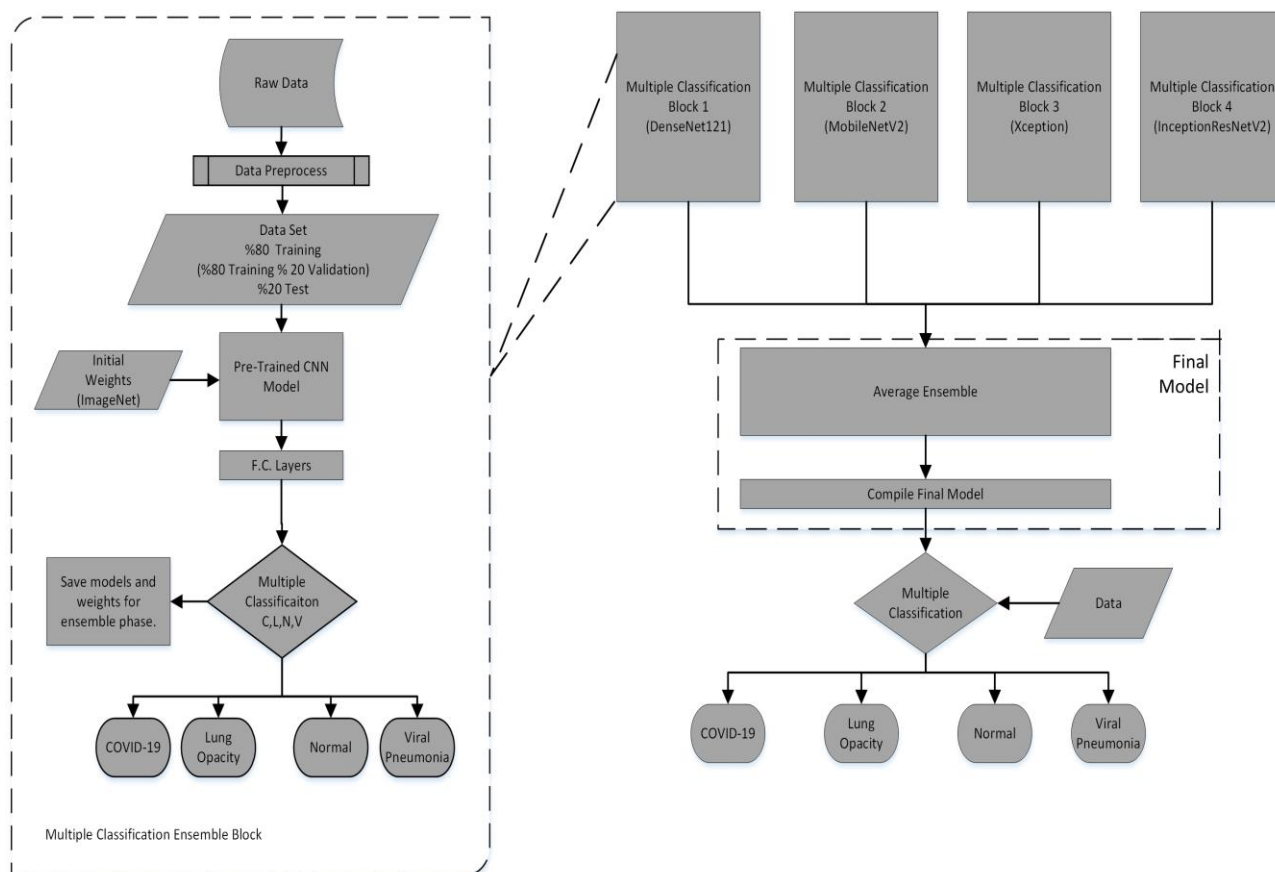


Figure 6. The proposed ensemble learning architecture for multi classification.

3. Results and Discussion

In the study on the data set, two different classification approaches were followed and the detection of SARS-CoV-2 pneumonia was attempted by analysing the chest radiograph images with CNNs. In the first approach, a binary classification was made with the COVID-19 and other class labels, and in the second approach, a multi-classification was made by considering the Lung Opacity, COVID-19, Normal, and Viral Pneumonia labels. In the proposed solution, the models were individually trained for binary (Figure 8), and multiple classification (Figure 7), and these models and weights were saved for ensemble deep learning. Various additions were made to the output layers in order to provide higher performance results for the individual models. In the final stage, the trained sub-models were combined with unweighted model averaging ensemble method. After the final model was created, the results in Tables 3 and 4 were obtained using the test set.

The performance of multi-classification was lower than that of binary classification. In order to overcome this problem, higher performance results can be obtained with detailed studies with activation functions and hyper parameters in future studies.

In the future, the current study can be supported by other clinical data and a much more holistic solution can be developed. CNN-based or other ML approaches, in which parameters such as blood values, saliva test, other lung data, PCR test are combined with X-ray images, can be studied on specific solutions to the problem. Or, focus can be placed on scenarios where there are not enough medical personnel but basic imaging devices, such as x-ray, are available. CNN networks that can work on mobile devices can be examined, and support personnel, such as inexperienced doctors, soldiers, or police, can be assigned during a crisis, as a result of mobile devices that can classify COVID-19.

Table 3

Binary classification results.

Model	Accuracy	Precision	Recall	Specificity	Sensitivity	AUC	MSE
DenseNet121	0.9862	0.9541	0.9648	0.9997	0.9887	0.9933	0.0105
MobileNetV2	0.9884	0.9728	0.9578	1.0	0.9901	0.9944	0.0095
Xception	0.9799	0.9471	0.9324	0.9985	0.9789	0.9864	0.0165
InceptionResNetV2	0.9591	0.8788	0.8776	0.9900	0.9409	0.9588	0.0372
Ensembled Model	0.9900	0.9737	0.9666	1.0	0.9980	0.9974	0.0108

Table 4

Multiple classification results.

Model	Accuracy	Precision	Recall	Specificity	Sensitivity	AUC	MSE
DenseNet121	0.9317	0.9336	0.9308	0.9980	0.9906	0.9883	0.0275
MobileNetV2	0.9216	0.9249	0.9171	0.9983	0.9929	0.9878	0.0302
Xception	0.9152	0.9128	0.9978	0.9975	0.9858	0.9832	0.0338
InceptionResNetV2	0.8909	0.8959	0.8883	0.9910	0.9679	0.9690	0.0453
Ensembled Model	0.9398	0.9437	0.9312	0.9987	0.9979	0.9918	0.0249

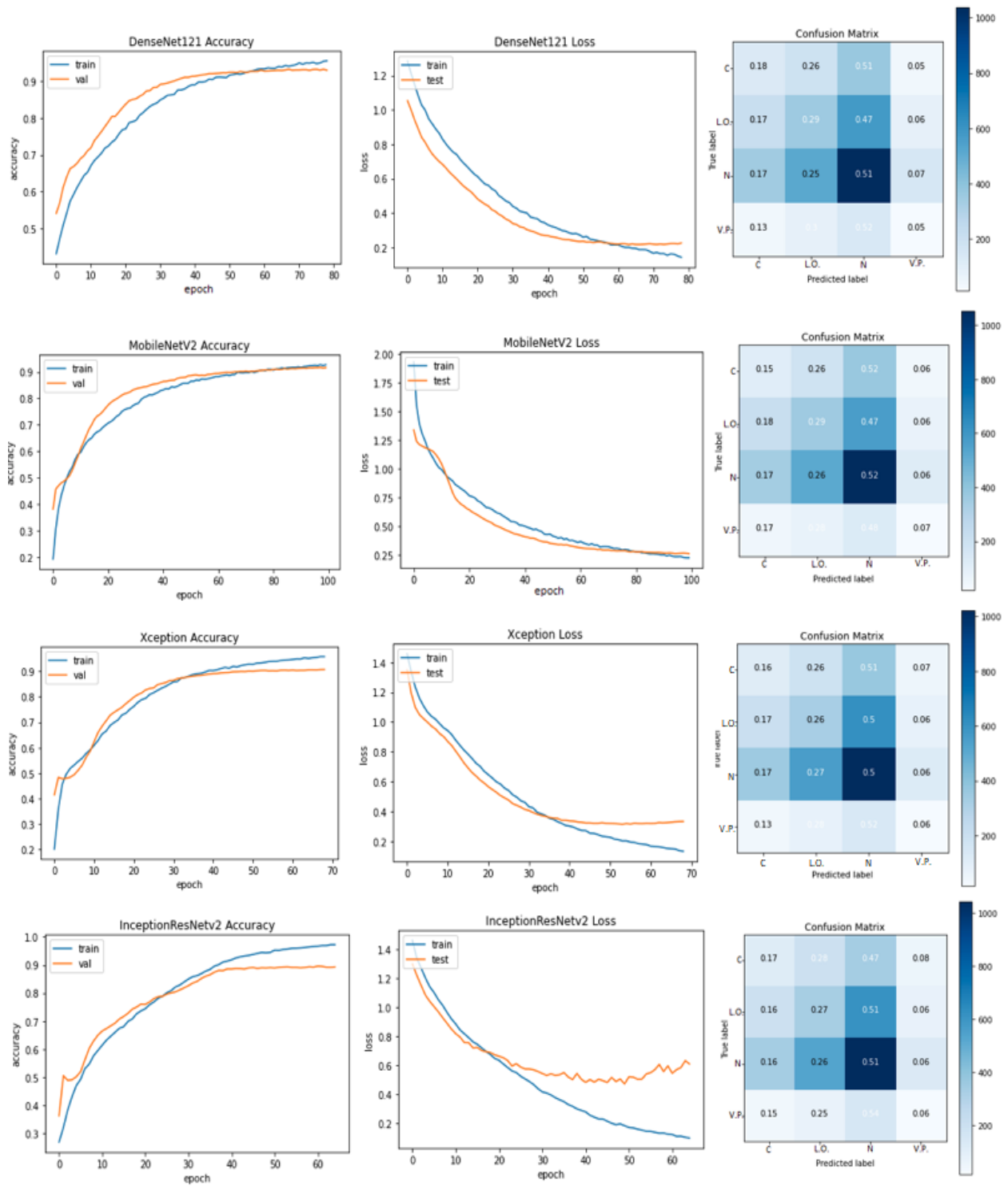


Figure 7. Model performances used in ensemble deep learning for multi classification.

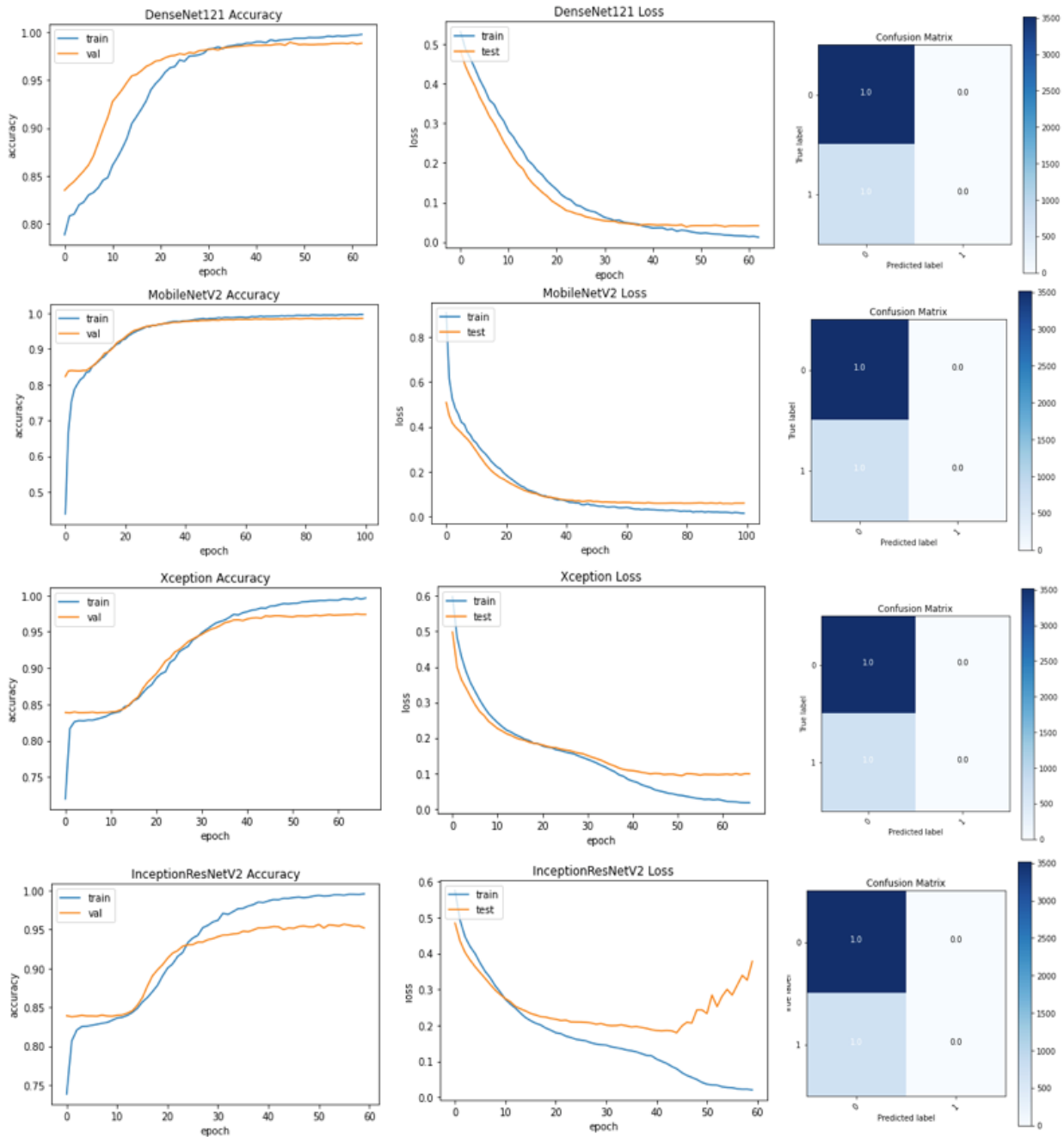


Figure 8. Model performances used in ensemble deep learning for binary classification.

According to the results obtained, it was observed that the ensemble learning approach gave better results in both classification methods. The final model created for binary classification provided a small increase compared to the sub-models that formed it. However, it is believed that the proposed solution will preserve all the advantages of the sub-models and will perform binary classification with high accuracy in future data sets. In multiple learning, on the other hand, a much better generalization was achieved compared to sub-models, and the final model accuracy rate was higher than these models.

Table 5

Proposed methods with related works

Reference	Model	Chest X-Ray Dataset	Classification Accuracy (Binary: B / Multiple: M)
Wang et al.(2020)	COVID-NET	13.800 Images (8.066 Normal, 5.538 Pneumonia, 183 COVID-19)	B: 92.6% M: 83.5%
Ozturk et al.(2020)	DarkCovidNet	1.127 Images (500 Normal, 500 Pneumonia, 127 COVID-19)	B: 98.08% M: 87.02%
Afifi et al.(2021)	Ensemble Deep Learning (DenseNet161 with Different Weights)	11.197 Images (7.217 Normal and 5.451 Pneumonia, 1.056 COVID-19)	M: 91.2%
Hemdan et al.(2020)	COVIDX-Net	50 Images (25 COVID-19, 25 Normal)	B: 90%
Saha et al.(2020)	Ensemble Deep Learning (MobileNet, InceptioV3, Xception, DenseNet121, DenseNet201)	1.622 Images (408 Normal, 408 COVID-19, 408 Bacterial Pneumonia, 408 Viral Pneumonia)	M: 89.21%
Rahimzadeh et al.(2020)	Hibrid CNN	15.085 Images (180 COVID-19, 6.054 Pneumonia, 8.851 Normal)	B: 99.50% M: 91.4%
Tang et al. (2021)	Ensemble Deep Learning (Different snapshots of COVID-NET)	15.477 Images (6.053 Pneumonia, 8.851 Normal, 573 COVID-19)	B: 96 %
Ghenea et al. (2021)	Ensemble Deep Learning (VGG-NET based CNN1, CNN2)	8.088 Images (4.044 COVID-19, 4.044 NON-COVID-19)	B: 95.02%
Ouchicha et al.(2020)	CVDNet	2.905 Images (1.341 Normal, 219 COVID-19, 1.345 Viral Pneumonia)	B: 97.20% M: 96.69%
Bhardwaj & Kaur (2021)	Ensemble Deep Learning (InceptionV3, DenseNet121, Xception, InceptionResNetV2)	10.000 Images (2.022 Other Pneumonia, 2.161 COVID-19, 5.563 Normal)	B: 98.33% M: 92.36%
#	Proposed Method	21.165 Images (3.616 COVID-19, 6.012 Lung Opacity, 10.192 Normal, 1.345 Viral Pneumonia)	B: 99.00% M: 93.98%

4. Conclusion

Within the scope of the related research, a solution that can distinguish between coronavirus and other respiratory diseases using chest radiograph images was presented. Limited data are available in open sources due to the new outbreak of the epidemic and limitations such as legal regulations regarding the sharing of patient X-ray images. Despite these limitations, the models in the study were developed with a much larger dataset than the datasets used in the studies in [Table 5](#). The main purpose of the study was determined as finding a solution to produce effective results in data sets of various sizes that may be encountered in the future. For this purpose, a hybrid model based on the DenseNet121, MobileNetV2, Xception, and InceptionResNetV2 models, which show high performance in computer vision and image processing problems, was built. Instead of starting from scratch in the training stages of the preferred models, the initial weights were transferred from the ImageNet dataset.

The advantages of the four CNNs were combined with unweighted model averaging ensemble learning. As a result, better generalization was obtained. In the final model for binary classification, a slight increase was obtained compared to the sub-models, and the result model was 99.00% accuracy, and a higher increase in multi-classification was achieved and the classification was made with an accuracy rate of 93.98%. These results showed that the hybrid architecture built on proven and high-performance CNN models can also show promising performance in future datasets.

Author Contributions

Hacer Karacan: Designed the architecture, supervised and coordinated the study.

Furkan Eryilmaz: Designed the architecture, performed the analysis and wrote the paper

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

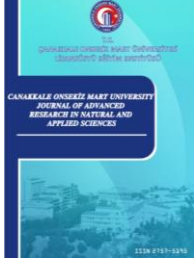
References

- Abbas, A., Abdelsamea, M. M., & Gaber, M. M. (2020). Classification of COVID-19 in chest X-ray images using DeTraC deep convolutional neural network. [doi:10.1101/2020.03.30.20047456](https://doi.org/10.1101/2020.03.30.20047456)
- Afifi, A., Hafsa, N. E., Ali, M. A., Alhumam, A., & Alsaman, S. (2021). An ensemble of global and local-attention Based convolutional neural networks FOR COVID-19 diagnosis on chest x-ray images. *Symmetry*, 13(1), 113. [doi:10.3390/sym13010113](https://doi.org/10.3390/sym13010113)
- Alam, N.-A.-A., Ahsan, M., Based, M. A., Haider, J., & Kowalski, M. (2021). COVID-19 Detection from Chest X-ray Images Using Feature Fusion and Deep Learning. *Sensors*, 21(4), 1480. [doi:10.3390/s21041480](https://doi.org/10.3390/s21041480)
- Allam, Z. (2020). The First 50 days of COVID-19: A Detailed Chronological Timeline and Extensive Review of Literature Documenting the Pandemic. *Surveying the Covid-19 Pandemic and Its Implications*, 1–7. [doi: 10.1016/b978-0-12-824313-8.00001-2](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824313-8.00001-2)
- Aloysius, N., & Geetha, M. (2017). A review on deep convolutional neural networks. 2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 0588-0592. [doi: 10.1109/ICCSP.2017.8286426](https://doi.org/10.1109/ICCSP.2017.8286426)
- Altan, A., & Karasu, S. (2020). Recognition of COVID-19 disease from X-ray images by hybrid model consisting of 2D curvelet transform, chaotic salp swarm algorithm and deep learning technique. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140, 110071. [doi: 10.1016/j.chaos.2020.110071](https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110071)
- Ankile, L.H., Heggland, M.F., Krage, K. (2020). Deep Convolutional Neural Networks: A survey of the foundations, selected improvements, and some current applications. [arXiv:2011.12960](https://arxiv.org/abs/2011.12960)
- Ardakani, A. A., Kanafi, A. R., Acharya, U. R., Khadem, N., & Mohammadi, A. (2020). Application of deep learning technique to manage COVID-19 in routine clinical practice using CT images: Results of 10 convolutional neural networks. *Computers in Biology and Medicine*, 121, 103795. [doi:10.1016/j.combiomed.2020.103795](https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.103795)
- Armiro. (n.d.). Armiro/COVID-CXNet. Retrieved from <https://github.com/armiro/COVID-CXNet>
- Arora, D., Garg, M., & Gupta, M. (2020). Diving deep in Deep Convolutional Neural Network. 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN). [doi:10.1109/icacccn51052.2020.9362907](https://doi.org/10.1109/icacccn51052.2020.9362907)
- Benmalek, E., Elmhamdi, J., & Jilbab, A. (2021). Comparing CT scan and chest X-ray imaging for COVID-19 diagnosis. *Biomedical Engineering Advances*, 1, 100003. [doi:10.1016/j.bea.2021.100003](https://doi.org/10.1016/j.bea.2021.100003)
- Bhardwaj, P., & Kaur, A. (2021). A novel and efficient deep learning approach for COVID -19 detection using X-ray imaging modality. *International Journal of Imaging Systems and Technology*. [doi:10.1002/ima.22627](https://doi.org/10.1002/ima.22627)
- BIMCV. (n.d.). Retrieved from <https://bimcv.cipf.es/bimcv-projects/bimcv-covid19/#1590858128006-9e640421-6711>
- Bouchareb, Y., Khaniabadi, P. M., Kindi, F. A., Dhuhli, H. A., Shiri, I., Zaidi, H., & Rahmim, A. (2021, July 21). Artificial intelligence-driven assessment of radiological images for COVID-19. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482521004595>
- Bozkurt, F. (2021). Derin Öğrenme Tekniklerini Kullanarak Akciğer X-Ray Görüntülerinden COVID-19 Tespiti. *European Journal of Science and Technology*, 149-156. [doi:10.31590/ejosat.898385](https://doi.org/10.31590/ejosat.898385)
- Chen, S., Dobriban, E., & Lee, J.H. (2019). Invariance reduces Variance: Understanding Data Augmentation in Deep Learning and Beyond. [ArXiv: abs/1907.10905](https://arxiv.org/abs/1907.10905)
- Chollet, F. (2017). Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). [doi:10.1109/cvpr.2017.195](https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.195)
- Eurorad.org. (n.d.). Retrieved from [https://www.eurorad.org/advanced-search?filter\[0\]=section:40](https://www.eurorad.org/advanced-search?filter[0]=section:40)
- Feki, I., Ammar, S., Kessentini, Y., & Muhammad, K. (2021). Federated learning for COVID-19 screening from Chest X-ray images. *Applied Soft Computing*, 106, 107330. [doi:10.1016/j.asoc.2021.107330](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107330)

- Ganaie, m. A., Hu, M., Tanveer, M., Suganthan, P. N., (2021). Ensemble deep learning: A review. <https://arxiv.org/abs/2104.02395>
- Ghenea, G. L., & Neagoe, V. E. (2021, July). Concurrent Convolutional Neural Networks with Decision Fusion to Diagnose COVID-19 using Chest X-ray Imagery. In 2021 13th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) (pp. 1-4). IEEE. [doi: 10.1109/ECAI52376.2021.9515174](https://doi.org/10.1109/ECAI52376.2021.9515174)
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2017). Deep learning. Cambridge, MA: The MIT Pr
- Gulcu, A., & Kus, Z. (2020). Hyper-Parameter Selection in Convolutional Neural Networks Using Microcanonical Optimization Algorithm. IEEE Access, 8, 52528-52540. [doi:10.1109/access.2020.2981141](https://doi.org/10.1109/access.2020.2981141)
- Haghanifar, A., Majdabadi, M. M., & Ko, S. (2021, May 20). COVID-19 Chest X-Ray Image Repository. Retrieved from https://figshare.com/articles/dataset/COVID-19_Chest_X-Ray_Image_Repository/12580328
- Hassantabar, S., Ahmadi, M., & Sharifi, A. (2020). Diagnosis and detection of infected tissue of COVID-19 patients based on lung x-ray image using convolutional neural network approaches. Chaos, Solitons & Fractals, 140, 110170. [doi:10.1016/j.chaos.2020.110170](https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110170)
- Hemdan, E. E., Shouman, A. M., Karar, M. E. (2020). COVIDX-Net: A Framework of Deep Learning Classifiers to Diagnose COVID-19 in X-Ray Images. [arXiv:2003.11055](https://arxiv.org/abs/2003.11055)
- Horry, M. J., Chakraborty, S., Paul, M., Ulhaq, A., Pradhan, B., Saha, M., & Shukla, N. (2020). COVID-19 Detection Through Transfer Learning Using Multimodal Imaging Data. IEEE Access, 8, 149808-149824. [doi:10.1109/access.2020.3016780](https://doi.org/10.1109/access.2020.3016780)
- Huang, G., Liu, Z., Maaten, L. V., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely Connected Convolutional Networks. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). [doi:10.1109/cvpr.2017.243](https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.243)
- Huang, P., Liu, T., Huang, L., Liu, H., Lei, M., Xu, W., . . . Liu, B. (2020). Use of Chest CT in Combination with Negative RT-PCR Assay for the 2019 Novel Coronavirus but High Clinical Suspicion. Radiology, 295(1), 22-23. [doi:10.1148/radiol.2020200330](https://doi.org/10.1148/radiol.2020200330)
- Ieee8023. (n.d.). Ieee8023/covid-chestxray-dataset. Retrieved from <https://github.com/ieee8023/covid-chestxray-dataset>
- Karthik, R., Menaka, R., & M, H. (2021). Learning distinctive filters for COVID-19 detection from chest X-ray using shuffled residual CNN. Applied soft computing, 99, 106744. [doi: 10.1016/j.asoc.2020.106744](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106744)
- Konig, J., Jenkins, M. D., Barrie, P., Mannion, M., & Morison, G. (2019). A Convolutional Neural Network for Pavement Surface Crack Segmentation Using Residual Connections and Attention Gating. 2019 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). [doi:10.1109/icip.2019.8803060](https://doi.org/10.1109/icip.2019.8803060)
- MI-Workgroup. (n.d.). MI-workgroup/covid-19-image-repository. Retrieved from <https://github.com/ml-workgroup/covid-19-image-repository/tree/master/png>
- Monshi, M. M. A., Poon, J., Chung, V., & Monshi, F. M. (2021). CovidXrayNet: Optimizing data augmentation and CNN hyperparameters for improved COVID-19 detection from CXR. Computers in Biology and Medicine, 133, 104375. [doi: 10.1016/j.compbiomed.2021.104375](https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104375)
- Mooney, P. (2018, March 24). Chest X-Ray Images (Pneumonia). Retrieved from <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia>
- Narin, A., Kaya, C., & Pamuk, Z. (2021). Automatic detection of coronavirus disease (COVID-19) using X-ray images and deep convolutional neural networks. Pattern Analysis and Applications. [doi:10.1007/s10044-021-00984-y](https://doi.org/10.1007/s10044-021-00984-y)
- Oh, Y., Park, S., & Ye, J. C. (2020). Deep Learning COVID-19 Features on CXR Using Limited Training Data Sets. IEEE Transactions on Medical Imaging, 39(8), 2688-2700. [doi:10.1109/tmi.2020.2993291](https://doi.org/10.1109/tmi.2020.2993291)
- Ouchicha, C., Ammor, O., & Meknassi, M. (2020). CVDNet: A novel deep learning architecture for detection of coronavirus (Covid-19) from chest x-ray images. Chaos, Solitons & Fractals, 140, 110245. [doi:10.1016/j.chaos.2020.110245](https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110245)
- Ozturk, T., Talu, M., Yildirim, E. A., Baloglu, U. B., Yildirim, O., & Acharya, U. R. (2020). Automated detection of COVID-19 cases using deep neural networks with X-ray images. Computers in Biology and Medicine, 121, 103792. [doi:10.1016/j.compbiomed.2020.103792](https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.103792)
- Qu, J., Cao, B., & Chen, R. (2021). Respiratory virus and COVID-19. Covid-19, 1-6. [doi:10.1016/b978-0-12-](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-)

[824003-8.00001-2](#)

- Rahimzadeh, M., & Attar, A. (2020). A modified deep convolutional neural network for detecting COVID-19 and pneumonia from chest X-ray images based on the concatenation of Xception and ResNet50V2. *Informatics in Medicine Unlocked*, 19, 100360. [doi:10.1016/j.imu.2020.100360](#)
- Rahman, T. (2021, March 06). COVID-19 Radiography Database. Retrieved from <https://www.kaggle.com/tawsifurrahman/covid19-radiography-databas>
- Redazione. (2021, May 20). COVID-19 DATABASE. Retrieved from <https://www.sirm.org/category/senza-categoria/covid-19/>
- Rismiyati, Endah, S. N., Khadijah, & Shiddiq, I. N. (2020). Xception Architecture Transfer Learning for Garbage Classification. 2020 4th International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS). [doi:10.1109/icicos51170.2020.9299017](#)
- RSNA Pneumonia Detection Challenge. (n.d.). Retrieved from <https://www.kaggle.com/c/rsna-pneumonia-detection-challenge/data>
- Rubin, G. D., Ryerson, C. J., Haramati, L. B., Sverzellati, N., Kanne, J. P., Raoof, S., . . . Leung, A. N. (2020). The Role of Chest Imaging in Patient Management during the COVID-19 Pandemic: A Multinational Consensus Statement from the Fleischner Society. *Radiology*, 296(1), 172-180. [doi:10.1148/radiol.2020201365](#)
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L. (2018). MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. [doi:10.1109/cvpr.2018.0047](#)
- Saha, O., Tasnim, J., Raihan, M. T., Mahmud, T., Ahmmed, I., & Fattah, S. A. (2020). A multi-model BASED Ensembling approach to Detect COVID-19 from chest x-ray images. 2020 IEEE REGION 10 CONFERENCE (TENCON). [doi: 10.1109/tencon50793.2020.9293802](#)
- Szegedy, C., Ioffe, S., Vanhoucke, V., & Alemi, A. (2017). Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 31(1). Retrieved from <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/11231>
- Tan, C., Sun, F., Kong, T., Zhang, W., Yang, C., & Liu, C. (2018). A Survey on Deep Transfer Learning. *ICANN*. [Arxiv: abs/1808.01974](#)
- Tang, S., Wang, C., Nie, J., Kumar, N., Zhang, Y., Xiong, Z., & Barnawi, A. (2021). EDL-COVID: Ensemble Deep Learning for COVID-19 Case Detection From Chest X-Ray Images. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17, 6539-6549. [doi: 10.1109/TII.2021.3057683](#)
- Wang, D., Hu, B., Hu, C., Zhu, F., Liu, X., Zhang, J., . . . Peng, Z. (2020). Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *Jama*, 323(11), 1061. [doi:10.1001/jama.2020.1585](#)
- Wang, L., Lin, Z. Q., & Wong, A. (2020). COVID-Net: A tailored deep convolutional neural network design for detection of COVID-19 cases from chest X-ray images. *Scientific Reports*, 10(1). [doi:10.1038/s41598-020-76550-z](#)
- Wang, S., & Zhang, Y. (2020). DenseNet-201-Based Deep Neural Network with Composite Learning Factor and Precomputation for Multiple Sclerosis Classification. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 16(2s), 1-19. [doi:10.1145/3341095](#)
- Wang, Z., Xiao, Y., Li, Y., Zhang, J., Lu, F., Hou, M., & Liu, X. (2021). Automatically discriminating and localizing COVID-19 from community-acquired pneumonia on chest X-rays. *Pattern Recognition*, 110, 107613. [doi:10.1016/j.patcog.2020.107613](#)
- WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. (n.d.). Retrieved from <https://covid19.who.int/>
- Wu, X., Liu, R., Yang, H., & Chen, Z. (2020). An Xception Based Convolutional Neural Network for Scene Image Classification with Transfer Learning. 2020 2nd International Conference on Information Technology and Computer Application (ITCA). [doi:10.1109/itca52113.2020.00063](#)
- Yang, Y., Lv, H., Chen, N., Wu, Y., Zheng, J., & Zheng, Z. (2021). Local minima found in the subparameter space can be effective for ensembles of deep convolutional neural networks. *Pattern Recognition*, 109, 107582. [doi:10.1016/j.patcog.2020.107582](#)
- Zhuang, F., Qi, Z., Duan, K., Xi, D., Zhu, Y., Zhu, H., Xiong, H., & He, Q. (2021). A Comprehensive Survey on Transfer Learning. *Proceedings of the IEEE*, 109, 43-76. [Arxiv: abs/1911.02685](#)



Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) Tohumlarının Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

Zeynep Dumanoğlu^{1*}, Erdal Çaçan², Kağan Kökten³

¹Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

²Bingöl Üniversitesi Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Türkiye

³Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 05.04.2021

Kabul: 17.08.2021

Yayın: 15.12.2021

Araştırma Makalesi

Öz – Bu çalışma, 10 adet Macar fiği çeşidine ait tohumların bazı fiziksel ve fizyolojik özelliklerin incelenmesi amacıyla 2020 yılında Bingöl Üniversitesi ve Ege Üniversitesi Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Macar fiği tohumlarına ait uzunluk (mm), genişlik (mm), yüzey alanı (mm²), aritmetik çap (mm), geometrik çap (mm), küresellik ve bin tane ağırlığı gibi fiziksel özellikler ile çimlenme yüzdesi, çimlenme zamanı, sürgün uzunluğu (cm) ve kök uzunluğu (cm) gibi bazı fizyolojik özellikler incelenmiştir. Macar fiği çeşitlerine ait tohumların ortalama olarak uzunlukları 4.034 mm, genişlikleri 3.780 mm, yüzey alanları 12.459 mm², aritmetik çapları 3.907 mm, geometrik çapları 21.427 mm ve küresellik değeri ise 5.158 olarak tespit edilmiş ve incelenen bu özellikler, çeşitler arasında istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Tohumların bin dane ağırlığı ortalama 37.065 g olarak belirlenmiştir. Çeşitler arasında Anadolu Pembesi 2002 ve Oğuz 2002 çeşitleri çimlenemedikleri için çimlenme yüzdesi, çimlenme zamanı, sürgün ve kök uzunlukları hesaplanamamıştır. Geriye kalan çeşitlerin çimlenme oranları %88-99, çimlenme zamanları 1,448-1,631 gün, sürgün uzunlukları 5.613-10.227 cm ve kök uzunlukları ise 4.191-6.661 cm arasında tespit edilmiştir. Sonuç olarak, incelenen fiziksel özellikler açısından Anadolu Pembesi-2002 ve Oğuz 2002 çeşitlerinin, incelenen fizyolojik özelliklerden çimlenme oranı açısından Kansur ve Tarm Beyazı 98, çimlenme süresi açısından Sarıefe, sürgün uzunluğu açısından Akçalar ve Kansur, kök uzunluğu açısından ise Akçalar çeşidinin üstün özellikler gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Macar fiği, tohum boyutları, tohum özellikleri, *Vicia pannonica* Crantz, yem bitkisi

A Research on The Determination of Physical and Physiological Properties of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz) Seeds

¹Department of Agriculture Engineering, Faculty of Biosystem Engineering, Bingol University, Bingol, Turkey

²Department of Crop and Animal Production, Vocational School of Food, Agriculture and Livestock, Bingol University, Bingol, Turkey

³Department of Agriculture Engineering, Faculty of Field Crops, Bingol University, Bingol, Turkey

Article History

Received: 05.04.2021

Accepted: 17.08.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – This study was carried out in order to examine some physical and physiological characteristics of seeds belonging to 10 Hungarian vetch varieties in Bingöl University and Ege University Laboratories in 2020. Physical properties of Hungarian vetch seeds such as length (mm), width (mm), surface area (mm²), arithmetic diameter (mm), geometric diameter (mm), sphericity and thousand grain weight and some physiological characteristics such as germination percentage, germination time, shoot length (cm) and root length (cm) were investigated. The average length of the seeds of the Hungarian vetch varieties was 4.034 mm, their width was 3.780 mm, their surface area was 12.459 mm², their arithmetic diameter was 3.907 mm, their geometric diameter was 21.427 mm, and the sphericity value was determined as 5.158, and these characteristics were statistically different between the varieties. Thousand grain weight of the seeds were determined to 37.065 g on average. Since Anadolu Pembesi 2002 and Oğuz 2002 varieties could not germinate, germination percentage, germination time, shoot and root length could not be calculated. The germination rates of the remaining varieties were found to be 88-99%, germination time 1,448-1,631 days, shoot lengths 5.613-10.227 cm and root lengths between 4.191-6.661 cm. In conclusion, it was determined that Anadolu Pembesi-2002 and Oğuz-2002 varieties showed superior properties in terms of the examined physical properties. It was determined that Kansur and Tarm Beyazı 98 in terms of germination rate, Sarıefe in terms of germination time, Akçalar and Kansur in terms of shoot length, and Akçalar variety in terms of root length.

Keywords – Forage crops, hungarian vetch, seed characteristics, seed size, *vicia pannonica* crantz

¹ zdumanoglu@bingol.edu.tr

² ecacan@bingol.edu.tr

³ kkokten@bingol.edu.tr

1.Giriş

İklim değişimleri ve küresel ısınma ile birlikte sürdürülebilir tarım ilkesine bağlı kalarak insanların beslenme ihtiyacını karşılamaya yönelik pek çok araştırma yapılmaktadır. Diğer yandan, tarım yapılan arazilerin giderek küçülmesi bitkisel üretim kadar hayvansal üretiminde sıkıntıya sokmaktadır. Özellikle hayvansal üretimin en önemli basamaklarından birisi olan hayvanların beslenme ihtiyaçlarını çayır ve meralardan karşılanması gün geçtikçe zorlaşmaktadır. [TÜİK \(2019\)](#) verilerine göre toplam arazi miktarının 14.6 ha kısmını çayır ve mera arazileri oluşturmaktadır. Buralardan giderilemeyen beslenme ihtiyacı yem bitkilerinin üretimi ile karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla kullanılabilir yem bitkileri cinslerinden birisi de Fabaceae ailesinin bir üyesi olan fiğlerdir. Fabaceae familyası ülkemizde 69 cins 1145 takson ile ikinci en geniş familya konumundadır. Fiğ (*Vicia*) ise, bu aile içerisinde 89 takson ile üçüncü büyük cins olarak yer almaktadır ([Kozan vd., 2013](#)). Fiğ (*Vicia* spp.) yeşil-kuru ot, tane olarak üretimi, yeşil gübreleme materyali ile hayvanların otlatılması amacıyla değerlendirilen bir yem bitkisi materyalidir ([Avcı vd., 2002](#); [Rubiales vd., 2013](#)). Türkiye’de 2017 yılında fiğ ekilen alan miktarı 4 456 256 da iken 2018 yılında ekilen alanlarda daralma yaşanmasına karşın 2019 yılı itibarıyla yeniden bir yükseliş ([Tablo 1](#)) gösterdiği görülmektedir. Bu durum yeşil ot olarak üretilen fiğ miktarına da doğrudan yansımış; üreticilerin hayvansal üretim için yem bitkilerine vermiş oldukları önemin de göstermektedir ([Tenikecier vd., 2020](#)).

Tablo 1

Ülkemizde fiğ ekilen alan ve üretim miktarları ([TÜİK, 2021](#))

Yıllar	Ekilen Alan (da)	Fiğ Üretimi (Yeşil ot) (t)
2015	4 365 182	4 281 259
2016	4 428 378	4 542 042
2017	4 456 256	4 597 600
2018	3 869 465	4 273 945
2019	3 914 980	4 303 868

Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) ise, adını da aldığı Macaristan başta olmak üzere Orta Avrupa, Tuna ülkeleri ve Doğu Akdeniz Bölgesinde 20. yy başlarından itibaren kültürü yapılan sonrasında İspanya’dan Kafkaslara kadar geniş bir coğrafya da yetiştirilen bir yem bitkisidir ([Gençkan, 1983](#); [Leht ve Jaaska, 2002](#)). Macar fiği, kuraklığa ve kış şartlarına dayanımı, yüksek rakımlı bölgelerde yetişebilme özelliği ile öne çıkmaktadır ([Geçit vd., 2018](#); [Aksoy ve Nursoy, 2010](#); [Turan, 2019](#)). Bunların yanında özellikle hayvansal üretim için önemli olan parametreler ile de ön plana çıkmaktadır. Ayrıca tahıllar ile karışık ekim ve yetiştirme olanağına sahip olması sebebiyle hayvanların beslenme kalitesini de arttırdığı yapılan araştırmalar ile belirlenmiştir ([Altınok ve Hakyemez, 2002](#); [Büyükburç ve Karadağ, 2002](#); [Turan, 2019](#)).

Tüm bitkilerde olduğu gibi Macar fiğine ait genotiplere ait tohumlarda iklim, coğrafya ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir ([Dumanoğlu vd., 2021](#)). Bitkisel üretimin temini oluşturan tohumların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi ve bu değerler göz önüne alınarak uygun alet, makine ve sistemlerinin seçilmesi, tarımsal mekanizasyondan faydalanılarak ne az ürün kaybıyla üretim basamaklarının geçilebilmesi mümkün olmaktadır ([Dumanoğlu vd., 2019](#)). Ayrıca, ıslah çalışmalarında genotip seçiminin yapılmasında, tohum özelliklerini iyileştirme yönelik yapılan çalışmalarda ve ürün işleme basamaklarında da tohum özelliklerinden faydalanılmaktadır.

Bu çalışmada, üreticiler tarafından tercih edilen on adet Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) çeşidi tohumlarına ait karakteristik bazı fiziksel (şekil-boyut, yüzey alan, ortalama aritmetik ve geometrik çap, küresellik, bin tane ağırlığı) ve fizyolojik (çimlenme oranı, çimlenme zamanı, sürgün ve kök uzunlukları) özellikler belirlenmiştir. İncelenen bu özellikler tohumların kimlik verileri hakkında araştırmacılara bilgi

vermesi, değerlendirme şekillerinin belirlenebilmesi ve koşullara bağlı olarak bu özelliklerinin iyileştirmesi yolunda araştırmalara destek olması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Ege Üniversitesi ve Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültelerinde Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü ile Biyosistem Mühendisliği Bölümlerinde 2019-2020 yıllarında laboratuvar ortamında yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan çeşitler [Tablo 2'de](#) verilmiştir. Çalışmada 10 farklı Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) çeşidine ait tohumların bazı fiziksel ve fizyolojik özellikleri aşağıda belirtilen yöntemler izlenerek incelenmiştir.

Tablo 2

Araştırmada kullanılan Macar fiği çeşitleri

No	Macar fiği Çeşitleri
1	Aygün
2	Akçalar
3	Budak
4	Enes
5	Kansur
6	Sarı efe
7	Tarm Beyazı-98
8	Doğu Beyazı
9	Anadolu Pembesi 2002
10	Oğuz 2002

2.1. Macar Fiği Tohumlarına Ait Bazı Fiziksel Özellikler

Tohumların temel özelliklerinden biri olan şekil-boyut, uzunluk (mm), genişlik (mm) ve kalınlık (mm) değerleri hesaplanarak belirlenmektedir. Araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre tohumların geometrik özellikleri (Tane genişliği/Tane uzunluğu)(mm) (uzun(0.6mm)-orta(0.6-0.7mm)-kısa(>0.7mm)) ve şekil özellikleri (uzunluk, genişlik, kalınlık (mm)) (yuvarlak ($a \approx b \approx c$)-oval ($a/3 < b \approx c$)-uzun ($c < b < a/3$)) belirlenerek ayrı ayrı incelenmektedir ([Yağcıoğlu, 2015](#)). Bu çalışmada, on adet Macar fiği çeşidine ait tohumlar rastgele örneklenmiş ve içlerinden 100'er adet tohum seçilerek bunlara ait uzunluk (mm), genişlik (mm) ve yüzey alan (mm²) değerleri kendine ait yazılımı (Image Focus 4.0 v2.4) olan stereo mikroskop (Nexius Zoom marka) ile belirlenmiştir ([Dumanoğlu ve Geren, 2020](#)).

Macar fiği tohumlarının şekil-boyut özelliklerine dair değerler belirlendikten sonra bu veriler kullanılarak tohumlara ait ortalama aritmetik çap (mm) ($(D: (L + W)/2)$), ortalama geometrik çap (mm) ($(Do: (L * D^2)^{1/3})$) değerleri ve küresellik ($\Phi: Do/L$) değerleri belirlenebilmektedir (L: Tohuma ait uzunluk değeri (mm); W: Tohuma ait genişlik değeri (mm)) ([Mohsenin, 1970](#); [Alayunt, 2000](#); [Kara, 2012](#)).

Tohumların bin dane ağırlıkları (g) da ayrıca önem taşımaktadır. Çalışma içerisinde incelenen on farklı Macar fiği çeşidine ait tohumlar rastgele (üçer tekrarlı) olacak şekilde sayılmış Radwag AS 220.R2 analitik terazide (0.0001 g hassasiyetine) tartım işlemi yapılarak bin tane ağırlığı belirlenmiştir ([Dumanoğlu vd., 2020](#)).

2.2. Macar Fiği Tohumlarına Ait Bazı Fizyolojik Özellikler

Çalışmada, on adet Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) çeşidine ait tohumların çimlenme zamanı (gün) ve yüzdesi (%) ile sürgün-kök uzunlukları (cm) belirlenmiştir. Bunun için, her bir çeşitten rastgele alınan örnekler içerisinde seçilen tohumlar [ISTA](#) (2007) kurallarına göre 1 hafta ön soğutma işlemine (+4°C buzdolabında) tabii tutulmuştur. Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında yer alan MEMMERT marka inkübatör içerisinde kontrollü şartlar altına (20-25°C, %60 nem, karanlık ortam, 10 gün), dörder tekrarlı olacak şekilde petrilere ekim ve sayım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Günlük olarak sayım işlemleri tamamlandıktan sonra her bir çeşit için rastgele olacak şekilde 100'er adet bitki seçilmiş ve bunların her birisinin sürgün-kök uzunlukları (cm) ölçülmüştür. Ortalama çimlenme oranı (%): $\sum n/N \times 100$ (n: Çimlenen/çıkış yapan tohum sayısı; N: toplam tohum sayısı) ([Duman ve Gökçöl, 2017](#)); Ortalama çimlenme zamanı (gün): $\sum (g_x \times n_x) / \sum n_x$ (g_x: Çimlenme başlangıcındaki gün; n_x: Sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı; $\sum n_x$: Toplam çimlenen tohum sayısı) şeklinde hesaplanmıştır ([Akm ve Duman, 2018](#)).

2.3. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada, Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) tohumlarına ait bazı fiziksel ve fizyolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tohumlar tesadüf parselleri deneme desenine göre incelenmiştir. Elde edilen veriler SPSS V.22 programı ile önce One-Way ANOVA testi tohumların farklılığı p<0.05 düzeyinde belirlenmiş daha sonra da bu değerlere TUKEY testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Macar Fiği Tohumlarına Ait Bazı Fiziksel Özellikler

Bu çalışma içerisinde on farklı Macar fiğ (*Vicia pannonica* Crantz) çeşidine ait tohumlar incelenmiştir. Genel olarak tüm Macar fiği çeşitlerini birlikte değerlendirdiğimizde ortalama 4.034 mm uzunluk, 3.780 mm genişlik, 12.459 mm² yüzey alanı, 3.907 mm aritmetik çap, 21.427 mm geometrik çap ve 5.158 küresellik değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre Anadolu Pembesi 2002 ve Oğuz 2002 çeşitlerinin aynı grup içerisinde yer aldığı ve en yüksek ortalama uzunluk (sırasıyla 4.808 mm ve 4.804 mm), genişlik (4.348 mm ve 4.413 mm), yüzey alan (17.007 mm² ve 17.193 mm²), aritmetik çap (4.578 mm ve 4.608 mm), geometrik çap (34.048 mm ve 34.503 mm) ve küresellik (7.013 ve 7.108) değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Budak çeşidi ise; ortalama uzunluk (3.560 mm), genişlik (3.351 mm), yüzey alanı (9.615 mm²), aritmetik çap (3.456 mm), geometrik çap (14.487 mm) ve küresellik (4.011 mm) değerleri açısından Macar fiği çeşitleri arasında en düşük değerlere sahip olduğu saptanmıştır. Elde edilen veriler, [Gençkan](#) (1983)'in Macar fiği ile ilgili olarak vermiş olduğu bilgilerle (tohumlar yaklaşık 4 mm çapında, 2-2.5 mm uzunluğunda; kürevi ya da yassı formlarda; koyu esmer, siyah renge sahiptir) paralellik göstermektedir. Tüm Macar fiği çeşitlerinin uzunluk, genişlik değerleri incelendiğinde, tohumların kısa ve oval forma sahip olduğu saptanmıştır. Anadolu Pembesi 2002 ve Oğuz 2002 çeşitlerinin istatistiki olarak diğer çeşitlere göre özelliklerinin belirgin olduğu; Budak çeşidinin ise genel olarak diğer çeşitlerden istatistiki farklı grupta değerlendirildiği belirlenmiştir. Macar fiğlerinin ortalama 37.065 g bin dane ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Anadolu Pembesi 2002 (54.225 g) ve Oğuz 2002 (48.700 g) çeşitlerinin en ağır, Budak (26.925 g) ve Kansur (29.175 g) çeşitlerinin de en hafif bin dane ağırlığına sahip olduğu saptanmıştır ([Tablo 3](#)). [Ülker ve Yüksel'in](#) (2021) Uşak şartlarında yapmış oldukları çalışmada bazı Macar fiği çeşitlerinde (Budak, Kansur, Oğuz 2002, Sarıefe, Tarm Beyazı-98) elde ettikleri bin tane oranlarının (sırasıyla 32.24 g, 31.82 g, 30.39 g, 35.53 g ve 32.36 g) bu çalışmada ölçülen değerler ile uyduğu belirlenmiştir. [Seydoşoğlu'nun](#) (2014) Diyarbakır ekolojik şartlarında bazı Macar fiğ genotipleri (Tarm Beyazı-98, Anadolu pembesi 2002, Budak, Oğuz 2002) ile yapmış olduğu çalışmada tohumların bin taneleri ile ilgili olarak elde etmiş olduğu değerler (sırasıyla 31g, 46.6g, 34.2g, 47.2g) ile bu çalışmada ölçülen değerlerin paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 3

Macar fiği çeşitlerinin bazı fiziksel özellikleri

Çeşit Adı	Tohum özellikleri						
	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Yüzey alan (mm ²)	Ort. Aritmetik Çap (mm)	Ort. Geometrik Çap (mm)	Küresellik	Bin Tane Ağırlığı (g)
Aygün	3.780 ^{de}	3.589 ^{cd}	11.015 ^{bcd}	3.684 ^{de}	17.297 ^{de}	4.543 ^{de}	31.675
Akçalar	3.889 ^{cd}	3.650 ^{cd}	11.545 ^b	3.769 ^{cd}	18.771 ^{de}	4.766 ^{cd}	35.500
Anadolu Pembesi 2002	4.808 ^a	4.348 ^a	17.007 ^a	4.578 ^a	34.048 ^a	7.013 ^a	54.225
Budak	3.560 ^f	3.351 ^e	9.615 ^d	3.456 ^f	14.487 ^f	4.011 ^f	26.950
Doğu Beyazı	3.899 ^{cd}	3.706 ^c	11.660 ^{bcd}	3.802 ^{cd}	19.029 ^d	4.840 ^{cd}	33.325
Enes	3.927 ^c	3.719 ^{bc}	11.782 ^{bc}	3.823 ^c	19.405 ^{cd}	4.896 ^c	38.200
Kansur	3.731 ^e	3.504 ^d	10.647 ^{cd}	3.618 ^e	16.573 ^{ef}	4.389 ^e	29.175
Oğuz 2002	4.804 ^a	4.413 ^a	17.193 ^a	4.608 ^a	34.503 ^a	7.108 ^a	48.700
Sarife	3.878 ^{cd}	3.669 ^c	11.511 ^{bcd}	3.774 ^{cd}	18.695 ^{de}	4.772 ^{cd}	35.675
Tarm Beyazı-98	4.068 ^b	3.847 ^b	12.613 ^{bc}	3.957 ^b	21.464 ^b	5.241 ^b	37.225
En az	3.560	3.351	9.615	3.456	14.487	4.011	26.950
En çok	4.808	4.413	17.193	4.608	34.503	7.108	54.225
Ortalama	4.068	3.847	12.613	3.957	21.464	5.241	37.225
Stdv.	0.428	0.344	2.569	0.385	7.019	1.055	8.453
Varyasyon Katsayısı	0.262	0.201	27.157	0.214	4.373	1.546	15.665

3.2. Macar Fiği Tohumlarına Ait Bazı Fizyolojik Özellikler

Macar fiğlerinin (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme oranlarını incelediğimizde, bu çeşitler içinde Kansur ve Tarm Beyazı-98 çeşitlerinin %99 oranında çimlendiği en düşük çimlenme oranı ise %88 oranında Enes ve %89 oranı ile Akçalar çeşitlerinde elde edildiği belirlenmiştir. Anadolu Pembesi 2002 ve Oğuz 2002 çeşitlerinde hiç çıkış kayıt edilmemiştir. Ayrıca, çimlenme zamanı bakımından tohumlar birbirine yakın zamanlar içerisinde çimlenirken, en hızlı çimlenen Sarife çeşidi olurken, en yavaş çimlenen ise Enes çeşidi olmuştur (Tablo 4). Bağcı ve Mutlu (2014) yapmış oldukları çalışmada, Anadolu pembesi 2002, Oğuz 2002, Tarm Beyazı-98 Macar fiği çeşitlerini incelemişler ve elde etikleri sonuçlara göre tohumların çimlenme oranlarını sırasıyla %93.33, %83.33 ve %95 olarak belirlemişlerdir. Avcı (2019), yapmış olduğu çalışmada incelediği altı farklı Macar fiğinden dördü bu çalışma içerisinde incelenen Budak, Kansur, Tarm Beyazı-98 ve Anadolu Pembesi 2002'dir. Bu tohumlara ait çimlenme oranları ve süreleri sırasıyla %95 ile 1.97 gün, %98.50 ile 1.99 gün, %98.50 ile 1.91 gün ve %99.50 ile 2.79 gün şeklinde olmuştur.

Tablo 4

Macar fiği çeşitlerinin çimlenme oranı ve zamanı

Çeşit adı	Çimlenme Oran (%)	Çimlenme zamanı (gün)
Aygün	95	1.457
Akçalar	89	1.523
Budak	91	1.480
Enes	88	1.631
Kansur	99	1.487
Sarı efe	93	1.448
Tarm Beyazı-98	99	1.483
Doğu Beyazı	91	1.587
Anadolu pembesi 2002	0	0
Oğuz 2002	0	0

Macar fiği çeşitlerinin ortalama sürgün (cm) ve kök (cm) uzunlukları [Tablo 5’de](#) verilmiştir. Anadolu Pembesi 2002 ve Oğuz 2002 çeşitlerine ait tohumlarda çıkış olmadığı için ortalama sürgün ve kök uzunluklarına bu çeşitler dahil edilmemiştir. Bunların dışında kalan 8 çeşitten 100’er adet örnekleme yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonrasında, en yüksek sürgün Kansur çeşidinde (10.227), kök uzunluğu ise Akçalar çeşidinde (6.661 cm) ölçülmüştür. Tüm Macar fiğlerinin genel olarak ortalama sürgün uzunluğu 8.771 cm, kök uzunluğu ise 5.663 cm olarak ölçülmüştür ([Tablo 5](#)). Genel olarak birbirine yakın sürgün ve kök uzunlukları elde edilmiştir. [Avcı \(2019\)](#) çalışmasında incelediği Macar fiğlerine (Budak, Kansur, Tarm Beyazı-98 ve Anadolu Pembesi 2002) ait sürgün-kök uzunluklarını sırasıyla 5.85 cm ve 4.62 cm, 5.65 cm ve 4.15 cm, 6.85 cm ve 3.85 cm, 4.87 cm ve 4.05 cm olarak ölçmüştür.

Tablo 5

Macar fiği çeşitlerinin ortalama sürgün ve kök uzunlukları

Çeşit adı	Ortalama Sürgün uzunluğu (cm)	Ortalama Kök uzunluğu (cm)
Aygün	9.667	5.667
Akçalar	10.223	6.661
Budak	8.165	6.483
Enes	9.471	5.188
Kansur	10.227	6.307
Sarı efe	10.079	6.341
Tarm Beyazı-98	6.722	4.467
Doğu Beyazı	5.613	4.191
Anadolu Pembesi 2002	0	0
Oğuz 2002	0	0
Ortalama	8.771	5.663

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, on adet Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) çeşidine ait tohumların bazı fiziksel (ve fizyolojik özellikleri incelenmiştir. İncelenen fiziksel özelliklerden uzunluk, genişlik, yüzey alanı, aritmetik çap, geometrik çap ve küresellik açısından Anadolu Pembesi 2002 ve Oğuz 2002 çeşitlerinin ön plana çıktığı belirlenmiş; fizyolojik özelliklerden bakımından ise, çimlenme oranı açısından Kansur ve Tarm Beyazı 98, çimlenme süresi açısından Sarıefe, sürgün uzunluğu açısından Akçalar ve Kansur, kök uzunluğu açısından ise Akçalar çeşidinin üstün özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu veriler, başta ıslah ve tohum teknolojisi çalışmaları olmak üzere ekimden hasada kadar geçen bitkisel üretim aşamalarında tarımsal mekanizasyon yardımı ile yapılacak olan işlemlerde ürün kayıplarının en aza indirmesi ve uygun alet, makine sistemlerin belirlenmesi amacıyla değerlendirileceği öngörülmektedir.

Yazar Katkıları

Zeynep Dumanoğlu: Analiz ve makale yazmıştır.

Erdal Çaçan: Tohumların temini ve makale yazmıştır.

Kağan Kökten: Tohumların temini ve makale yazmıştır.

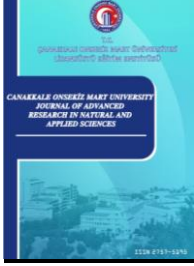
Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Alayunt, F.N. (2000). Biyolojik Malzeme Bilgisi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Ders Kitabı, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları* No: 541.
- Akın, N. ve Duman, İ. (2018). Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) Tohumlarının Çimlenme Özelliklerinin İyileştirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(3), 327–334. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/544201>
- Aksoy, İ. ve Nursoy, H. (2010). Vejetasyonun farklı dönemlerinde biçilen Macar fiği Buğday karışımının besin madde kompozisyonu, rumende yıkılım özellikleri, *in vitro* sindirilebilirlik ve rölatif yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakülte Dergisi*, 16(6), 925–931. Erişim adresi: https://vetdergikafkas.org/uploads/pdf/pdf_KVFD_811.pdf
- Avacı, M., Meyveci, K., Karakurt, E., Karaçam, M., Sürek, D., Özdemir, B. ve Yürürer A.Ş. (2002). Macar fiği (*Vicia pannonica* L. cv. Tarımbeyazı-98) ile tüylü fiğ (*Vicia villosa* L. cv. Munzur-98) çeşitlerinin tohumluk üretiminde değişik ekim sıklıklarının etkinliğinin araştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 12(1-2), 14–29.
- Avacı, S. (2019). Macar fiği çeşitlerinde tuzluluğun çimlenme ve fide büyümesi üzerine etkileri. 4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (TARGİD). Ed: A.Şekercioğlu, H.Eleroğlu ve M. Duman. p:555-564, Afyonkarahisar. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/Tohfa-Nasibova/publication/338955265_Full_Book_-_4th_International_Anatolian_Agriculture_Food_Environment_and_Biology_Congress_April_2019_Afyonkarahisar_Turkey/links/5e34842792851c7f7f11aab2/Full-Book-4th-International-Anatolian-Agriculture-Food-Environment-and-Biology-Congress-April-2019-Afyonkarahisar-Turkey.pdf#page=574
- Altınok, S. ve Hakyemez, H.B. (2002). Ankara koşullarında tüylü fiğ ve koca fiğin arpa ile karışımlarında farklı karışım oranlarının yem verimlerine etkileri. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 8, 5–50.
- Bağcı, M. ve Mutlu, H. (2014). Üç Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) Çeşidinde Farklı Dozlarda Gama Işını Uygulamasının M1 Generasyonunda Bazı Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 31–40. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/118560>
- Büyükburç, U. ve Karadağ, Y. (2002). The amount of NO₃-N transferred to soil by legumes, forage ve seed yield, and the forage quality of annual legume+triticale mixtures. *Turk Agric. For.*, 26, 281–288. Erişim adresi: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/issues/tar-02-26-5/tar-26-5-7-0201-1.pdf>
- Duman, İ. ve Gökçöl, A. (2017). Biber (*Capsicum annum* L.) ve Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Tohumlarının Fidelik Performanslarının İyileştirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(3), 333–340. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/416432>
- Dumanoğlu, Z., Çaçan, E. ve Kökten, K. (2021). Korunga (*Onobrychis viciifolia* Scop.) Genotiplerine Ait Tohumların Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(1), 18-24. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1319526>
- Dumanoğlu, Z., Dönmez, C. ve Çakır, M.F. (2020). General Characteristics of Seeds of Some Anise (*Pimpinella anisum* L.) Lines and Effects of Film Coating on These Seeds. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)*, 8(1), 46–53. Erişim adresi: <http://www.agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/2660/1483>

- Dumanoğlu, Z. ve Geren, H. (2020). An Investigation on Determination of Seed Characteristics of Some Gluten-Free Crops (*Amarantus mantegazzianus*, *Chenopodium quinoa* Willd., *Eragrostis tef* [Zucc] Trotter, *Salvia hispanica* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(8), 1650–1655. Erişim adresi: <http://www.agrifoodscience.org/index.php/TURJAF/article/view/3394/1722>
- Dumanoğlu, Z., Ozkan, S.S. ve Topcu, G.D. (2019). İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) çeşitlerine ait tohumların bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 292–298. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/881224>
- Geçit, H.H., Çiftçi, C.Y., Emeklier, H.Y., İkincikarakaya, S.Ü., Adak, M.S., Kolsarıcı, Ö., Ekiz, H., Altınok, S., Sancak, C., Sevimay C.S. ve Kendir H. (2018). Tarla Bitkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*. Yayın No: 1643, Ankara.
- Gençkan, S.M. (1983). Yem Bitkileri Tarımı. *Ege Üniversitesi Yayınları*. Yayın No: 467, İzmir.
- ISTA (2007). International Rules for Seed Testing, International Rules for Seed Testing Book.
- Kara, M. (2012). Biyolojik Ürünlerin Fiziksel Özellikleri, *Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları* No: 242.
- Kozan, E., Anul, S.A. ve Tatlı, I.I. (2013). In vitro anthelmintic effect of *Vicia pannonica* var. *purpurascens* on trichostrongylosis in sheep. *Experimentl Parasitology*, 134, 299–303. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2013.03.018>
- Leht, M. ve Jaaska, V. (2002). Cladistic and phenetic analysis of relationships in *Vicia* subgenus *Vicia* (Fabacea) by morphology and isozymes. *Plant System Evol*, 232, 237–260. <https://doi.org/10.1007/s006060200045>
- Mohsenin, N.N. (1970). Physical Properties of Plant and Animal Materials. *Gordon and Breach Science Publishers*.
- Rubiales, D., Sillero J.C. ve Emeran, A.A. (2013). Response of vetches (*Vicia* spp.) to speciallized forms *Uramuces vicia-fabae* and to *Uromyces pisi*. *Crop Production*, 46, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.12.011>
- Seydosoğlu, S. (2014). Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı Macar fiği genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 3(1), 49–54. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/199052>
- Tenikecier, H.S., Orak, A., Tekeli, A.S. ve Gültekin B. (2020). Bazı Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) genotiplerinde farklı biçim zamanlarının ot verimi ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 833–847. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1246490>
- Turan, N. (2019). Macar fiği ile arpa yaş otunun farklı oranlarda karıştırılarak elde edilen silajın kimyasal kompozisyonu ve kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 787–793. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/859525>
- [TÜİK \(2019\). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri.](#)
- [TÜİK \(2021\). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri.](#)
- Ülker, E., ve Yüksel, O. (2021). Uşak şartlarında bazı Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) çeşitlerinin verim ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 52–58. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1747254>
- Yağcıoğlu, A. (2015). Ürün İşleme, *Ege Üniversitesi Yayınları* Ziraat Fakültesi Yayın No: 517, Genişletilmiş 2. Baskı.



Late Cenozoic Stress State in Gulf of Güllük and Surroundings, SW Anatolia

Erdem Gündoğdu^{1*}, Alper Demirci², Süha Özden³

¹Department of Mining and Mineral Extraction, Çan Vocational School, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

²Department of Geophysical Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

³Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

Article History

Received: 28.04.2021

Accepted: 26.07.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – This study was performed with the aim of revealing the Late Cenozoic stress state of the Gulf of Güllük and close surroundings. In this study, the tectonic regime and stress states from the Pliocene to the present day were determined. Mesoscopic fault plane data were collected from outcrops at 19 different stations in the region between the Gulf of Güllük and Milas. Additionally, focal mechanism inverse solutions were calculated for 12 earthquakes larger than M:3.0 occurring from 2004 to 2015 to reveal the current tectonic regime. According to kinematic analysis results from fault assemblages and focal mechanism solutions for earthquakes, two tectonic regimes affected the region before the Pliocene and at present. In the first tectonic regime, strike-slip faulting developed under a NW-SE oriented compressional regime. There was an R ratio of 0.426 between the principal stress axes and this shows faulting had transtensional character. The region converted to a NE-SW oriented extensional regime dominated by normal faulting in the Quaternary. This currently effective extensional regime was understood from focal mechanism solutions of earthquakes developing in the region. The reason for this regime being effective is the rapid pull by the African plate on the Anatolian plate, which rides above the African plate, and horizontal extension in the Anatolian plate.

Keywords – Earthquake, focal mechanism, Gulf of Güllük, kinematic analysis, SW Anatolia

1. Introduction

Western Anatolia contains many active tectonic elements. The study area represents an area bounded by the main active tectonic elements of the Büyük Menderes Graben system to the north, the Gökova Fault Zone to the south, the Gulf of Güllük to the West and the Muğla Fault and Yatağan Fault to the west.

The kinematic and seismotectonic features of the Milas Fault, located in the study area, were investigated. The fault or faults with kinematic indicators were measured and reviewed and numerical analysis was performed. The presence of a two-stage tectonic regime was identified in the region. Additionally, extensional directions obtained from joint focal mechanism solution results for earthquakes and the extensional directions obtained as a result of kinetic studies were compared and the relationship with the effective extensional direction in W-SW Anatolia in the present day was investigated. The locations observed in field studies and obtained from kinematic data were discussed in light of faults represented on the active fault map and probable faults were evaluated in areas where the Milas Fault is not located. Recommendations were made about detecting the existence of these probable faults.

¹ erdem@comu.edu.tr

² alperdemirci@comu.edu.tr

³ ozden@comu.edu.tr

*Corresponding Author

Turkey is located at the intersection of three main lithospheric plates of the Eurasian, Arabian and African plates and is one of the world's most important seismic regions with more than 200 earthquakes with $M_w > 6.0$ occurring in the last century (Emre et al., 2018; Kadirioğlu et al., 2018). With the effect of deformation occurring as a result of continental collision between the African, Arabian and Eurasian plates, the 4 main neotectonic elements of the North Anatolian Fault, East Anatolian Fault, Dead Sea Fault Zone and Cyprus-Hellenic Arc developed. As a result of northward movement of the Arabian and African plates, the Anatolian block has moved toward the west from the Mio-Pliocene to the present data and this movement, beginning the neotectonic period, caused many active faults to develop in the Anatolian block. The right lateral North Anatolian Fault and left lateral East Anatolian Fault developed along the north and east boundaries of the Anatolian block (Şengör, 1980). As a result of the effect of stretching and active deformation in Western Anatolia today with N-S extension, E-W striking depression areas (Gediz, Simav, Bakırçay-Soma, Edremit, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Gökova) and elevated areas between these depressions (Kazdağları, Madra, Aydın, Menteşe, Bozdağları) can be observed (Kırkan et al., 2017).

In W-SW Anatolia, the Milas Fault, Yatağan Fault, Muğla Fault and Gökova Fault Zone are active faults located in the area between the Büyük Menderes Graben and Gulf of Gökova (Gulf of Güllük and surroundings) according to the Turkish Active Fault Map (Emre et al., 2018). Karabacak (2016), identified the Muğla Fault and Yatağan Fault as a single fault called the Muğla Fault.

The Muğla Fault has 25 km length, and is a normal fault with general strike from 105° - 140° ($N40^\circ$ - $75^\circ W$) and dip from 60° - 65° southwest (Emre et al., 2018). The Muğla Fault begins from Akçaova, passes north of Muğla provincial center to reach Gölcük (Emre, Duman, Özalp & Elmacı, 2011; Emre et al., 2018; Duman, Emre, Özalp & Elmacı, 2011). Muğla Fault had length of 30 km and proposed the maximum magnitude caused by earthquakes occurring on the Muğla Fault was $M_w = 6.71$ (Emre et al., 2018).

The Yatağan Fault is a normal fault with 17 km length, general strike 297 - 342 ($N18^\circ$ - $63^\circ W$) dipping 60° - 65° northwest. The Yatağan Fault begins south of Yatağan county and continues along Şahinler, Kağıbağ, Bozüyük, Gökpınar, Bahçeyaka, and Paşapınar (Emre et al., 2018; Duman et al., 2011). It was proposed that the maximum magnitude of an earthquake which may occur along the Muğla Fault was $M_w = 6.48$ (Emre et al., 2018).

The Milas Fault with total 39 km length, comprises two segments of the Karakuyu segment with 25 km length and the Beçin segment with 14 km length. The Karakuyu segment follows the line of Eğridere-Hisarcık-Karakuyu-Menteş and is a right lateral strike slip fault with general strike 292° - 309° ($N51^\circ$ - $68^\circ W$) dipping 87° - 90° . The Beçin segment follows the line from Beçin-Kalınağıl-Kayadere and is a right lateral strike slip fault with general strike from 295° - 307° ($N53^\circ$ - $65^\circ W$) and dip of 87° - 90° (Emre et al., 2018; Duman et al., 2011). All structural elements in the region are active faults with potential to produce earthquakes. In this study, the Late Cenozoic stress state for the Gulf of Güllük and close surroundings including active faults (Figure 1) was revealed using both kinematic analysis of fault assemblages and inverse solutions of earthquake focal mechanisms.

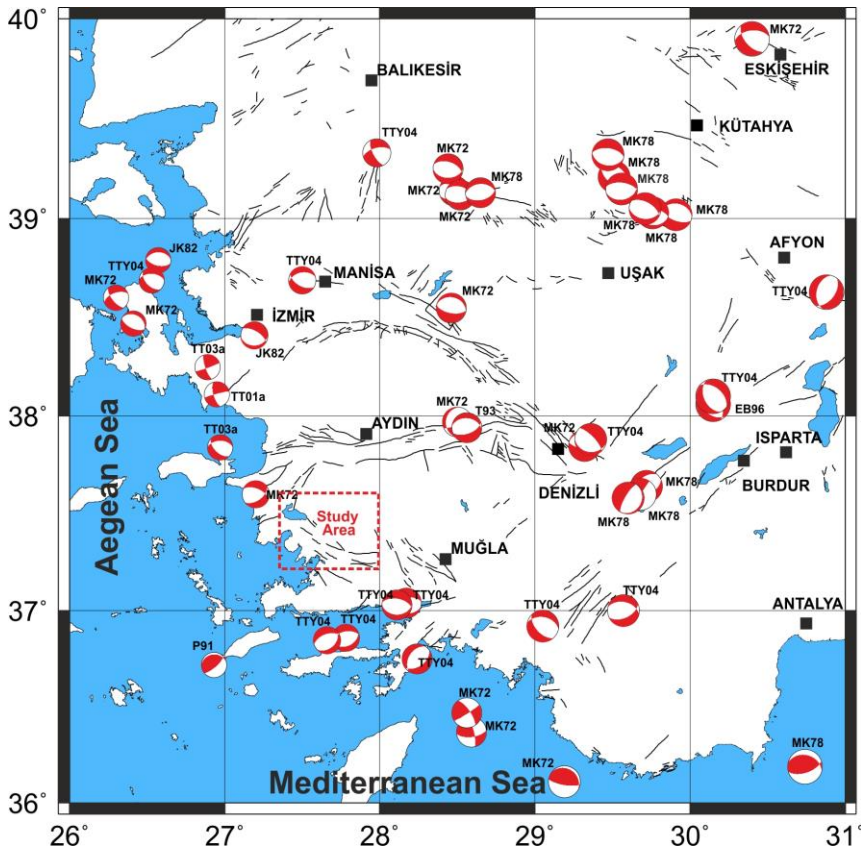


Figure 1. Seismotectonic map of the western Anatolian ([Tan, Tapırdamaz & Yörük, 2008](#) and references therein).

2. Materials and Methods

2.1. Method used for Kinematic Analysis of Fault Assemblages

First determined by [Carey \(1979\)](#) and then developed by [Carey-Gailhardis & Mercier \(1987\)](#), kinematic analysis is a numerical analysis method using markers located on fault planes determining the form of movement (lineations, dip direction, dip amount, slip amount) in areas where the type of geological unit and outcrop conditions are appropriate. Analyses performed with the aid of data obtained from these markers reveal the behavior and form of deformation in field studies. Generally, movement planes extend in three perpendicular planes along the three main directions ending in polar points, with the three main stress directions, axes of the stress ellipsoid formed by maximum compressive stress (σ_1), intermediate stress axis (σ_2) and smallest stress component (σ_3), changing linked to the discontinuity and heterogeneity of the material. For the movement direction on each fault in this situation, the principal stress σ_1 is the compressional region and σ_3 is the extensional region as revealed by [Angelier & Mechler \(1977\)](#).

For each measured slip line, the stress on the plane (σ_1) is determined as $\sigma_1 = \sigma_{ni} + \tau_i$. The angle between the predicted offset vector in the above hypothesis (τ_i) and the observed offset vector (S_i) approaches 0. The (τ_i) component is a function of four parameters. These are the three Euler angles given by the three main stress directions according to a geographic reference point and the R ratio between principal stresses ([Carey, 1979, Carey-Gailhardis and Mercier, 1987](#)). $R = (\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_3 - \sigma_1)$. Here, σ_1 , σ_2 , and σ_3 are the three main stress values for compression, intermediate and extension. The R value changes between ($\sigma_2 = \sigma_3$) and ($\sigma_1 = \sigma_2$) and has a value from 0 to 1. The R value provides information about the type and components of faulting. In the situation where the R value is 0, there is normal faulting which is a product of an extensional regime; when it is close to 1 there is reverse faulting which is a product of a compressional regime. If the R value is close to 0 ($0 < R < 0.15$) it represents the transition from strike slip faulting to normal faulting; if it is

close to 1 ($0.85 < R < 1$) it represents the transition from strike slip faulting to normal faulting. If the R value is $0.45 < R < 0.55$, strike slip faulting is present. Again if the R value is smaller than 0.45 ($0.15 < R < 0.45$), it represents a transtensional regime; when it is larger than 0.55 ($0.55 < R < 0.85$) it represents at transpressional regime (Özden, Över, Kavak, & İnal, 2008). The three-axis stress situation of a normal faulting regime may be determined according to the R ratio. Stations giving normal faulting solutions are expected to have R values ($0.15 < R < 0.85$). Contrarily, normal faulting may be considered to develop as two axes and radial (linked to gravity) (Carey, 1979; Carey-Gailhardis & Mercier 1987).

When differentiating tectonic deformation stages from each other, in addition to the directions of principal stress axes and ratio between principal stress axes, data from fault planes overlapping in the field, cross-cutting fault-offset data, geodynamic evolution of Western Anatolia and comparisons with similar studies about this topic were used.

2.2. Method used for Inverse Solution of Earthquake Focal Mechanisms

The focal mechanism solutions for 11 ($M > 3$) earthquakes used in the study were determined using the ZsacWin program (Yilmazer, 2003) based on Dreger's (2002) inverse solution code and HYPO71 (Lee & Lahr, 1972) location analysis. In the study with first movement polarity analysis was used for only 1 earthquake solution and a total of 12 earthquake source parameters were calculated. Full wave forms from several broad band stations recording regional and local distances were used in the method. The study chose three-component broad band station data with high signal/noise ratio and redetermined earthquake depths with the grid-search algorithm. Generally, solutions used 0.05-0.1 Hz interval band-pass filters. Final focal mechanism solutions were determined by noting the variance reduction parameters representing the compatibility between synthetic and observed wave forms.

In the regional moment tensor inverse solution technique, the moment tensor is a mathematical expression generalizing the conjugate force pairs at a point source which includes important information about the scalar-seismic moment, orientation and source mechanism. Generally, moment tensor parameters may be solved with data from a single three component station, but the inclusion of more stations in the analysis significantly improves the stability of results (Dreger & Helmberger, 1993). In the analysis, a point source approach was used in space and time environments as seismic source.

$$Un(x,t) = MijGni, j(x,z,t) \quad (1)$$

The equation shows U as the ground movement component, while G is the Green function representing crustal structure. Additionally, the source station distance is x, while the source depth is z, and M includes the scalar seismic moment components. The basis of the method is to explain low frequency portions of the waveforms recorded at seismic stations within regional distance by the linear least squares solution to Equation 1 at depth determined by the assumption that the crustal structure is adequately known.

With the aim of determining the quality of the inverse solution, a variance criterion checking the compatibility between observed and calculated data is used. The variance reduction (VR) ($\max=100$) is directly proportional to the solution quality.

$$VR = \left(1 - \sum \frac{\sqrt{(obs_i - cal_i)^2}}{\sqrt{obs_i^2}} \right) \times 100 \quad (2)$$

In conclusion, noting the VR parameter shown in Equation 2, the target is to iteratively reach the optimum solution and finally determine the fault plane parameters (strike, dip, rake) from this solution.

3. Results and Discussion

3.1. Kinematic Analysis Results

When the geological units in the study area are examined, units appear to be dominantly from before the Miocene. Pre-Miocene units are simplified on the geological map, these units are grouped among themselves and assessed as basement units. Units from the Miocene period are observed around Didim county and surroundings, south and southwest of Milas county and west of Bodrum county. Quaternary units are observed southwest of Lake Bafa and around Milas.

Kinematic analysis measurements from a total of 19 stations included 18 in pre-Miocene units and 1 from a Miocene unit (Figure 2 and Table 1). Kinematic data from 136 fault planes measured at a total of 21 stations identified the presence of 2 different tectonic regimes. These tectonic regimes are a NW/SE compressional regime (SS1) and a NE/SW extensional regime (SS2), from older to younger (Figure 3). When differentiating these tectonic regime types (deformation stages), many parameters were considered and the study worked backwards in time beginning with the final tectonic regime. Tectonic regimes were determined by considering the principal strain axes obtained from kinematic analysis results and the ratio of principal strain axes. This topic was compared with previous studies, similar and same-age fields in order to differentiate deformation stages, especially in west-central Anatolia and the Aegean Extension region and this was a large factor in creating this chronological narrative for geodynamic evolution in western Anatolia.

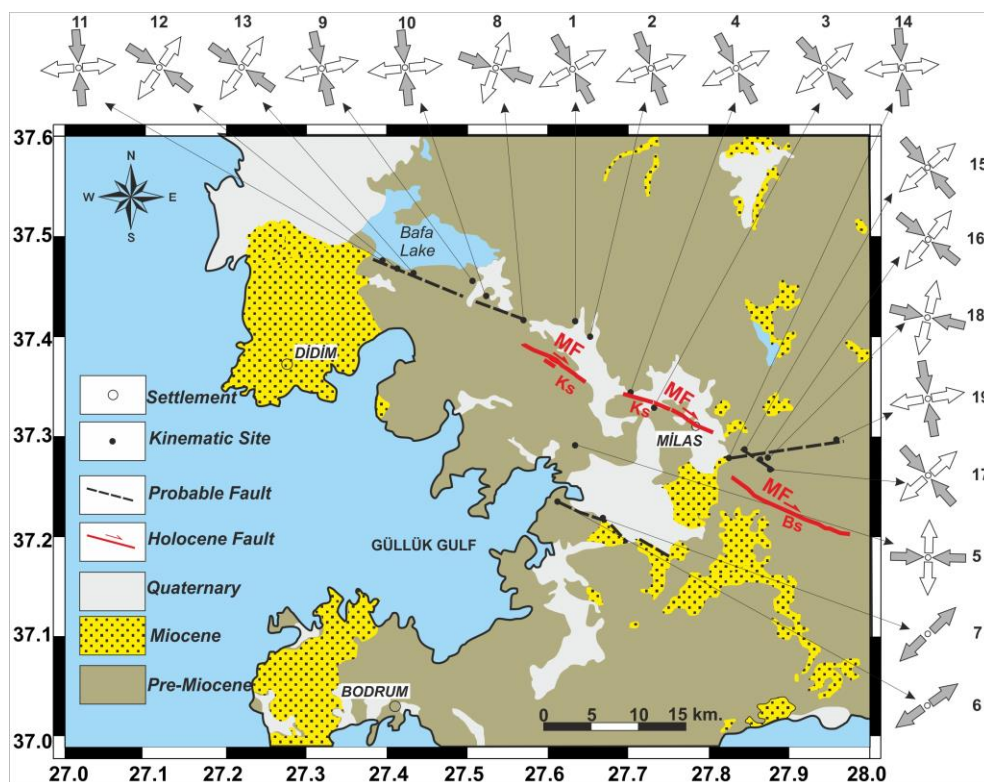


Figure 2. Geological and Active Fault map of the Gulf of Güllük and Surroundings (Emre et al., 2011; Duman et al, 2011).

Table 1.
Parameters of fault measurement sites.

Sites	UTM (Longitude)	UTM (Latitude)	Age	Litology
1	35S 0555717	4140683	Paleozoic	Phyllite
2	35S 0557646	4140086	Paleozoic	Phyllite
3	35S 0563799	4133534	Paleozoic	Phyllite
4	35S 0561867	4134588	Paleozoic	Phyllite
5	35S 0555737	4128791	U. Paleocene-Eocene	Metaclastics, Metacarbonates
6	35S 0553690	4121855	Mesozoic	Schist, Calcschist
7	35S 0559097	4120843	Miocene	Terrestrial Crumb
8	35S 0550451	4142062	Upper Paleozoic	Phyllite
9	35S 0545622	4145099	Upper Paleozoic	Phyllite
10	35S 0544327	4146177	Upper Paleozoic	Phyllite
11	35S 0534470	4148661	Mesozoic	Marble
12	35S 0536039	4148188	Mesozoic	Marble
13	35S 0537961	4147572	Mesozoic	Marble
14	35S 0572913	4126872	Mesozoic	Marble
15	35S 0574659	4127734	Mesozoic	Marble
16	35S 0576036	4127012	Mesozoic	Marble
17	35S 0576034	4127018	Mesozoic	Marble
18	35S 0578355	4128628	Upper Paleozoic	Schist
19	35S 0583925	4128831	Upper Paleozoic	Schist

3.1.1. NW/SE compressional regime (SS1)

This type of faulting is observed in nearly all locations in the study area encompassing the whole area from Lake Bafa to the Milas Fault. This regime is represented by 17 observation points (stations apart from 6 and 7) and was measured on a total of 121 fault planes. Here the main stress axis (σ_1) and minimum stress axis (σ_3) are horizontal while the intermediate stress axis is vertical (σ_2). Due to this, the tectonic regime type is strike slip faulting. When the measured data are assessed together, the maximum principal stress axis (σ_1) is $136^\circ/19^\circ$; while the minimum principal stress axis (σ_3) is $232^\circ/7^\circ$. The Rm ratio is 0.426 (Figure 3 and Table 2). These results show that compression in the region was (σ_1) N44°W. The R ratio was between 0.45 and 0.55 close to pure strike slip faulting.

3.1.2. NE/SW extensional regime (SS2)

This type of faulting is the youngest tectonic regime observed in the study area and is observed at stations 6 and 7. This regime is represented by measurements on a total of 15 fault planes at 2 observation points. Here the intermediate stress axis (σ_2) and minimum principal stress axis (σ_3) are horizontal, while the maximum principal stress axis (σ_1) is vertical. For this reason, the tectonic regime type is close to normal faulting. When the measured data are assessed together, the minimum principal stress axis is (σ_3) $230^\circ/8$. The Rm ratio is 0.416 (Figure 3 and Table 2). These results show that the extensional (opening) direction in the region was (σ_3) N50°E.

Mesoscopic fault planes belonging to tectonic deformations observed in the study area are shown in Figure 4 and Figure 5. In addition, the section of the road cut showing the last tectonic deformation phase is shown in Figure 6.

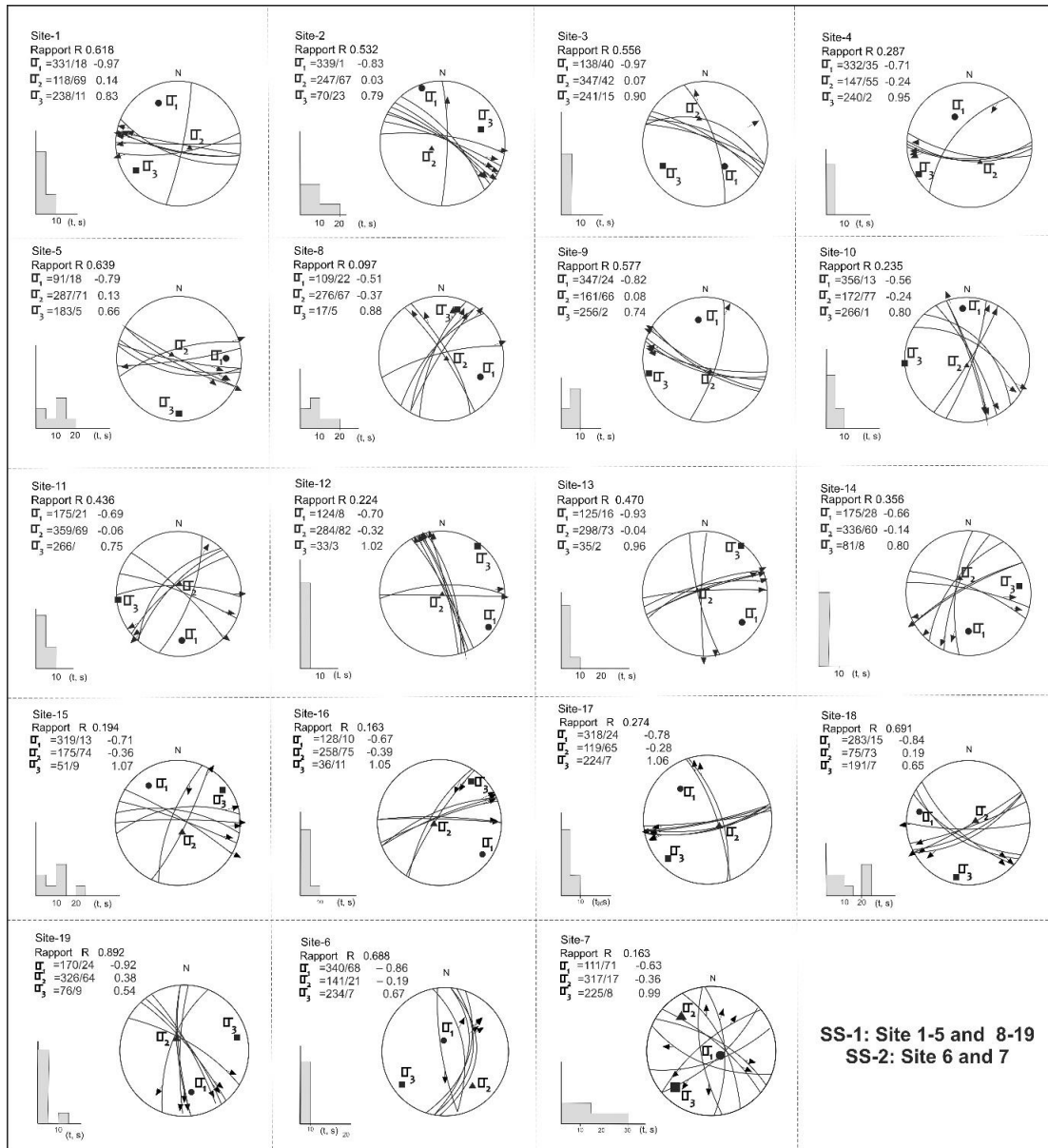


Figure 3. Results of kinematic analysis. Lower hemisphere stereoplots showing, SS1: NW-SE compressional regime (site 1-5 and 8-19), SS2: NE-SW extensional regime (site 6 and 7).

Table 2.

Results of stress tensor inversions for slip datas.

(a) Sites	$\sigma 1$ (Az / dip)	$\sigma 2$ (Az / dip)	$\sigma 3$ (Az / dip)	R	N
1	331/18	118/69	238/11	0.618	8
2	339/1	247/67	70/23	0.532	8
3	138/40	347/46	241/15	0.556	6
4	332/35	147/55	240/2	0.287	5
5	91/18	287/71	183/5	0.639	7
8	109/22	276/67	17/5	0.097	8
9	247/24	161/66	256/2	0.577	5
10	356/13	172/77	266/1	0.235	7
11	175/21	359/69	266/1	0.436	7
12	124/8	284/82	33/3	0.224	8
13	125/16	298/73	35/2	0.470	7
14	175/28	336/60	81/8	0.356	7
15	319/13	175/74	51/9	0.194	7
16	128/10	258/75	36/11	0.163	7
17	318/24	119/65	224/7	0.274	8
18	283/15	75/73	191/7	0.691	8
19	170/24	326/64	76/9	0.892	8
<i>SS.1</i>	$\sigma 1=136^{\circ}/19^{\circ}$ and $\sigma 3=232^{\circ}/7^{\circ}$ $Rm=0,426$				121
(b) Sites	$\sigma 1$ (Az / dip)	$\sigma 2$ (Az / dip)	$\sigma 3$ (Az / dip)	R	N
6	340/68	141/21	234/7	0.668	6
7	111/71	317/17	225/8	0.163	9
<i>SS.2</i>	$\sigma 2=319^{\circ}/19^{\circ}$ and $\sigma 3=230^{\circ}/8^{\circ}$ $Rm=0,416$				15
<i>SFM</i>	$\sigma 2=327^{\circ}/28^{\circ}$ and $\sigma 3=233^{\circ}/6^{\circ}$ $Rm=0,498$				12



Figure 4. Mesoscopic fault plane examples showing tectonic deformation in the study area

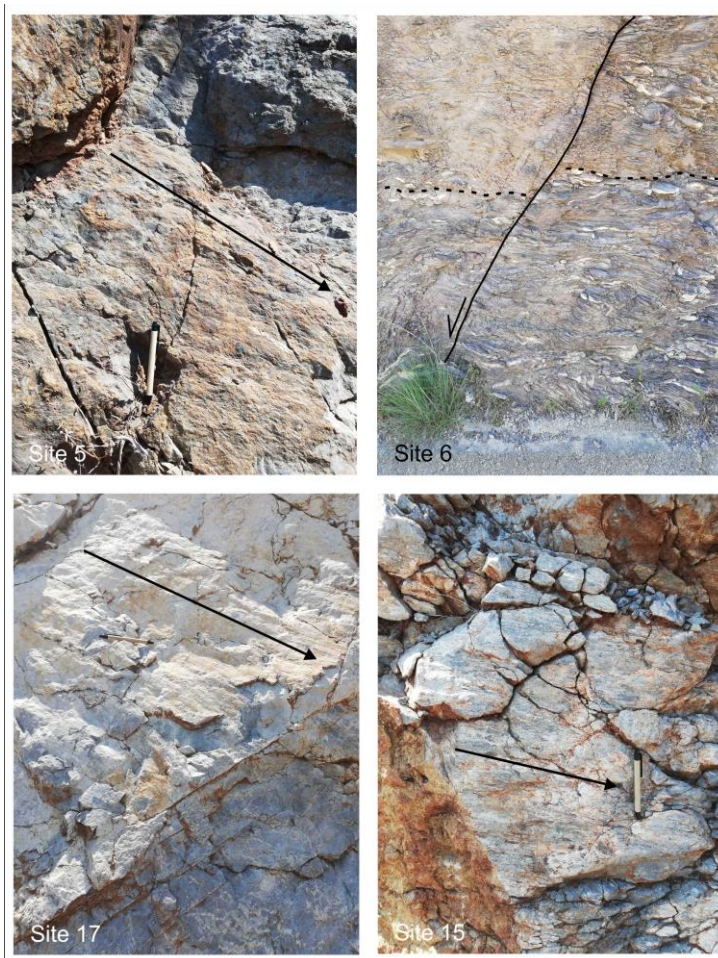


Figure 5. Mesoscopic fault plane examples showing tectonic deformation in the study area

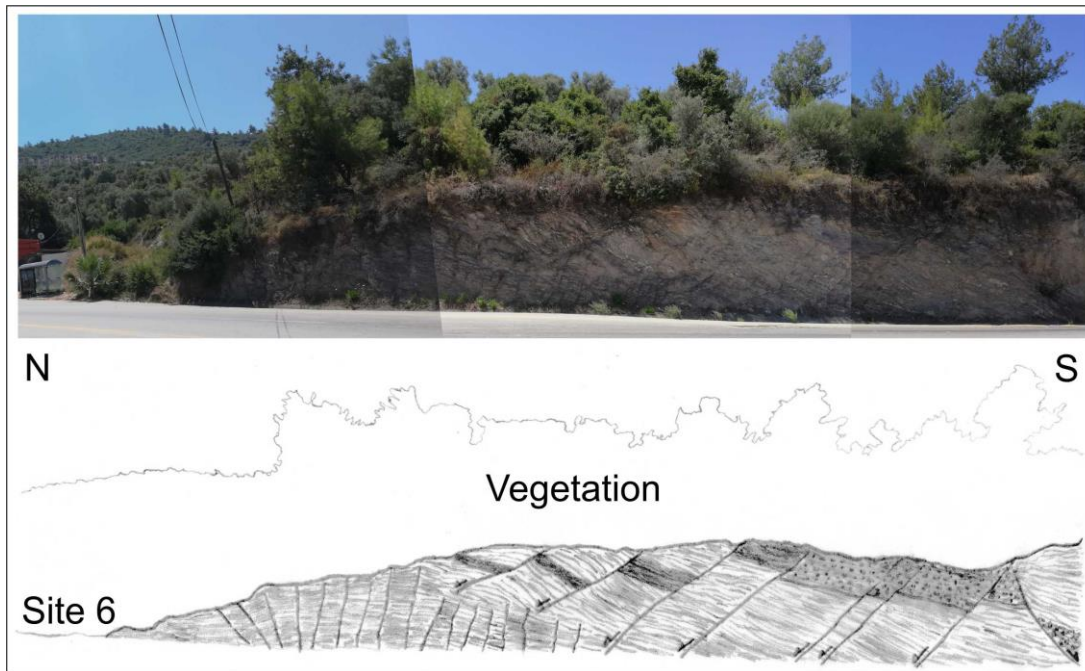


Figure 6. Roadcut section showing final tectonic deformation stage in the study area

3.2. Results for Earthquake Focal Mechanisms

Inverse solution processes completed using data from minimum 5 and maximum 11 stations in the study area and close surroundings showed variation in the VR value from 51 to 80, used as reliability parameter for the solutions. The first arrival polarity for earthquakes with the smallest magnitude among earthquakes used in the study and shown only by K was used for solutions (Table 3). Especially for solutions using many stations, the VR value interval can be said to be very adequate. The majority of earthquakes solved in the region in general indicate normal faults with oblique offset component or strike slip faults with small normal component (Figure 7). After solutions, it was considered that the nodal planes close to E-W orientation represent the true plane. These planes nearly all present different degrees of normal component in accordance with the extensional regime in the region. Among these earthquakes, 3 earthquakes named E, C and L displaying more dominant normal faulting compared to the others were observed to be located along the south boundary of the Sarıçay Plain southwest of the Milas Fault. The focal mechanism solutions for these three earthquakes are compatible with the NNE-SSW extensional regime in the region, indicating the presence of normal faults with NE-dipping oblique offset component. However, the focal mechanism solutions for earthquakes A, B, H and K observed with epicenter above or close to the Milas fault represent more right-lateral strike slip fault movements (Figure 7).

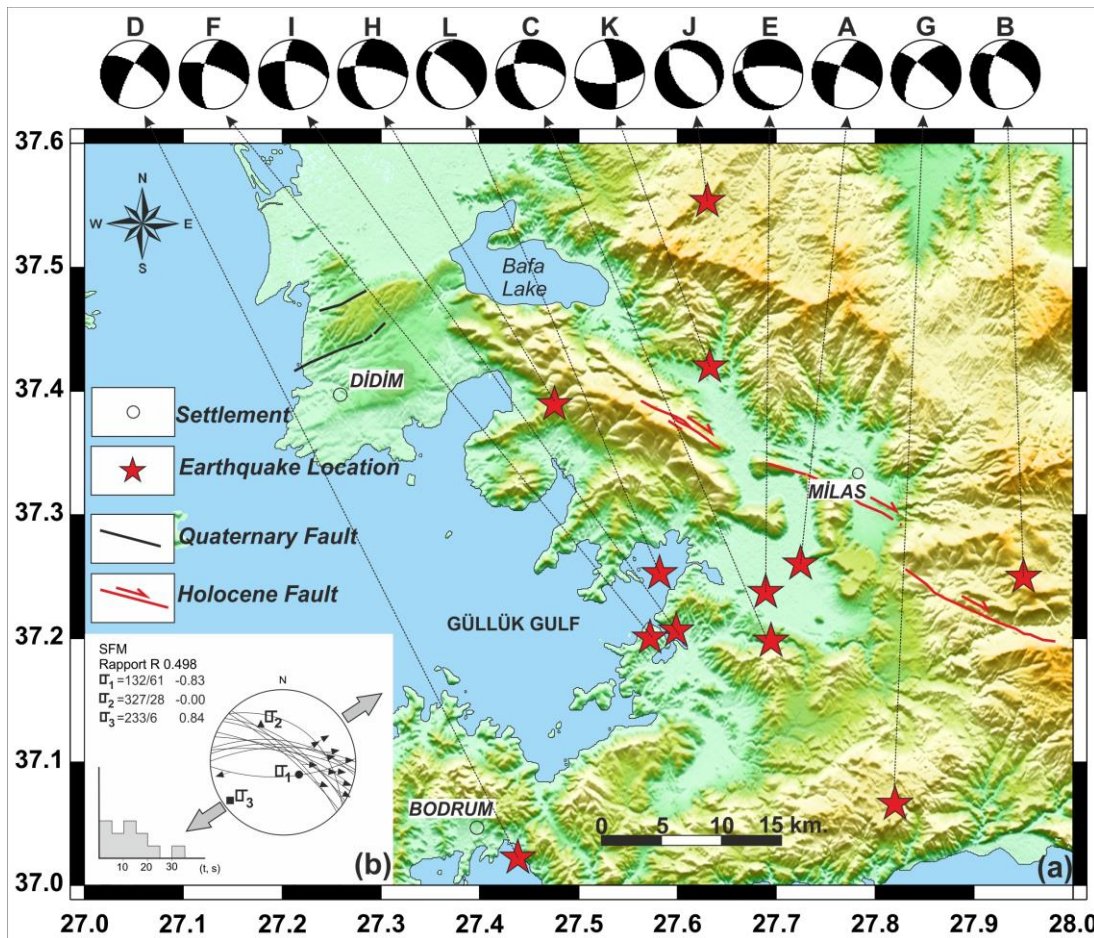


Figure 7. Moment tensor solutions for 12 earthquakes ($M > 3.0$) in Güllük Gulf and surroundings occurring on land and sea. b) SFM defines the results of the inversion.

Table 3.

Parameters of the focal mechanism results of the bigger than 3.0 magnitude earthquakes (FM: first motion).

Name	Date	Time (UTM)	Lat (Degree)	Long (Degree)	NP1 (Strike-Dip-Rake)	NP2 (Strike-Dip-Rake)	Mag.	Depth (km)	Variance Reduction
A	3.8.2004	05:33:38	27.72	37.26	293/78/-159	199/69/-13	4.2	20	61.47
B	4.8.2004	04:19:50	27.95	37.25	305/62/-138	191/53/-36	4.9	20	70.11
C	4.8.2004	04:26:26	27.69	37.20	276/64/-141	166/55/-33	4.0	14	68.00
D	4.8.2004	18:49:00	27.44	37.02	208/77/-24	303/67/-165	3.7	20	70.76
E	5.8.2004	07:11:13	27.69	37.24	270/69/-120	148/36/-37	3.8	10	79.94
F	5.8.2004	07:13:38	27.58	37.20	289/72/-152	190/63/-20	4.0	22	75.26
G	11.1.2005	08:33:35	27.82	37.08	310/80/-146	213/56/-12	3.7	16	56.19
H	10.3.2008	17:22:24	27.47	37.39	278/74/-137	174/49/-21	3.2	12	61.34
I	3.5.2009	23:25:00	27.60	37.21	178/70/-33	280/59/-156	3.1	18	66.67
J	30.6.2013	16:57:50	27.64	37.55	149/53/-78	309/39/-105	3.3	6	58.64
K	1.1.2014	06:27:48	27.63	37.42	170/77/-23	86/68/-165	3.0	5	FM
L	6.2.2015	19:37:07	27.58	37.25	313/74/-110	187/26/-39	3.1	6	51.68

Based on kinematic analysis of fault assemblages, there are studies differentiating tectonic regime types and deformation stages in west central Anatolia. Some of these works are as follows, from west to east. A study in western Anatolia in the Cumaovası Basin near İzmir observed a transpressional regime along the Orhanlı Fault Zone and left lateral strike slip faulting associated with NE/SW extension and NW/SE compression. Young data from the basin showed a transtensional regime related to E/W oriented compression and N/S oriented extension was effective and they supported the continuation of this regime to the present with earthquake focal mechanism solutions (Uzel & Sözbilir, 2008). In the İzmir Balıkesir Transfer Zone, 3 different deformation stages were identified of (i) E/W compression and N/S extension equivalent to the Miocene period, (ii) transitional stage from transtensional regime dominated by strike slip faulting to transtensional regime dominated by expansion in the Early Pliocene period and (iii) transformation to a narrow shear zone fragmenting the İzmir Balıkesir Transfer Zone during a deformation stage when NE/SW right lateral strike slip faults, NW/SE left lateral strike slip faults and E/W striking normal faults operated together (Uzel, Sözbilir, Özkaymak, Kaymakçı & Langereis, 2013). Three different deformation stages were identified for the Havran-Balıkesir Fault Zone; (i) NE/SW-NW/SE extension compression regime in the preMiocene period, (ii) N/S compression and E/W extension regime in the PlioQuaternary and (iii) NE-SW extension and NW/SE compression effective from the Quaternary to the present (Sümer, Uzel, Özkaymak & Sözbilir, 2018). Within the scope of kinematic analysis studies of the Eskişehir Fault and surroundings located in west-central Anatolia, transition from NW/SE compression and NE/SW extension associated with a transpressional regime to NE/SW compression and NW/SE extension related to a transtensional tectonic regime probably occurred in the Quaternary time interval and this regime was proven to continue at present with earthquake focal mechanism solutions (Özden, Gündoğdu & Bekler, 2015).

In this study faults were monitored directly, and kinematic data were not collected. In order to reveal the regional behavior mode, attempts were made to examine all outcrops where mesoscopic fault planes were observed. In an area, the presence of young units has great importance to interpret behavior. In situations without them, deformation in older units may be assessed. Results emerging from all data collected from the field and after assessment were conceptualized from the present day toward the past beginning with seismological data. For this reason, the results do not just represent active faults, but all of the Gulf of Güllük and close surroundings. In conclusion, the region can be said to be in an extensional regime producing mainly oblique strike normal faulting at present.

The detected NW/SE extension and NE/SW compression can be evaluated in the same phase. It may be interpreted as a compressive regime progressively transitioning to an extensional regime. Due to the extension in kinematic data being consistent with the present regime, it appears appropriate to interpret the compressional regime as being just before the present regime. However, though faults noted by MTA on the active tectonic map are shown as strike slip, areas close to these faults were observed to have more dominant vertical slip than strike slip on mesoscopic fault planes in the field. Kinematic solutions have the quality of supporting these results. In summary, it appears that faults in this field mostly have oblique-slip character. While some have dominant strike slip, most were identified to have dominant vertical slip character and the geodynamic evolution was interpreted based on this.

Results of SS2 obtained by this study, representing the youngest tectonic regime type from both kinematic analysis results, and the directions of expansion obtained from the focal mechanism common solution results of earthquakes, W-SW is compatible with the direction of expansion that is active in Anatolia today. In addition, these studies are compatible with the results of similar studies in the literature, especially in Western Anatolia (Figure 8).

Additionally, when locations for kinematic data obtained from field observations are examined, areas not located on or near the Milas Fault at these observation points were considered to be probable faults. Within this scope, it is considered there may be a possible extension of the Milas Fault toward the NW and a possible active fault at the north edge of the basin located south of Milas. It is necessary to investigate these

faults with advanced and multidisciplinary studies like high-resolution shallow geophysics, paleoseismology and microseismic network studies to determine whether they are active faults or not.

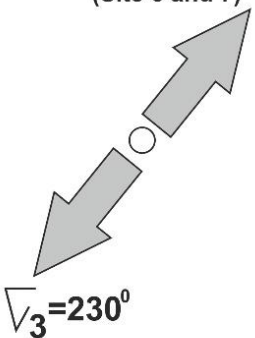
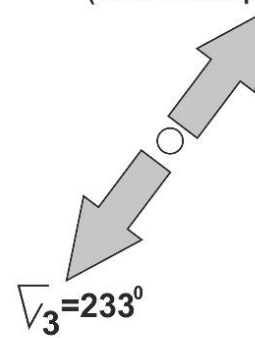
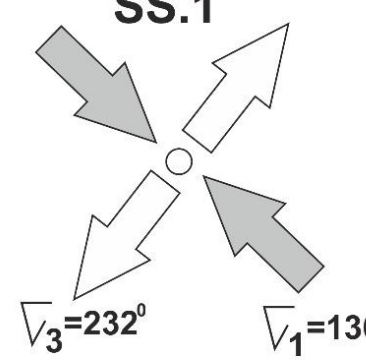
Age	Inversion of Fault and Eartquake	Deformation
Quaternary	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>SS.2 (Site 6 and 7)</p>  <p>$\sigma_3 = 230^\circ$</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>SFM (Total 12 eartquake)</p>  <p>$\sigma_3 = 233^\circ$</p> </div> </div>	<p>Normal to oblique faulting</p> <p>SS.2: Site 6 and 7 Eartquake: Total 12 pieces (A-L)</p>
Pre-Quaternary (Pliocene?)	<div style="text-align: center;"> <p>SS.1</p>  <p>$\sigma_3 = 232^\circ$ $\sigma_1 = 136^\circ$</p> <p>(NW-SE Compression)</p> </div>	<p>Strike-Slip faulting (Mainly dextral with WNW-ESE direction)</p> <p>SS.1: Site 1-5 and 8-19</p>

Figure 8. The Late Cenozoic stress states of the study area.

The N/S, NNE/SSW and occasionally NE/SW oriented and active extensional regime directions emerge as a result of the complicated relationship between the African plate and the Anatolian plate. Tears occurring at depth along the African plate cause rapid deformation of the overlying Anatolian plate.

4. Conclusion

In this study, kinematic and seismotectonic features of the Gulf of Güllük and close surroundings were investigated. A total of 136 faults with kinematic markers were reviewed at 21 stations and numerical analysis was performed. As a result, the presence of a two-stage tectonic regime representing the Plio-Quaternary period was identified in the region. These are, from older to younger, NW/SE compression (SS1) and NE/SW extension (SS2) deformation stages. Considered to belong to the period before the Quaternary, the NW/SE compression (SS1) regime had compression direction (σ_1) calculated as N44°W and was concluded to involve close to pure strike slip faulting with R ratio between 0.45-0.55 (R=0.426). The NE/SW extensional regime considered to belong to the Quaternary period had extensional (opening) direction (σ_3) calculated as N50°E. According to common solution results for earthquake focal mechanisms, currently there is an extensional regime with NE/SE direction dominant in the region, with extensional (opening) direction (σ_3) of N53°E. Both the kinematic analysis results for the youngest tectonic regime of SS2 and the

extensional direction obtained from common solution results for earthquake focal mechanisms are compatible with the current extensional direction affecting W-SW Anatolia.

Acknowledgement

This work was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University The Scientific Research Coordination Unit, Project number: FHD-2018-2536

Author Contributions

Erdem Gündoğdu: The researcher contributed to field studies and kinematic analysis. He also put pen the manuscript paper.

Alper Demirci: The researcher contributed to seismological processes of the study.

Süha Özden: The researcher contributed to field studies and kinematic analysis.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Angelier, J. & Mechler, P. (1977). Sur Methode Graphique de Recherche des Contraintes Princ. Egalement Utilisable en Tectonique et en Sismologie: la Methode Diédre Droit, *Bulletin de la Société Géologique de France*, 19, 1309-1318. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.S7-XIX.6.1309>
- Carey, E. (1979). Recherche des Directions Principales de Contraintes Associées au jeu d'une Population de Failles, *Revue Geological Dynamic and Géography physic*, 21, 57-66.
- Carey-Gailhardis, E. & Mercier, J. L. (1987). A numerical Method for Determining the State of Stress Using Focal Mech. of Earthquake Populations: application to Tibetan teleseisms and microseismicity of Southern Peru. *Earth and Planetary Science Letters*. 82, 165-179. [https://doi.org/10.1016/0012821X\(87\)90117-8](https://doi.org/10.1016/0012821X(87)90117-8)
- Dreger, D. (2002). Manual of the Time-Domain Moment Tensor Inverse Code (TDMT_INV), Release 1.1. Berkeley Seismology Laboratory. pp. 18.
- Dreger, D.S. & Helmberger, D.V. (1993). Determination of source at regional distances with single stations or sparse network data, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 98, 8107-8125. <https://doi.org/10.1029/93JB00023>
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Özalp, S. & Elmacı, H., (2011). Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, 1:250.000 Ölçekli Aydın (NJ 35-11) Paftası, Seri No:7, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S. & Elmacı, H. (2011). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Denizli (NJ 35-12) Paftası, Seri No:12, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. & Can, T. (2018). Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering* 16 (8), 3229-3275. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0041-2>
- Kadiroğlu, F. T., Kartal, R. F., Kılıç, T., Kalafat, D., Duman, T. Y., Eroğlu-Azak, T., Özalp, S. & Emre, Ö. (2018). An Improved Earthquake Catalogue ($M \geq 4.0$) for Turkey and Its Near Vicinity (1900-2012). *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16, 8, 3317-3338. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0064-8>
- Karabacak, V. (2016). Seismic damage in the Lagina sacred area on the Mugla Fault: a key point for the understanding of the obliquely situated faults of western Anatolia. *Journal of Seismology*, 20 (1), 277-289. <https://doi.org/10.1007/s10950-015-9526-8>
- Kırkan, E., Akyüz, H. S., Zabcı, C., Basmenji, M., Dikbaş, A., Yazıcı, M., Aksoy, M. E., Uçarkuş, G. & Yakupoğlu, N. (2017). Milas Fayı'nın Paleosismolojik, Morfotektonik ve Depremsellik Özelliklerine Dair İlk Bulgular. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu* 21. Çalıştayı. 26-28 Ekim 2017, s51.
- Lee, W. H. K. & Lahr, J. C. (1972). HYPO71: a computer program for determining hypocenter, magnitude and first-motion pattern of local earthquakes, U.S. Geological survey open-file report, pp. 100 <https://doi.org/10.3133/ofr72224>

- Özden, S., Över, S., Kavak, K. Ş. & İnal, S. S. (2008). Late Cenozoic stress states around the Bolu Basin along the North Anatolian Fault, NW Turkey. *Journal of Geodynamics*. vol.46, pp.48-62. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2008.04.004>
- Özden S., Gündoğdu E. & Bekler T. (2015). "Interactions between Eurasian/African and Arabian plates: Eskişehir Fault, NW Turkey", *Journal of African Earth Sciences*, pp.1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.08.014>
- Sümer, Ö., Uzel, B., Özkaymak, Ç. & Sözbilir, H. (2018). Kinematics of the Havran-Balıkesir Fault Zone and its implication on geodynamic evolution of the Southern Marmara Region, NW Anatolia. *Geodinamica Acta* 30 (1), 306-323. <https://doi.org/10.1080/09853111.2018.1540145>
- Şengör, A. M. C. (1980). Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları (Fundamentals of Neotectonics of Turkey). Geological Society of Turkey, Conference Series 2(in Turkish).
- Tan, O., Tapırdamaz, M. C. & Yörük, A. (2008). The earthquake catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, vol.17, no.2, 405-418.
- Uzel, B. & Sözbilir, H. (2008). A first record of a strike-slip basin in western Anatolia and its tectonicimplication: the Cumaovası Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences* 17 (3), 559-591.
- Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N. & Langereis, C. G. (2013). Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir–Balıkesir transfer zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal of Geodynamics* 65, 94-116. . <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.06.009>
- Yılmaz, M. (2003). Deprem kaynak parametrelerinin Online Belirlenmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 47 s, İstanbul (Turkish)



Heavy Oil Residue Upgrading With Iron Based Catalysts Under High Hydrogen Pressure

Savaş Gürdal^{1,*}, Kadir Yılmaz², Solmaz Akmaz³, Muzaffer Yaşar³

¹Science and Technology Application and Research Center, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

²Çanakkale Onsekiz Mart University Rectorate, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

³Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Istanbul University-Cerrahpasa, Istanbul, Turkey

Article History

Received: 06.08.2021

Accepted: 21.09.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – In this study, effective and easily accessible cheap catalysts that assist converting heavy oil residue to lighter products with high yield are investigated. Hydrocracking experiments were carried out in a 10 ml stainless steel bomb-type reactor with up and down stirrer at 200 times of reciprocation per minute. The catalyst mixture provided the minimum coke production was investigated. FeSO₄.H₂O, the binary mixtures of FeSO₄.H₂O with metal oxides (Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO, SiO₂) and the mixtures Fe₂O₃, Al₂O₃ and SiO₂ with elementary sulphur were used as catalyst. Experiments were conducted at 425 °C for 90 minutes with the initial pressure 100 bar H₂. The amount of coke, liquid products and C5- gas products were calculated for each experiment. Gel Permeation Chromatography (GPC), Nuclear Magnetic Resonance (¹H NMR) and elemental analysis were used for Iranian heavy oil residue. Differential Scanning Calorimeter (DSC) was used to analyze the catalyst. According to the results, minimum coke production is achieved by FeSO₄.H₂O+SiO₂ catalyst. Although minimum coke production achieved with FeSO₄.H₂O+SiO₂, middle distillate containing toluene soluble fraction (TSF) was maximized with Fe₂O₃+Al₂O₃+Sulphur catalyst mixture. In addition, the product selectivity in the reactions with the least coke formation showed selectivity in the direction of the formation of gas and light products, not in the direction of liquid product formation.

Keywords – Heavy oil, iron catalysts, residue, residue Upgrading, slurry phase hydrocracking reactions

1. Introduction

Iranian oil is still heavily processed in oil refineries around the globe despite recent sanctions employed by US and European Union on Iran's crude oil and petroleum products imports (Farzanegan, 2011). Iranian Heavy Oil blend in particular, demanded at cheap high sulphur crude market especially by refineries which have the capabilities to upgrade heavy oil residue.

Refinery hydrocarbon margin which is based on the difference between the cost of crude oil and product prices, varies according to the process ability of the refinery; that is its' complexity. Fluid Catalytic Cracking (FCC), Hydrocracker, Coker units are some of the conversion units that increases the complexity of the refineries. Recently global trend across crude oil refining majors is to get highest hydrocarbon margin via expanding their strategically selected refineries with residue upgrading complexes that import cheap intermediate raw materials such as atmospheric straight run fuel oil (ASRFO) or vacuum residue (VR) (JBC Energy Global Refinery Margins Weekly Report, 2013).

During last decade world has witnessed closing of significant number of refineries: these were mainly small yield hydro-skimming and FCC-centered refineries. Nowadays refineries with only Heavy Vacuum Gas Oil

¹ savas.gurdal@comu.edu.tr

² kyilmaz@comu.edu.tr

³ solmaz@iuc.edu.tr

⁴ yasar@iuc.edu.tr

*Corresponding Author

(HVGO) crackers have been reporting shrinking margins, on the other hand complex refineries, which have residue conversion units, have stated very good margins and enjoyed high profits (Torchia et al., 2012). Unconventional products such as heavy vacuum residue (VR) can be evaluated to meet the need for valuable fuels, given the significant reduction in energy resources. However, these products contain extremely high molecular weight species as well as heteroatom structures that cause pollution, poisoning of catalysts and deactivation. These reasons cause a pressure drop in hydrocracking reactions in fixed bed reactors. However, slurry-phase hydrocracking reactions allow the hydrogenation reactions to be enhanced by dispersion of the catalysts and help overcome these disadvantages (Tareq et al., 2019). Major companies in the oil and energy business focused on designing new residue upgrading technologies such as slurry hydrocracking that use catalysts. Critical point in conversion of high boiling point residue into low boiling products is to minimize the coke make thereby maximizing liquid products (Zhang et al., 2007). Catalytic hydrogenation is an effective method for the depolymerization of organic materials and to obtain liquid products with a high hydrogen-carbon (H/C) ratio (Hongwei et al., 2019).

Many studies have been performed to find out better catalysts for slurry phase hydrocracking reactions of heavy oil residue. In literature, they can be grouped as heterogeneous solid dust and homogeneous water or oil soluble catalysts. Bearden et al. (1978) used metal phthalocyanine and iron based catalysts in their slurry hydrocracking experiments. They determined that 7 % Fe_2O_3 and 400 ppm cobalt phthalocyanine mixture showed the best performance in reducing the amount of coke. Slurry-phase hydrocracking reactions of heavy oil occur in the form of mass transfer between hydrogen bubbles and the oil phase with a nano-sized, well-dispersed, submicron catalyst. (Álvarez et al., 2019) In the slurry phase hydrocracking process, hydrogenation reactions were carried out in a bubble column type reactor with homogeneously dispersed catalysts under high temperature (420–460 °C) and 120–200 bar pressure (Angeles et al., 2014). Kim et al., (2017) investigated at variable temperature, pressure and reaction time of slurry phase hydrocracking reactions of vacuum residue (VR) in the presence of dispersed MoS_2 catalyst. Reactions of vacuum residue were carried out in a batch reactor at 400 °C and 100 bar pressure. As a result, 23% of coke was formed as well as 77% of the main products such as vacuum kerosene. The temperature and degree of the conversion of VR's hydrocracking reactions were determined as the most important factors causing the physical change in the products (Suk et al., 2021). Kadijeva et al. (2018) synthesized iron-containing catalysts for the hydroconversion of tars. Catalyst compositions were prepared based on water-soluble iron compounds (FeSO_4 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Fe}(\text{COOCH}_3)_2$). Studies worked on a vertical flow hydroconversion reactor. Catalyst compositions containing Fe_{1-x}S nanosized and $\text{Fe}(\text{COOCH}_3)_2$ forms of iron under hydroconversion conditions showed catalytic activity close to the studies performed with MoS_2 catalyst, which was prepared as nanodispersed before. The disadvantage of catalysts containing water-soluble iron compounds such as FeSO_4 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Fe}(\text{COOCH}_3)_2$ is that they form relatively high coke products in hydroconversion reactions. Belinko et al. (1990) used iron sulfate monohydrate material in their experiments (FeS is the active form) up to 5 % in weight. They report that the best performance can be achieved by catalyst mixture with max 45 μ in size and with a distribution of at least 50 % under 5 μ . Ni et al., (2019) worked magnetic molybdenum disulfide catalyst ($\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{MoS}_2$) and this catalyst mixture was found to reduce the viscosity of the oil sand. Catalytic reactions were carried out at 150 bar hydrogen pressure and 400 °C. As a result of the studies, it was observed that the viscosity of liquid products at the viscosity measured at 50 °C decreased from 4660 mPa·s to 76.9 mPa·s. This shows that there is a viscosity reduction of approximately 98%. Jain & Pruden (1991) carried out slurry hydrocracking experiments with petroleum coke (0.5 – 0.9 μ) and $\text{FeSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ at 440, 445 and 450 °C. They stated that the maximum conversion 88% achieved at 450 °C. Yang et al. (2020) prepared a well-dispersed Fe-Ni-S catalyst in their work. In this study, carboxylate ligands were attached to active metal salts and sulphation was performed. The Fe-Ni-S catalyst outperformed not only the monometallic nickel catalyst but also the commercial molybdenum. The synthesized catalyst composition gave much better results than the commercial molybdenum and monometallic commercial catalyst. In this study, it has been clearly seen that the presence of sulfur has a positive effect on heavy residue upgrading. Bhattacharyya et al. (2011) used Fe_2O_3 and Al_2O_3 mixture with a particle size distributed between 200 - 600 μ ; they claimed heat

treatment and pre-sulfurization steps are not needed. Through X-ray diffractometers (XRD) results it has been shown that at 410 °C, Fe₂O₃ completely turns into active form through reactions involving reaction by product H₂S and sulphur in the feed. Bin et al. (2019) obtained catalyst and they conducted VR to a slurry phase hydrocracking reaction presence of presulfided oil-soluble MoS₂ catalyst at 100 bar H₂ pressure at 410 °C for 1 hour. After hydrocracking reactions, it was observed that the resin content decreased from 25.21 wt% to 3.54 wt% and the C7-asphaltene content was very close to zero from 6.82 wt%. In the reactions where the catalyst was used, the yield of the liquid product increased from 75.03% by weight to 96.43% by weight, while the coke production was 0.19% by weight and the gas yields were 3.38% by weight. These values were significantly lower than the coke and gas values of 14.05% and 10.92% by weight, which were the results of the reactions in which the catalyst was not used. Many different types of catalysts are used in slurry phase reactions. Generally, we can classify them as solid supported catalysts and homogeneously dispersed catalysts. Dispersed catalysts are classified as fine powder catalysts that dissolve in water or oil, soluble dispersed catalysts show higher catalytic activity than others. When the technologies on the petroleum upgrading of the catalysts of the mountain were examined, it was seen that studies were carried out with the combination of two-phase catalysts (Tareq et al., 2019).

In this study, elemental, molecular weight and saturates, aromatics, and resins and asphaltene (SARA) analysis performed to determine main properties of the Heavy Iranian VR. In addition, Differential Scanning Calorimetry (DSC) analysis is performed for catalyst catalysts to find out their thermal transitions and then cracking reactions of vacuum residue of Iranian crude in a laboratory scale slurry hydrocracker by using FeSO₄.H₂O, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO, SiO₂ and S are investigated. Coke, gas and toluene soluble liquid part in reactor effluent is measured after reactions of each catalyst. Catalysts with high overall conversion and low coke production are determined.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

For catalyst trials 99.5 % FeSO₄.7H₂O, 99 % Al₂O₃ obtained from Merck; and >99 % Fe₂O₃ purity, 98 % CaO and 99 % SiO₂ obtained from Sigma – Aldrich, and >99.8 % elemental sulfur obtained from Turkish Petroleum Refineries Corporation (TUPRAS) were used. For measuring amount of coke make, 99 % n-heptane, >99.5 % carbon disulfide obtained from Merck and >99.7 % toluene obtained from Sigma- Aldrich were used. For molecular weight determination 99 % tetrahydrofuran obtained from Merck was used. Soxhlet extraction was done with 28x80 mm Macherey Nagel cellulose cartridges.

2.2. Methods

2.2.1. Resid Analysis

Iranian heavy VR was taken as the feedstock from TUPRAS for slurry phase hydrocracking reactions. VR obtained when the vacuum distillation unit was processing 100 % Iranian Heavy crude originated ASRFO and HVGO ASTM D1160 95 % cut was 550 °C. VR has specific gravity of 1045.0 Kg/m³ (at 15 °C) which corresponds to 3.9 API (EN-ISO-3675).

Elemental analysis was performed by Thermo Finnigan Flash EA 1112 Series Elemental Analyzer. Helium used as a carrier gas, 2 mg of sample analyzed by burning with oxygen at 1000 °C.

Molecular weight analysis is performed by Agilent 1200 series GPC. 300 x 7.5 mm sized mixed gel Zorbax column is used, detector was refractive index. Tetrahydrofuran was used as solvent and carrier phase. 20 µ injections with 1 ml/min volumetric rate is used.

¹H-NMR analysis were performed by Varian UNITY INOVA 500MHz NMR spectrometer. 0,5 ml chloroform (CDCl₃) used as solvent for 5 mg IRHV sample. ¹H-NMR analysis is shown in Figure 1.

SARA analysis was performed by dissolving IHVR with n-heptane; asphaltene part separated out, and maltenes part was recollected by removing n-heptane from the filtrate. This portion separated into saturates, aromatics, and resins parts according to the SARA protocol.

Elemental analysis, molecular weight analysis and SARA analysis results are given in [Table 1](#).

2.2.2. Catalyst Analysis

In order to investigate IHVR and catalyst transformations over certain temperature ranges Mettler Toledo 822e Differential Scanning Calorimeter was used. DSC plots for VR obtained via placing sample to aluminum crucible, under N₂ atmosphere. Temperature was scanned between the range of -50 to +300 °C; ramp up rate was 10 °C/min. Catalyst placed into porcelain crucibles and temperature was scanned between the range of -100 to +670 °C. DSC analysis is shown in [Figure 2](#).

2.2.3. Pre-treatment Phase

FeSO₄.7H₂O was dried for an hour at 120 °C in an oven. Then, metal oxides and FeSO₄.H₂O were mixed with 1:1 weight ratios and put into a Retsch PM 400 ball mill. After sufficient time passed (ca. 20 minutes) mixtures sieved in an analytical sieve shaker (Retsch AS 450). After sieving 45 - 300 microns catalyst catalysts stored in closed desiccators for use in the hydrocracking reactions. Elemental sulfur also put into a Retsch PM 400 ball mill. Mixing ratios of the catalysts shown in [Table 3](#).

2.2.4. Reactors

All hydrocracking reactions were performed in batch tubing bomb reactors (10 ml) that comprised of two sections; upper part has a D-Pro high pressure needle valve connected with 1/4 inch stainless steel Swagelok tube fittings. A metal ball with 9.5 mm diameter is placed into the reactor for stirring reaction mixture which can provide 200 rpm stirring velocity.

2.2.5. Experimental Conditions

The reactors were typically loaded with 1.2 g of Iranian heavy oil resid and 0.05 grams of catalyst catalysts initially purged 5 times with nitrogen and then with hydrogen. Then reactor loaded with hydrogen up to 100 bars and the shut-off valve was closed, and the reactor was plunged into a fluidized sand bath that had been preheated to 425 °C.

After 90 minutes reaction time has elapsed, the reactor was removed from the sand bath and immediately immersed into icy cold water in order to quench the reaction for 10 minutes. The reactor assembly had cooled and equilibrated at room temperature for half an hour.

Reactor was weighted accurately, the gas yield was determined after the high pressure needle valve opened and weighted again. Soxhlet extraction was performed with 28x80 mm cellulose cartridges with toluene. Remaining solid part is regarded as coke plus catalyst and weighed. Toluene soluble part is calculated by extracting weight of gas and solid part from initial weight of reactive mixture.

3. Results and Discussion

3.1. Resid Analysis Results

Iranian heavy VR (IRHV) elemental analysis, molecular weight analysis and SARA analysis results are given in [Table 1](#).

Table 1

IRHV Analysis

Elemental Analysis	C (%)	H (%)	S (%)	N (%)	O (%)
	84.48	9.81	4.43	0.81	0.47
GPC Analysis	Mn (g/mol)		Mw (g/mol)		
	797		1601		
SARA Analysis	Saturates (%)	Aromatic (%)	Resin (%)	Asphaltene (%)	
	25	45	17	13	

As a result of the elemental analysis, the H/C ratio was found to be 1.38. The low H/C ratio confirms the result that the percentage of aromatic structures revealed in the SARA analysis is high. A high H/C ratio indicates the presence of long aliphatic chain compounds, while a low ratio indicates the presence of multi-nucleated aromatic groups.

In this oil residue, the number average molecular weight is 767 g/mol and the weight average molecular weight is 1601 g/mol. When we compare these results with the molecular weight (580 – 1010 g/mol) of the crude oil found in the Southeastern region of Turkey, it is possible to say that this oil residue has heavier structure.

Four fractions important for petroleum chemistry were obtained. These fractions (SARA) are saturated, aromatics, resin and asphaltene. The first three fractions were obtained from maltene. In the SARA analysis, 25% saturated, 45% aromatics, 17% resin and 13% asphaltene content were found.

Iranian heavy VR $^1\text{H-NMR}$ analysis area up to 1 ppm indicates 28,23 % methyl groups; area between 1 and 1,7 ppm % 50,80 methylene branching. This ratio is a sign of aliphatic chain branching attached to asphaltene honeycomb structure. Area between 1,7 and 1,9 ppm shows 8,95 % naphthenic rings; between 2,1 and 2,4 ppm 6,78 % α -methyl branching. 2,4 and 3,5 ppm point to CH, CH₂ methylene structures around aromatic ring. Area between 6 and 7 ppm specifies monocyclic structures attached with bridges. Between 7 and 8 ppm 2 and 3 ringed structures can be seen.

Iranian heavy VR $^1\text{H-NMR}$ analysis is shown in [Figure 1](#).

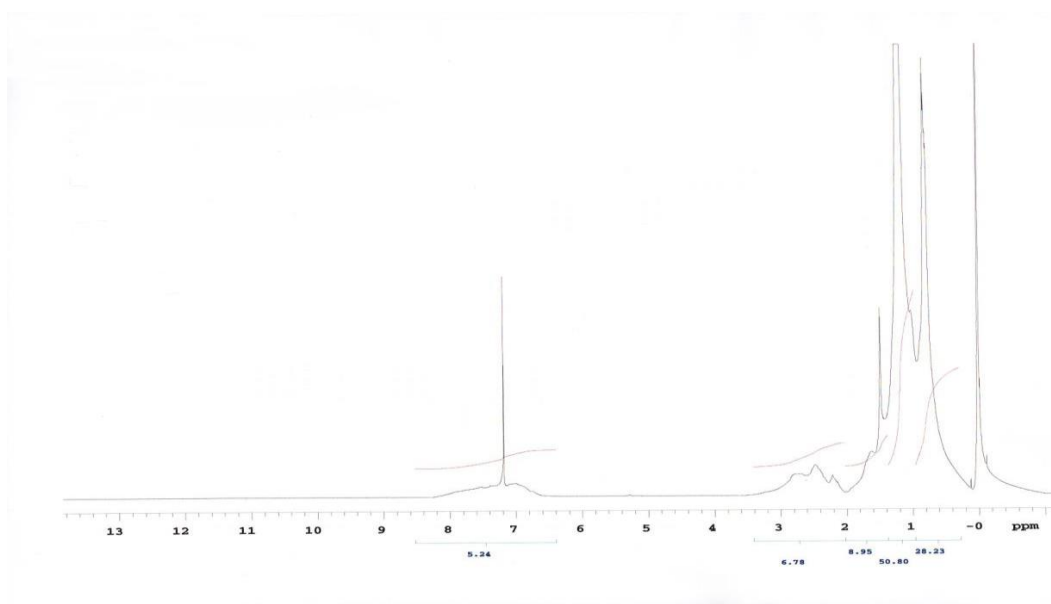


Figure 1. $^1\text{H-NMR}$ Analysis of IHVR

3.2. Catalyst Analysis Results

Catalyst transformations on DSC analysis is shown in [Figure 2](#).

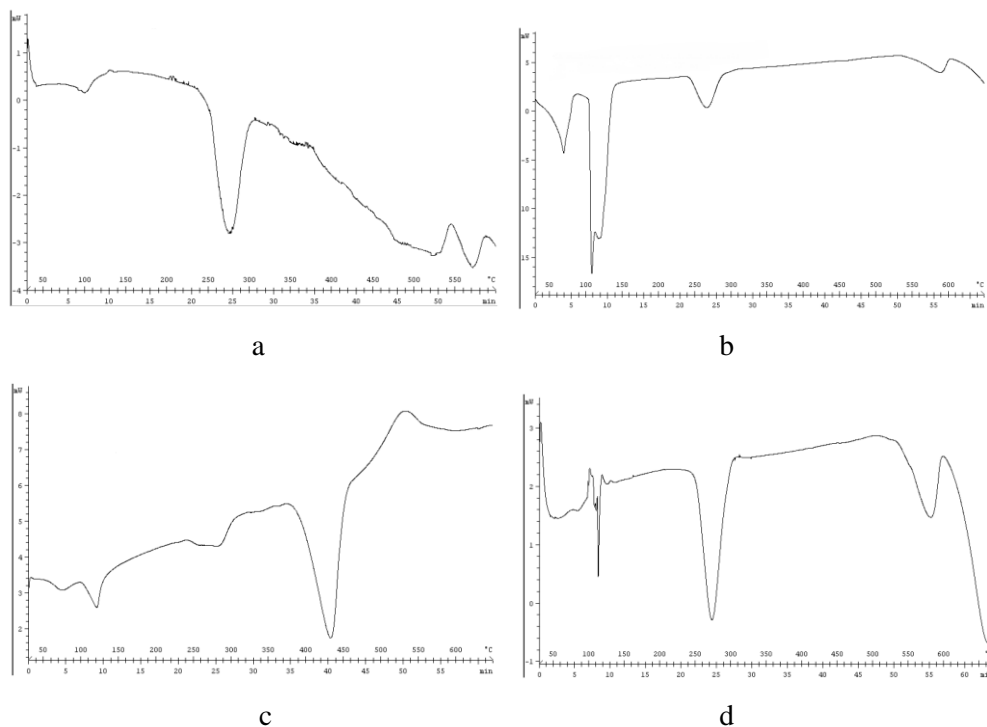


Figure 2. DSC Scans of $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ mixture (a), $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ mixture (b), $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO}$ mixture (c) and $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ Mixture (d)

When the DSC results of the catalyst mixtures are examined, it is seen that Fe_2O_3 has a strong energy oscillation between 300 °C-500 °C, Al_2O_3 around 100 °C, CaO between 400-450 °C and SiO_2 between 600-700 °C.

3.3. Catalyst Performance Results

In [Table 2](#), reactants mass and product percentages stated: initial mass of resid and catalyst mixture, H_2 used, and weight percent of coke, gas and toluene soluble fraction (TSF) products.

Table 2
Products from VR slurry hydrocracking

Sample number	Catalyst Used	Resid + Catalyst Mass (g)	H_2 mass (g)	Coke (%)	Gas (%)	TSF (%)
1	Without catalyst	1.17	0.14	35	38	27
2	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.22	0.12	25	49	26
3	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1.33	0.13	20	56	24
4	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$	1.14	0.13	12	64	24
5	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO}$	1.15	0.14	23	51	26
6	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	1.15	0.13	10	65	25
7	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$	1.24	0.14	23	57	20
8	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$	1.17	0.13	20	61	19
9	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{S}$	1.14	0.14	11	64	25
10	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$	1.15	0.13	26	46	28
11	Maltene + $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{S}$	2.46	0.11	22	58	20

The minimum coke production is achieved when $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ mixture is used as catalyst with 10 % coke production. Product yields of slurry hydrocracking reactions are shown at Figure 3.

Table 3
Mixing ratios of the catalysts

Sample number	Catalyst Used	Resid (g)	Catalyst (g)
1	Without Catalyst	1.17	-
2	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.10	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} : 0.055$
3	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1.20	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} : 0.030 \text{ Fe}_2\text{O}_3 : 0.030$
4	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$	1.01	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} : 0.025 \text{ Al}_2\text{O}_3 : 0.025$
5	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO}$	1.01	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} : 0.025 \text{ CaO} : 0.025$
6	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	1.02	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} : 0.025 \text{ SiO}_2 : 0.025$
7	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$	1.10	$\text{Fe}_2\text{O}_3 : 0.011 ; \text{Al}_2\text{O}_3 : 0.011 ; \text{S} : 0.0605$
8	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$	1.04	$\text{Fe}_2\text{O}_3 : 0.0104 ; \text{Al}_2\text{O}_3 : 0.0104 ; \text{S} : 0.0624$
9	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{S}$	1.00	$\text{Fe}_2\text{O}_3 : 0.025 ; \text{Al}_2\text{O}_3 : 0.025 ; \text{SiO}_2 : 0.025 ; \text{S} : 0.025$
10	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$	1.02	$\text{Fe}_2\text{O}_3 : 0.0255 ; \text{Al}_2\text{O}_3 : 0.0255 ; \text{S} : 0.0255$
11	Maltene + $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{S}$	1.20	Maltene : 1.035 ; $\text{Fe}_2\text{O}_3 : 0.2875 \text{ S} : 0.08625$

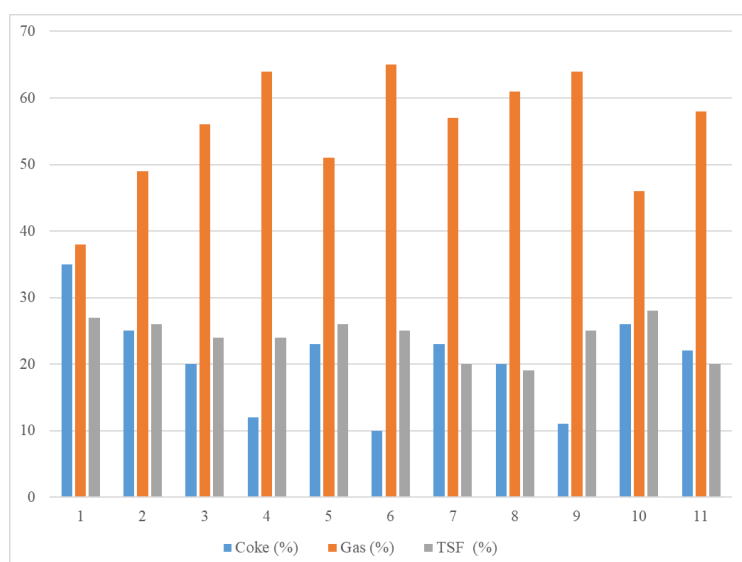


Figure 3. Product yields of slurry hydrocracking reactions

When the hydrocracking results of the catalyst mixtures are examined, it is seen that the $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ mixture minimizes the coke ratio by 10%, followed by the $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{S}$ and $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$ mixtures with 11% and 12% respectively. These results, in addition to the emphasis on iron-based catalyst; It reveals the reducing effect of SiO_2 on the formation of coke. Although minimum coke production achieved with $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$, middle distillate containing TSF was maximized with $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$ and only 1 % higher comparing to conventional thermolysis.

Considering the fraction ratios soluble in toluene, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$ mixture had the highest percentage with 28%, while the work without catalyst took the second place. Experiments revealed that at 100 bars initial H_2 pressure TSF containing middle distillate part can be increased to maximum 28%. Catalyst that give the minimum coke also make the gas products maximum in expense of TSF.

When the gas+light products ratios are examined, it is seen that the catalyst mixtures $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{S}$ and $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$, which are catalyst mixtures that minimize the coke ratio, are 65%, 64% and 64% respectively.

These results reveal that at the point where the coke formation is minimized, the selectivity shifts to the gas+light products formation direction, not the liquid product formation.

4. Conclusion

In this study, vacuum residue of crude oil was processed in a laboratory scale batch slurry reactor with the aim of determining the most effective, easily prepared and cheap catalyst. $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, the binary mixtures of $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ with metal oxides (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , SiO_2) and the Fe_2O_3 , Al_2O_3 and SiO_2 with elementary sulfur are tried as catalysts. Gases, liquid and solid part of product mixture were separated each time and amounts of all products are calculated separately. According to the results, minimum coke production is achieved by $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ catalyst. Although minimum coke production achieved with $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$, middle distillate containing TSF was maximized with $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{S}$. Coke is one of the cheapest products in petroleum industry. In this study, the second aim was to identify the mixture which maximizes middle distillate fraction but it has been revealed that these cheap catalysts affect mostly the coke and gas yields. However, these results showed that SiO_2 also have a strong coke reducing effect.

Author Contributions

Savaş Gürdal: Performed statistical analysis, collect the data and wrote the paper.

Kadir Yılmaz: Performed statistical analysis, collect the data and wrote the paper.

Solmaz Akmaz: Conceived and designed the analysis.

Muzaffer Yaşar: Conceived and designed the analysis.

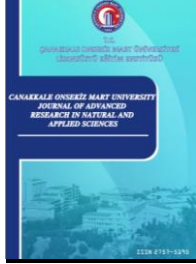
Conflicts of Interest

No conflict of interest.

References

- Álvarez, P., Browning, B., Jansen, T., Lacroix, M., Geantet, C., Pitault, I., & Tayakout-Fayolle, M. (2019). Modeling of atmospheric and vacuum petroleum residue hydroconversion in a slurry semi-batch reactor: Study of hydrogen consumption, *Fuel Processing Technology*, 185, 68-78 <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2018.11.016>
- Angeles, M.J., Leyva, C., Ancheyta J., & Ramírez, S. (2014). A review of experimental procedures for heavy oil hydrocracking with dispersed catalyst, *Catalysis Today*, 220–222, 274-294, <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2013.08.016>
- Bearden, R. J., & Aldridge, C.L., (1978). Hydroconversion process, U.S. Patent No: 4,067,799 [Retrieved from: https://patents.google.com/patent/US4067799A/en?q=U.S.+Patent+No:+4%2c067%2c799](https://patents.google.com/patent/US4067799A/en?q=U.S.+Patent+No:+4%2c067%2c799)
- Belinko, K., Khulbe, C. P., & Jain, A. K., (1990). Hydrocracking of heavy oil in presence of ultrafine iron sulfate, U.S. Patent No: 4,963,247 <https://patents.google.com/patent/US4963247A/en?q=U.S.+Patent+No:+4%2c963%2c247>
- Bhattacharyya, A., Bricker, M. I., Mezza, B. J., & Bauer, L. J. (2011). Process for using iron oxide and alumina catalyst with large particle diameter for slurry hydrocracking, U.S. Patent No: 8,062,505 B2 Retrieved from: <https://patents.google.com/patent/US8062505B2/en?q=U.S.+Patent+No:+8%2c062%2c505+B2>
- Bin L., Kedi, Z., Yongming, C., Yanpeng, L., Di L., Yunqi, L., & Chenguang, L. (2019). Slurry phase hydrocracking of vacuum residue in the presence of presulfided oil-soluble MoS_2 catalyst, *Fuel*, 246, 133-140. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.114>
- Farzanegan, M.R. (2011). Oil revenue shocks and government spending behaviour in Iran, *Energy Economics*, 33, 1055-1069. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.05.005>
- Hongwei, M., Haowei, L., Weijie, Z., Lixia, L., Sijie, L., Jinxing, L., & Xuehui, L. (2019). Selective depolymerization of lignin catalyzed by nickel supported on zirconium phosphate, *Green Chemistry*, 21/3, 658- 668. <https://doi.org/10.1039/C8GC03617A>
- Jain, A.K., & Pruden, B.B. (1991). Hydrocracking of heavy oils in presence of petroleum coke derived from heavy oil coking operations, U.S. Patent No: 4,999,328 <https://patents.google.com/patent/US4999328A/en?q=U.S.+Patent+No:+4%2c999%2c328>
- JBC Energy Global Refinery Margins Weekly Report (2013). Retrieved from: <https://www.jbcenergy.com/publications/refining-views>

- Kadieva, K. M., Zekel'a, L. A., Gyulmalieva, A. M., Dandaeva, A. U., & Kadieva, M. K. (2018). Hydro-conversion of Oil Vacuum Distillation Residues in the Presence of Iron-Containing Catalysts In Situ Synthesized from Water-Soluble Precursors. *Petroleum Chemistry*, 58(14), 1165–1172. <https://link.springer.com/article/10.1134/S0965544118140025>
- Ni, S., Bi, Q.L., Yang, L.R., Xing, H.F., Zhu, X.Y., Wang, L.H., Y. H. E & Liu, H. Z, (2019). Heavy oil upgrading using magnetic molybdenum disulfide catalyst. *Materials Science and Engineering*, 479, 012074, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/479/1/012074/meta>
- Kim, S.H., Kim, K.D., & Lee, Y.K. (2017). Effects of dispersed MoS₂ catalysts and reaction conditions on slurry phase hydrocracking of vacuum residue, *Journal of Catalysis*, 347, 127-137 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcat.2016.11.015>
- Suk, L. H., Go, K. S., Kwon, E. H., Pham, H. H., Nho, N. S., Kim, K. H., Lee, J. G., & Park, S. Y. (2021). Change of physical properties with the slurry-phase hydrocracking reaction of vacuum residue, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 98, 425-434, <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.03.022>
- Tareq, A. A., Syed, A. A., Zahir, H., Xiong, Q., Saad, A. A., Zuhair, O. M., Razzak, S. A. & Hossain, M. M., (2019) Recent Advances in Heavy Oil Upgrading Using Dispersed Catalysts *Energy & Fuels* 33 (9), 7917-7949 <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b01532>
- Torchia, D., Arora, A., & Vo, L. (2012). Clean, green, hydrocracking machine. *Hydrocarbon engineering*, 17(6). <https://www.hydrocarbonengineering.com/magazine/hydrocarbon-engineering/june-2012/>
- Yang, T., Liu, C., Li C., Gan L., Deng, W., & Niu Q., (2020). Promotion effect with dispersed Fe-Ni-S catalyst to facilitate hydrogenolysis of lignite and heavy residue, *Fuel*, 259, 116303, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116303>
- Zhang, S., Liu, D., Deng, W., & Que, G. (2007). A review of slurry-phase hydrocracking heavy oil technology, *Energy & Fuels*, 21(6), 3057-3062. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ef700253f>



A Maturity Model for Assessing Sustainable Project Management Knowledge Areas: A Case Study Within A Logistics Firm

Elifcan Göçmen Polat^{1*}

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University, Tunceli, Turkey

Article History

Received: 28.06.2021

Accepted: 10.09.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – Currently, the use of maturity models is widespread for evaluating the success of project management (PM) processes. Project management maturity models (PMMM) are valuable methodologies to improve the project management processes. In this context, this present paper seeks an answer to these questions: Which maturity levels are aimed for an organization to make the sustainable PM sound? Which propositions are made based on the obtained maturity levels? This paper aims to propose a PMMM by analysing PM knowledge areas. In response to this objective, nine dimensions and twenty seven maturity items are handled using of PM Solutions' PMMM. In order to evaluate the maturity levels, Weighted Maturity Score Calculation Model (WMSC) approach based on survey questionnaires of two experts is used first for the PM knowledge areas. Weighted average score of all maturity items is obtained using Likert-scale and criteria weights are first calculated using Hesitant Fuzzy Analytical Hierarchy Process (HF-AHP). Practicality of these approaches is illustrated through a real data in a logistics organization. As a result, computational results indicate that risk management dimension with the level 1,4 has the lowest rating of all nine dimensions. The high maturity level 3,5 is observed in the quality management, as the maturity items in this dimension such as Quality Plan Preparation and Quality Plan Employment can have a favourable impact on the PM maturity. The findings reveal the effectiveness of the proposed method, which ensures practical and theoretical insights for organizations to determine their current and expected sustainable project maturity levels.

Keywords – HF-AHP, maturity level, pm maturity model, project management, sustainability

1. Introduction

PM requires the incorporating information, skill and methods into project processes (Ofori & Deffor, 2013). To improve PM's efficiency, sustainability and PM should be integrated (Marcelino-Sádaba, González-Jaen & Pérez-Ezcurdia, 2015). Sustainable PM requires management of the projects being aware of the environment and society impacts. In recent years, due to the transformation of classical PM systems, modern performance measurement methods are handled in several sectors. Organizations use some conceptual tools called project management maturity models (PMMM) to improve their project management processes (Farrokh & Mansur, 2013). Maturity term is used to define a company's ability in performing it's task and it is now more widely used for logical mapping, especially in the software industry (Crawford, 2007). PM maturity is also defined as the development of methodologies, strategies and decision-making processes of the organizations. Although there is no main PMMM maturity model, researchers suggest two models, process-oriented and work-oriented (Khalema, Van Waveren, & Chan, 2015). In this paper, sustainability-oriented model is presented to guide the firm toward sustainability. A PM is defined as sustainable involving company culture, human resource skills, using of resources, etc. (Tharp, 2012).

¹  elifcangocmen@munzur.edu.tr

*Corresponding Author

Various PY maturity models are used based on some criteria (Nenni, Arnone, Boccardelli & Napolitano, 2014). Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) developed by Project Management Institute (PMI) offers a system that combines the project, program and portfolio management of institutions: Information, Organizational strategy, People, Processes. OPM3 provides flexibility in terms of size of institutions, complexity of projects and geography (PMI-OPM3, 2013). The Capability Maturity Model (CMM) of Software Engineering Institute (SEI) is used by institutions dealing with software business. Kerzner Project Management Maturity Model (K-PMMM) was developed in 2002. K-PMMM enables institutions to reach maturity by using PMBOK guidelines (Kerzner, 2002). The Project, Program and Portfolio Management Maturity Model (P3M3) is divided into three sub model (OGC, 2011): Portfolio Management, Program Management, Project Management. The Maturity Increases Model in Controlled Environments (MINCE) measures the adaptation of institutions to environmental and market changes and the maturity of the organization, the skill levels of the personnel, the effectiveness of their projects, the ability to adapt to change the organizational past lessons (Meisner, 2007). PM Solutions PMMM analyse the PM knowledge areas and maturity levels depicted in Figure 1.

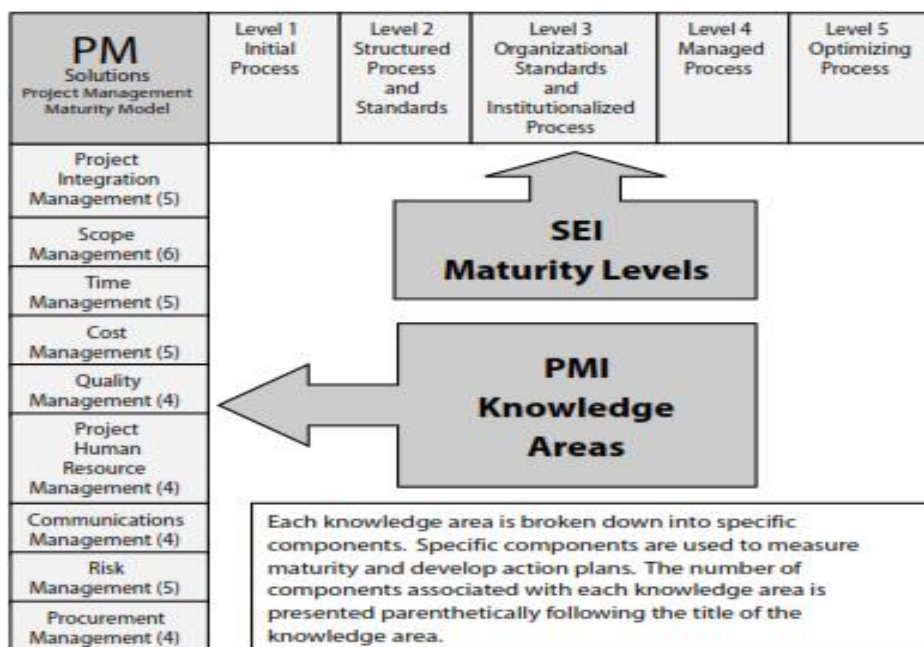


Figure 1. PMMM of PM solutions (PMI)

PMI knowledge areas are divided into nine groups:

Project integration management can be defined as the coordination of the all project management processes. In addition, it is defined as the process starting with a project charter and ending with the project completion (Wysocki, 2014). Scope management is defined as the process to identify all activities, processes and to eliminate irrelevant areas (Heldman, 2018). Scope management includes a lot of activities such as requirement definitions, creating work breakdown structure (WBS). Time management controls the time on the activities by a variety of skills and tools using CPM (Critical Path Method) and PERT (Programme Evaluation and Review Technique). These methods are used to evaluate the time of the specific projects. Cost management ensures to complete the project between defined budget limits. Quality management involves the sub stages such as quality planning, assurance and control stages. This management aims the quality requirements defined for the projects. The aim of the human resource management ensures that people participate in the project at the highest rate. For this, first of all, necessary trainings are given to general managers, owner / sponsor, project managers and project team. Project human resources management is an integration of organizational planning, staffing, team development processes. The aim of this process is to ensure that

the people of the project team work at the highest rate. Communications management ensures that the information used in the project is optimal and important connections between the collected information and people. Risk management identifies potential hazards and provides risk strategies. Risk definition, risk measures, risk reactions and control stages are implemented and resources are provided for possible risk events. Procurement management is the process of conducting resources, purchasing of goods and services procurement planning, bid planning, contract management, contract completion activities. SEI maturity levels depicted in the figure are not used to evaluate the knowledge areas in the present paper. The survey questionnaires are employed to analyse the maturity levels based on the Likert scale.

PMMMs have attracted attention by researchers and practitioners. However, PM knowledge areas, especially sustainable metrics in this context, are not sufficiently studied. [Hatamleh, Moynihan, Alzarrad & Batson \(2020\)](#) use PMMM using measurement tools to evaluate the capabilities in project management applications. Measurements are obtained through interviews by experts. The results show that there is no difference between the contractor and the consultant in terms of maturity levels. [Sanchez, Steria, Bonjour, Micaelli & Monticolo \(2020\)](#) proposes a framework for predicting the effects of the PMM model on the performance of the project using Bayesian networks. The study aims to minimize the cost risks for large projects. [Cooke-Davies and Arzymanow \(2003\)](#) measure the differences between applications based on measuring project management maturity in different sectors. Interviews are held with project managers using qualitative methods. The most advanced maturity model is obtained in the Petrochemical and Defence sector. [Görög \(2016\)](#) offers a broad project management maturity assessment approach. The interactions of the three maturity levels (single project, project program, organizational project governance structure) are investigated and the development strategy is formulated. [Caiado et al. \(2021\)](#) present preliminary works, surveys, case studies, and a maturity model using fuzzy approach and simulation, including design of maturity models. The proposed model validated through a case study results the necessary actions to increase the maturity level. [Backlund, Chronéer, & Sundqvist \(2014\)](#) explores project management maturity and models to develop and improve the project management practices of engineering and construction companies. Interviews are conducted with the project managers about the rate of use of maturity models. In the study, the application of the model in a mining company is shown with a case study. Based on literature reviews on existing maturity models, [Tahri and Drissi-Kaitouni \(2015\)](#) provide a maturity model to calculate PMM, in which sequential and progressive models are followed. [de Souza and Gomes \(2015\)](#) conduct a bibliometric analysis of PMM assessment models. Data analysis is performed using descriptive statistics. [Lianying, Jing, & Xinxing \(2012\)](#), through the literature review, PRINCE2 (Projects in Controlled Environments) process method is developed. This model uses a rating system, a survey, a spider web model. [Pasian, Sankaran & Boydell \(2012\)](#) examines project management maturity and the limitations of related models. A two-step multi-method is supported by a content / text analysis of two different maturity model collections. Obtained results suggest that assessing the maturity of project management capabilities include adaptive variables such as client engagement, organizational dynamics, and leadership. [Brookes, Butler, Dey & Clark \(2014\)](#) conducts an experimental study to investigate the effects of PMMMs on improving project performance using cross case analysis. A high degree of variability in the individuals' assessments of PMM is observed in the study. [Nenni, Arnone, Boccardelli & Napolitano \(2014\)](#) investigate the scope improvement in order to develop the PMMMS as business-oriented frameworks. OPM3 is obtained as the most complete and effective maturity model. Loes, Nguyen, Lydia, & Shankar, 2019 explore the different levels and models of PMM. The holistic and progressive approach that implements the project management maturity and strategy, organizational approach, methodology and decision-making process, is defined on the basis of processes, tools and people, which are the 3 main areas of project management. [Fengyong and Renhui \(2007\)](#) develop a new construction PMMM to evaluate the construction projects. In addition, new evaluation techniques are investigated for the construction PMM. [Guangshe et al. \(2008\)](#) evaluate the limitations and assessment of the PMM of OPM3. [Jamaluddin, Chin & Lee \(2010\)](#) aims to evaluate the current state of adoption of the PMMM as a model conceptualization initiative. An online survey is conducted to investigate the level of awareness and applications of the model. [Irfan et al. \(2020\)](#) present a maturity model using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM).

In the study, maturity levels and reputation are observed as linked terms. Also, some dimensions of PMMM positively important on this reputation. [Wijaksono, Pratami & Bay \(2020\)](#) use the OPM3 to assess the maturity levels. The risk management knowledge area is the focus of the study. The research is conducted using a questionnaire. The results show that the maturity level of the company is at the lowest level. [Bolat, Kuşdemir, Uslu, & Temur \(2017\)](#) aim to provide a framework for measuring the maturity level and they show how variable the PMM based on company characteristics conducting a case study involving 16 companies. The results reveal the relationship between problems arising in project management processes, company structure and PM skills. [de Souza Scotelano, da Conceição, da Costa Leonídio, & de Jesus \(2017\)](#) discuss the theoretical concepts related to project management, especially the concepts of measurement of its implementation. In addition, results of survey data conducted in an automotive industry through maturity research are presented. This survey reveals the perceptions of employees in different fields regarding project maturity in this organization. In addition, it reveals that the analysed organization is at the observed and calculated levels, taking into account the average maturity level of the region and the country. [Gasik \(2019\)](#), State Project Implementation System (GPIS) and State Project Management (GPM) concepts and State Project Management Maturity Model (GPM3) are defined. A GPM3 includes a GPIS / GPM maturity model consisting of Beginner, Local, Management, Collaboration and Optimization levels. The study reveals the advantages of introducing GPIS and GPM and using GPM3. [Spalek \(2015\)](#) provides a conceptual model for evaluating PMM with literature review and interviews in his study. The model is based on four assessment areas such as human resources, methods and tools, and environment, knowledge management. The proposed model can be used to evaluate maturity levels in companies on a global scale and to conduct cross-comparative research.

In short, some researchers consider the various maturity models to calculate the maturity levels of the organizations. However, few articles consider the influence of maturity models on project management knowledge areas. In order to overcome this gap, a maturity calculation model is proposed in conjunction with the work [Schumacher, Erol, & Sihn 2016](#)) firstly for a PM system. Furthermore, this paper is first to integrate the Likert scale for average score of the maturity items and HF-AHP for criteria weights to employ the maturity calculation model. HF-AHP is preferred since two experts have hesitancy in linguistic assessments. Considering sustainable metrics to evaluate the maturity levels of the maturity items is also a contribution to achieve the sustainability objectives. Thus, considering the above factors, some following research questions are listed as follows.

- RQ1: Which maturity levels are aimed for an organization to make the sustainable PM sound
- RQ2: Which propositions are made based on the obtained maturity levels?

Thus, to respond to questions RQ1 and RQ2, detecting possible maturity levels based on the maturity items and sustainability metrics is conducted using the proposed methods. Then, measures to increase the maturity levels are proposed according to the obtained computational results. This paper utilizes a decision support system, HF-AHP, in order to decide the dimension and item weights. Main contributions of this research are provided in the following:

- WMSC model as a solution approach is presented first for the PM knowledge areas.
- PM knowledge areas are evaluated incorporating sustainability aspects.
- Impact of the Likert scale instead of the SEI levels on average scores of the maturity items is investigated.
- HF-AHP is first used to calculate the dimension and item weights of PMMM.
- The maturity model has been implemented on real case data to guide the firms for their decision making processes about the maturity levels.

2. Materials and Methods

As mentioned in the above sections, developing a maturity model is vital to measure and evaluate the PM capability and to improve the PM levels. PM Solutions' PMMM ensures this measurement to organizations for calculating their ability. The proposed maturity model has the following characteristics: A survey based on a short questionnaire, five levels from 1- "not implemented" to 5- "fully implemented, nine dimensions named PM knowledge areas and twenty-seven items containing sustainability metrics. This survey was applied with 27 questionnaires in the project office. These questionnaires were prepared based on the 27 maturity items. Two experts rated these questionnaires in a five point Likert scale.

In this paper, providing a decision support system (DSS) is aimed to cover the dimensions of a PM knowledge area. This system can support project managers in their decisions how to conduct the PM processes. In this context, DSS could be classified in two stages: determining the maturity model components and maturity levels of PM knowledge area dimensions and items. Within first stage, a survey is formed for each dimension and a HF-AHP approach is used for criteria weights. In the second stage, all components obtained by the first stage are connected to the calculation of the maturity level, where all levels of both dimensions and the maturity items are determined.

2.1. Research Steps

The proposed methodology steps are presented in Figure 2. Definitions of these steps are presented as below:

(i) The articles are gone through in-depth. This stage embraced the analysing of existing PMMMs and gaps in the area.

(ii) Survey questionnaires aim to decide the scores of a set of dimensions and maturity items. A survey is the set of questions replied by respondents related with the current project. The questionnaires intend to measure PM knowledge area dimensions and its maturity items. Then, the dependent variable, average score of all maturity items is measured. A five point Likert-Scale is conducted based on the experts' evaluations.

(iii) HF-AHP implementation consisting of the decision makers' hesitant decisions.^[11]

(iv) A case study for a logistics firm and proposal of action plans for maturity improvement.

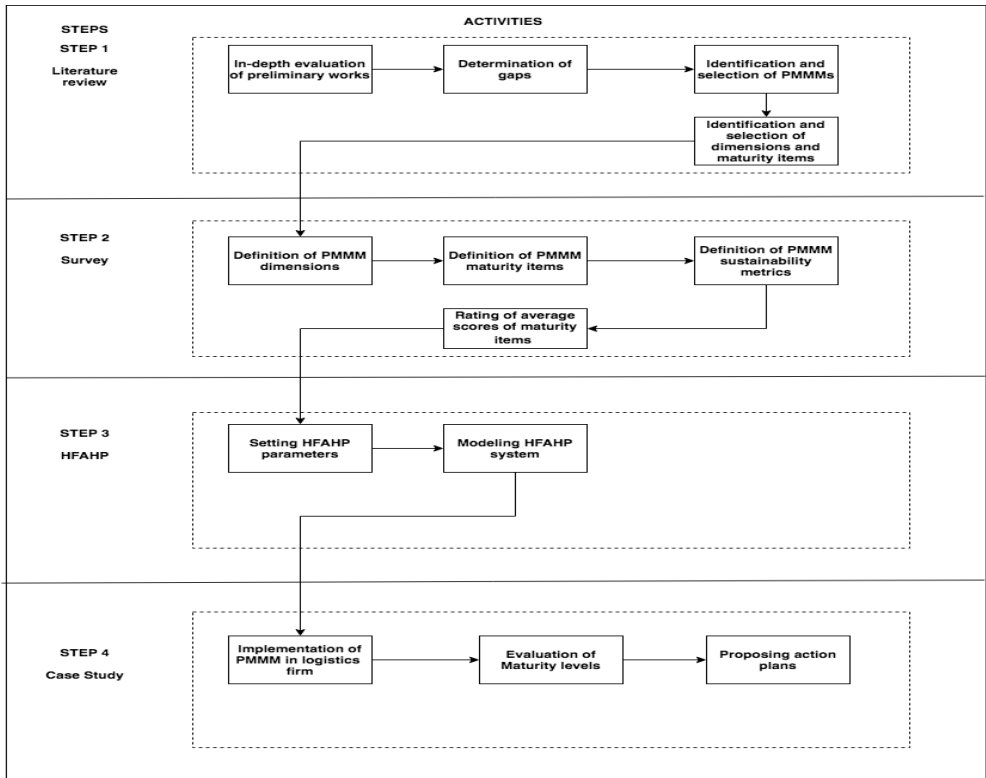


Figure 2. The proposed methodology steps

Measuring and evaluation of the organization’s maturity is defined in three-stages: Measurement of dimensions and maturity items, calculation of weighting factor and creating a maturity report using radar chart. Dimensions and maturity items are presented in the Table 1. Each dimension are evaluated mainly with sub maturity items. In this firm, these items are considered based on the sustainability.

Table 1
Dimensions and maturity items for the project management maturity

Dimensions	Maturity items	Sustainability metrics
Integration Management	Project Charter	Organization environmental metrics
	PM Plan	Process assets
	Project Control	Performance reports
Scope Management	Scope Definition	Integration of the social and environmental aspects into the scope
	Work Breakdown Structure	Meeting the sustainability standards
	Scope Control	Performance reports
Time Management	Activity Definition	Short term, long term oriented activity definition
	Activity Resource Determination	Schedule forecasts
	Schedule Control	Performance reports
Cost Management	Financial and Sustainability Targets	Accountability and transparency
	Budget Determination	Balancing the economic and ecological budget distribution
	Cost Control	Performance reports
Quality Management	Quality Plan Preparation	Incorporating social aspects
	Quality Plan Employment	Quality control measurements
	Quality Control	Quality improvement methods
Human Resources Management	Human Resources Plan Preparation	Human values and ethics
	Team Training	Responsibility assignment
	Team Management	Respect for human rights
Communication Management	Stakeholder Communication	Proactive Stakeholder Participation
	Communication Plan Preparation	Interpersonal and team skills
	Information Sharing	Timely and relevant information
Risk Management	Risk Definition	Short term, long term oriented risk definition
	Risk Analysis Methods	Reducing risk factors
	Risk Measurements Planning	Improving risk measurements
Procurement Management	Procurement Plan Preparation	Knowledge transfer
	Supplier Determination	Adding value for the suppliers
	Procurement Contract Management	Accountability and transparency

Determination of the maturity levels is conducted with the WMSC model developed by (Schumacher et al., 2016). The maturity levels (M_D) of the dimensions are obtained with scoring maturity items (M_{Dli}) and the weighting- factor (g_{Dli}). (M Maturity level, D Dimension, I item, g weighting factor, n number of maturity item). The Equation (2.1) is presented in the following:

$$M_D = \frac{\sum_{i=1}^n M_{Dli} * g_{Dli}}{\sum_{i=1}^n g_{Dli}} \tag{2.1}$$

The maturity items are measured based on the survey questionnaires. Each question is answered based on a Likert-scale (1- “not implemented”, “2 – slightly implemented, 3 – moderately implemented, 4 – mostly implemented”, “5- “fully implemented”). An example for the survey based on the scale is presented in the Table 2. For project time management, activity definition and resource determination are moderately implemented while schedule control is slightly implemented.

Table 2
An example for the survey to measure the dimensions and maturity items

Dimensions and maturity items	1	2	3	4	5
Project Time Management			X		
Activity Definition			X		
Activity Resource Determination			X		
Schedule Control		X			

In order to determine the weighting factor (g_{Dli}), HF-AHP is employed. HF-AHP method, which is used to decide the criteria weights, is an integrated approach including Hesitant Fuzzy Sets (HFS) and Hesitant Fuzzy Linguistic Expression Sets (HF-LS) and F-AHP. The steps of this method are presented in the following:

- Step 1: Defining the set of linguistic terms $D= [D0, D1, \dots, Dn]$
- Step 2: Binary comparisons of dimensions with HF-LS.
- Step 3: Generation of data envelops $env[dij]$ including expressions of i, j dimensions.
- Step 4: Tabulation of expressions with the corresponding triangular fuzzy number (TFN).
- Step 5: Conversion of data envelopes $env[dij]$ to data envelopes involving TFNs.
- Step 6: Calculation of mean of TFNs in the data envelopes.
- Step 7: Geometric mean for each criterion I (Eq. 2.2)

$$r_i = (\sum_{j=1}^n d_{ij})^{1/n} \quad i=1,2,\dots,n \tag{2.2}$$

Step 8: Calculation of fuzzy weights for each criterion I (Eq. 2.3)

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \otimes r_2 \otimes \dots \otimes r_n)^{-1} = (lw_i, mw_i, uw_i) \tag{2.3}$$

lw_i : lower weight of criteria i , mw_i : medium weight of criteria i , uw_i : upper weight of criteria i

Step 9: Clarification of the FNs with the area center method (Eq. 2.4) (Chou and Chang, 2008).

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \tag{2.4}$$

Step 10: Normalization of the clarified numbers and calculation of each criterion weight (Eq. 2.5).

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \tag{2.5}$$

3. Results and Discussion

Here, the results of the HF-AHP for the case study are obtained. The respondents presented similar ratings. For a respondent, pairwise comparisons of dimensions are demonstrated in Table 3.

Step 1: Linguistic expression sets are defined.

$S = \{\text{Equally Important [EQ], Weakly Important [WI], Strongly Important [SI], Very Strongly Important [VSI], Absolutely Important [AI]}\}$.

Step 2: In this stage, the pairwise comparisons belonging to two experts are presented in Table 3. Decision makers have hesitancy in providing their preferences over dimensions. For example, Expert 1 decides the integration management is more strongly important than scope management while the other expert provides his preference as weakly important.

Table 3
An example of pairwise comparisons

AI	VSI	SI	WI	Dimension	EQ	Dimension	WI	SI	VSI	AI
		✓	✓	Integration Management		Scope Management				
		✓		Scope Management		Time Management				
		✓	✓	Time Management		Cost Management				
				Cost Management		Quality Management			✓	
✓				Quality Management		Human Resources Management				
				Human Resources Management		Communication Management		✓	✓	
		✓	✓	Communication Management		Risk Management				
			✓	Risk Management		Procurement Management				
				Procurement Management		Cost Management			✓	

Step 3: Generation of data envelopes including expressions for the dimensions is presented in Table 4. For example, Expert 1 decides the integration management is more strongly important [SI] than scope management while the other expert provides his preference as weakly important [WI].

Table 4
The envelope of linguistic terms for each i-j pair of criteria

Dimension	Integra- tion Man- agement	Scope Manage- ment	Time Manage- ment	Cost Manage- ment	Quality Manage- ment	Human Resources Manage- ment	Communica- tion Man- agement	Risk Manage- ment	Procure- ment Manage- ment
Integration Management	[EQ]	[WI, SI]	[VSI]	[VSI]	[VSI]	[VSI]	[VSI]	[VSI]	[VSI]
Scope Management	-	[EQ]	[SI]	[SI]	[WI]	[VSI]	[SI]	[VSI]	[VSI]
Time Management	-	-	[EQ]	[WI,SI]	-	[WI, SI]	[WI, SI]	[WI]	[WI,SI]
Cost Management	-	-	-	[EQ]	-	[WI]	[WI]	[WI]	[WI]
Quality Management	-	-	[SI]	[VSI]	[EQ]	[VSI]	[WI]	[VSI,SI]	[VSI]
Human Resources Management	-	-	-	-	-	[EQ]	-	-	-
Communication Management	-	-	-	-	-	[SI,VSI]	[EQ]	[WI,SI]	[WI]
Risk Management	-	-	-	-	-	[WI]	-	[EQ]	[WI]
Procurement Management	-	-	-	-	-	[WI]	-	-	[EQ]

Step 4: Determination of linguistic expressions and the corresponding TFNs is presented in Table 5.

Table 5
Expressions with corresponding TFNs

Linguistic terms	TFN	Inverse TFN
Equally Important [EQ],	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Weakly Important [WI]	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
Strongly Important [SI]	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
Very Strongly Important [VSI]	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
Absolutely Important [AI]}	(9, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/9)

Step 5: Converting data envelopes to data envelopes involving triangular fuzzy numbers is presented in Table 6. For example; comparing the dimensions “ Project integration management and scope management”(Eq. 3.1)

$$\begin{aligned}
 \text{env}[dI-S] &= [(2.000,3.000, 4.000)]; [(4.000,5.000, 6.000)] & (3.1) \\
 \text{env}[dS-I] &= [(1/6.000), (1/5.000),(1/4.000)]; [(1/4.000),(1/3.000), (1/2.000)] \\
 \text{env}[dS-I] &= [(0.166,0.200, 0.250)] ; [(0.250,0.333, 0.50)]
 \end{aligned}$$

Table 6
The envelope of TFNs for each pair of criteria

Dimension	Integration Management	Scope Management	Time Management	Cost Management	Quality Management	Human Resources Management	Re-Management	Communication Management	Risk Management	Procurement Management
Integration Management	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)] [(4.000,5.000, 0, 6.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]		[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]
Scope Management	[(0.250,0.333, 0.50)] [(0.166,0.200, 0.250)]	[(1.000,1.000, 0, 1.000)]	[(4.000,5.000, 0, 6.000)]	[(4.000,5.000, 0, 6.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]		[(4.000,5.000, 6.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]
Time Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(1.000,1.000, 0, 1.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)] [(4.000,5.000, 0, 6.000)]	[(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(2.000,3.000, 4.000)] [(4.000,5.000, 6.000)]		[(2.000,3.000, 4.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)] [(4.000,5.000, 0, 6.000)]
Cost Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.250,0.333, 0.500)] [(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(1.000,1.000, 0, 1.000)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(2.000,3.000, 4.000)]		[(2.000,3.000, 4.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)]
Quality Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(4.000,5.000, 0, 6.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]	[(1.000,1.000, 0, 1.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]		[(2.000,3.000, 4.000)]	[(4.000,5.000, 0, 6.000)] [(6.000,7.000, 0, 8.000)]	[(6.000,7.000, 0, 8.000)]
Human Resources Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.250,0.333, 0.500)] [(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(1.000,1.000, 1.000)]		[(0.166,0.200, 0.250)] [(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.250,0.333, 0.500)]
Communication Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(0.250,0.333, 0.500)] [(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(4.000,5.000,6.000, 0)] [(6.000,7.000, 8.000)]		[(1.000,1.000, 1.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)] [(4.000,5.000, 0, 6.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)]
Risk Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.166,0.200, 0, 0.250)] [(0.125,0.142, 0.166)]	[(2.000,3.000, 4.000)]		[(0.250,0.333, 0.500)] [(0.166,0.200, 0.250)]	[(1.000,1.000, 0, 1.000)]	[(2.000,3.000, 0, 4.000)]
Procurement Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.250,0.333, 0.500)] [(0.166,0.200, 0, 0.250)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(2.000,3.000, 4.000)]		[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(1.000,1.000, 0, 1.000)]

Step 6: Calculation of the mean of the TFNs in the data envelopes is shown in Table 7. For the comparing the time/communication management; (Eq. 3.2)

$$\text{Time [(2.000,3.000, 4.000)]; Communication}[(4.000,5.000, 6.000)] \tag{3.2}$$

$$\begin{aligned} \text{Arithmetic averaged result} &= [(2.000+4.000)/2,(3.000+5.000)/2,(4.000+6.000)/2)] \\ &= [(3.000,4.000, 5.000)] \end{aligned}$$

Table 7

Arithmetic averaged fuzzy pair wise comparisons of each i-j criteria

Dimension	Integra-tion Management	Scope Management	Time Management	Cost Management	Quality Management	Human Resources Management	Communica-tion Management	Risk Management	Procurement Management
Integration Management	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(3.000,4.000, 5.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]
Scope Management	[(0.208,0.266, 0.375)]	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(4.000,5.000, 6.000)]	[(4.000,5.000, 6.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(4.000,5.000, 6.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]
Time Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.166,0.200, 0.250)]	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(3.000,4.000, 5.000)]	[(0.166,0.200, 0.250)]	[(3.000,4.000, 5.000)]	[(3.000,4.000, 5.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(3.000,4.000, 5.000)]
Cost Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.208,0.266, 0.375)]	[(0.208,0.266, 0.375)]	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]
Quality Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(4.000,5.000, 6.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(5.000,6.000, 7.000)]	[(6.000,7.000, 8.000)]
Human Resources Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.208,0.266, 0.375)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(0.145,0.171, 0.208)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.250,0.333, 0.500)]
Communication Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.166,0.200, 0.250)]	[(0.208,0.266, 0.375)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(5.000,6.000, 7.000)]	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(3.000,4.000, 5.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]
Risk Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.166,0.200, 0.250)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.145,0.171, 0.208)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(0.208,0.266, 0.375)]	[(1.000,1.000, 1.000)]	[(2.000,3.000, 4.000)]
Procurement Management	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(0.208,0.266, 0.375)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.125,0.142, 0.166)]	[(2.000,3.000, 4.000)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(0.250,0.333, 0.500)]	[(1.000,1.000, 1.000)]

Step 7: Geometric mean for each criterion i is shown in Table 8. For example, geometric mean of dimension (integration) is calculated: (Eq. 3.3)

$$r_i = [(1.000 * 3.000 * 6.000 * 6.000 * 6.000 * 6.000 * 6.000 * 6.000 * 6.000)^{\frac{1}{9}}; (1.000 * 4.000 * 7.000 * 7.000 * 7.000 * 7.000 * 7.000 * 7.000 * 7.000)^{\frac{1}{9}}; (1.000 * 5.000 * 8.000 * 8.000 * 8.000 * 8.000 * 8.000 * 8.000 * 8.000)^{\frac{1}{9}}] \tag{3.3}$$

$$r_i = [4.552; 5.299; 6.026]$$

Table 8
Geometric means of fuzzy comparison values

Dimension	r _i		
Integration Management	4.552	5.299	6.026
Scope Management	2.794	3.190	3.560
Time Management	0.937	1.178	1.436
Cost Management	0.605	0.787	0.999
Quality Management	1.863	2.247	2.680
Human Resources Management	0.213	0.257	0.329
Communication Management	0.586	0.732	0.935
Risk Management	0.350	0.434	0.546
Procurement Management	0.286	0.353	0.456
Total	12.186	14.477	16.967
Reverse	0.082	0.069	0.059
Increasing order	0.059	0.069	0.082

Step 8: Calculation of fuzzy weights using Equation 1 for each criterion *i* is presented in Table 9. For example, fuzzy weight of the integration management (i) is calculated as follows (Eq. 3.4):

$$w_i = [(4.552 * 0.059); (5.299 * 0.069); (6.026 * 0.082)] \tag{3.4}$$

$$w_i = [0.269; 0.366; 0.494]$$

Table 9
Fuzzy weights of each criterion

Dimension	w_i		
Integration Management	0.269	0.366	0.494
Scope Management	0.165	0.220	0.292
Time Management	0.055	0.081	0.118
Cost Management	0.036	0.054	0.082
Quality Management	0.110	0.155	0.220
Human Resources Management	0.013	0.018	0.027
Communication Management	0.035	0.051	0.077
Risk Management	0.021	0.030	0.045
Procurement Management	0.017	0.024	0.037

Step 9: Clarification of the fuzzy numbers with the area center method is presented in Table 10. For example, clarification of the integration management (i) is calculated as follows (Eq. 3.5):

$$M_i = \frac{0.269+0.366+0.494}{3} = 0.376 \tag{3.5}$$

Step 10: Normalization of the clarified numbers and calculation of each criterion weight are presented in Table 10. For example, normalization of the integration management (i) is calculated as follows (Eq. 3.6):

$$N_i = \frac{0.376}{1.037} = 0.362 \tag{3.6}$$

Table 10
De-fuzzified (M_i) and normalized (N_i) relative weights of criteria

Dimension	M_i	N_i
Integration Management	0.376	0.362
Scope Management	0.226	0.218
Time Management	0.085	0.082
Cost Management	0.057	0.055
Quality Management	0.162	0.156
Human Resources Management	0.019	0.018
Communication Management	0.054	0.052
Risk Management	0.032	0.030
Procurement Management	0.026	0.025

All weights of all dimensions, maturity items are demonstrated in Table 11. Weights of the maturity items are also obtained as the calculation of the dimensions' weights. The demonstration of the item weights' calculation is not presented due to the same steps of the dimensions. Total weights are obtained as multiplying the dimensions' weight and item weights.

Table 11

Item and total weights

Dimensions	Maturity items	Item weights	Total weights
Integration Management (0.362)	Project Charter	(0.255)	(0.092)
	Project Management Plan	(0.217)	(0.079)
	Project Control	(0.205)	(0.074)
Scope Management (0.218)	Scope Definition	(0.210)	(0.046)
	Work Breakdown Structure	(0.172)	(0.037)
	Scope Control	(0.160)	(0.035)
Time Management (0.082)	Activity Definition	(0.180)	(0.015)
	Activity Resource Determination	(0.090)	(0.007)
	Schedule Control	(0.154)	(0.012)
Cost Management (0.055)	Financial and Sustainability Targets	(0.047)	(0.003)
	Budget Determination	(0.119)	(0.007)
	Cost Control	(0.034)	(0.002)
Quality Management (0.156)	Quality Plan Preparation	(0.097)	(0.015)
	Quality Plan Employment	(0.128)	(0.020)
	Quality Control	(0.235)	(0.037)
Human Resources Management (0.018)	Human Resources Plan Preparation	(0.069)	(0.001)
	Project Team Training	(0.214)	(0.004)
	Project Team Management	(0.105)	(0.002)
Communication Management (0.052)	Stakeholder Communication	(0.043)	(0.002)
	Communication Plan Preparation	(0.102)	(0.005)
	Information Sharing	(0.113)	(0.006)
Risk Management (0.030)	Risk Definition	(0.045)	(0.001)
	Risk Analysis Methods	(0.114)	(0.003)
	Risk Measurements Planning	(0.103)	(0.003)
Procurement Management (0.025)	Procurement Plan Preparation	(0.056)	(0.001)
	Supplier Determination	(0.099)	(0.002)
	Procurement Contract Management	(0.119)	(0.003)

As a result, maturity levels determined by the combination of score of maturity items and weights are calculated. Table 12 summarizes these dependent parameters of the maturity level formulation. Quality management has the highest maturity level while risk management level is the lowest.

Table 12

Maturity levels of dimensions and maturity items

Dimensions /	M_D	Maturity items	M_{Dli}	g_{Dli}
Integration Management	3.3	Project Charter	3	(0.255)
		Project Management Plan	3	(0.217)
		Project Control	4	(0.205)
Scope Management	2.4	Scope Definition	3	(0.210)
		Work Breakdown Structure	2	(0.172)
		Scope Control	2	(0.160)
Time Management	2.4	Activity Definition	3	(0.180)
		Activity Resource Determination	2	(0.090)
		Schedule Control	2	(0.154)
Cost Management	1.6	Financial and Sustainability Targets	1	(0.047)
		Budget Determination	2	(0.119)
		Cost Control	1	(0.034)
Quality Management	3.5	Quality Plan Preparation	4	(0.097)
		Quality Plan Employment	4	(0.128)
		Quality Control	3	(0.235)
Human Resources Management	1.8	Human Resources Plan Preparation	1	(0.069)
		Project Team Training	2	(0.214)
		Project Team Management	2	(0.105)
Communication Management	2	Stakeholder Communication	2	(0.043)
		Communication Plan Preparation	2	(0.102)
		Information Sharing	2	(0.113)
Risk Management	1.4	Risk Definition	1	(0.045)
		Risk Analysis Methods	2	(0.114)
		Risk Measurements Planning	1	(0.103)
Procurement Management	2.3	Procurement Plan Preparation	1	(0.056)
		Supplier Determination	2	(0.099)
		Procurement Contract Management	3	(0.119)

After the calculation process, a visual graph named radar chart is performed to depict the maturity levels. This ensures an analysis of different dimensions in the same environment and comparing them. Analysing the results on the chart in Figure 3, it can be observed that quality management has the higher maturity level. Cost, human resources, risk and procurement management dimensions have the lower maturity levels. Accordingly, the necessary improvements should be employed on these low levels.

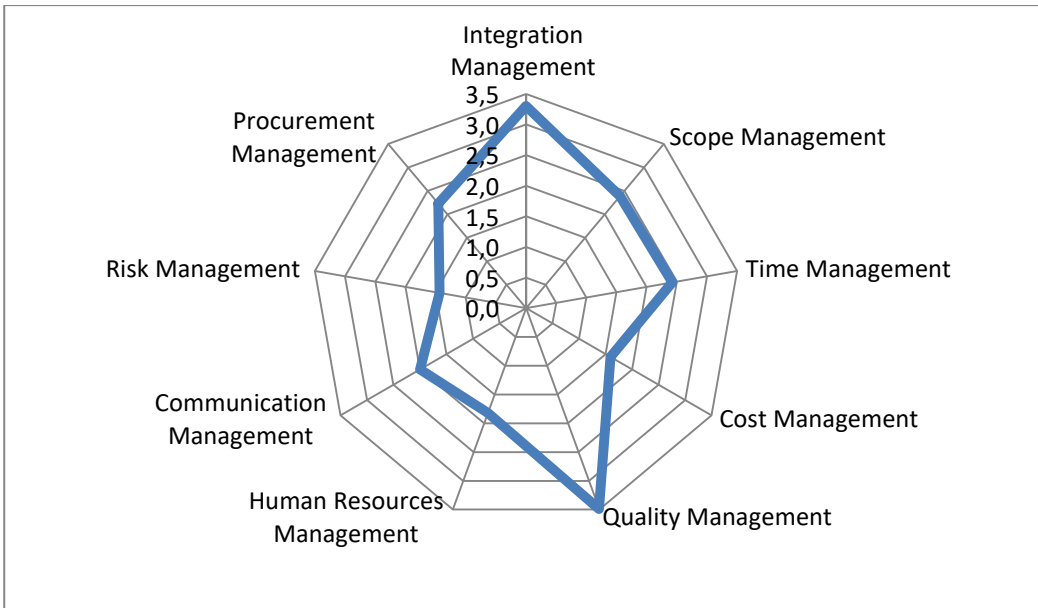


Figure 3. A radar chart for the dimensions

A radar chart is also depicted to show the maturity levels of the maturity items. The results on the chart in Figure 4 provide that project control under the dimension integration management and scope definition under the dimension scope management have the higher maturity levels. Project management plan and scope control items have the lower maturity levels. Accordingly, the measures should be taken on these low levels.

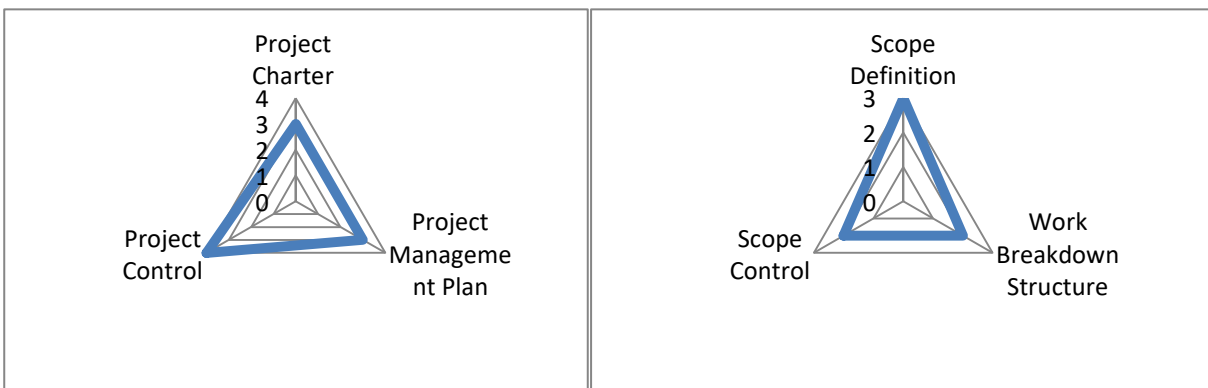


Figure 4. Radar charts for the maturity items

3.1. Sustainability Action plans

Considering the results and findings presented in previous section, recommendations are presented as an action plan in Table 13.

Table 13

Action plans for each dimension/maturity items

Action 1 Project integration management

Action 1.1. Sustainability in project integration management integrating economical, environmental and social metrics

Action 1.2. Inclusion of sustainability aims with the Project Charter

Action 1.3. Developing an economically viable, environmentally sound and socially responsible project management plan

Action 2 Scope management

Action 2.1. Incorporating of initiatives for the sustainability issues

Action 2.2. Inclusion of the organizational culture, structure, value

Action 3 Time management

Action 3.1. Actively managing the expectations of project team members to develop schedule

Action 3.2. Estimating schedule activity durations regarding conditions of work, health and safety of project team members

Action 4 Cost management

Action 4.1. Analysing of the balance between cost and benefits

Action 4.2. Higher priority to financial budget for sustainability metrics

Action 4.3. Allocation of financial resources for improving the project maturity

Action 4.4. Comprehensive cost analysis of environmental impacts

Action 5 Quality management

Action 5.1. Training on quality

Action 5.2. Incorporating sustainability considerations into company quality standards

Action 5.3. Building a firm culture that emphasizes sustainable quality management

Action 6 Human resource management

Action 6.1. Knowledge sharing to provide optimal communication for project team members

Action 6.2. A professional training program on the current project processes

Action 6.3. Improving the organizational learning

Action 6.4. Selection staff positions based on the required skills and experience

Action 6.5. Sufficient income for project team workers

Action 7 Communications management

Action 7.1. Constant feedback to customers

Action 7.2. Constant information to project managers about project status

Action 7.3. Constant communication between internal and external customers

Action 7.4. Development of internal communications through brainstorming, focus groups

Action 7.5. Wider impacts are considered such as social responsibility, global networks

Action 7.6. Improving digital communication

Action 8 Risk management

Action 8.1. Development of risk responses and monitoring risks

Action 8.2. Using a risk breakdown structure

Action 8.3. Focusing on important tasks

Action 8.4. Defining risks arising from environmental and social problems regarding previous projects

Action 9 Procurement management

Action 9.1. Development of rigorous procurement protocols

Action 9.2. Selection of suppliers including sustainability criteria

Action 9.3. Providing transparent contracts

4. Conclusion

In recent years, self-evaluation systems of the organizations have been attracted considerable attention. Maturity models are vital importance for the decision makers to measure the abilities. PMMM are important to decide whether or not the project managers take into account the improvement. PM area has great potential to outline how processes are designed based on the maturity aims. The weighted maturity score calculation can be used to evaluate the maturity levels, to improve the PM abilities. The present paper ensures a scientific view using the HF-AHP to decide the weights of maturity model and a practical view conducting implementation of the tool to a real organization. This research is first attempt to propose a PMMM, consid-

ering a series of dimensions and maturity items and sustainability metrics for a logistics firm. WMSC model is also used first for the PM knowledge areas. Impact of the Likert scale on the maturity items is investigated and HF-AHP is first used to calculate the dimension and item weights of PMMM. The proposed maturity model ensures to analyse its current and expected levels and to develop action plans. The limitation of the study is that the data is obtained by an organization therefore, they cannot be generalized. For future studies, an expert system should be developed to ensure real time, dynamic solutions for maturity gaps. Focusing on social and cultural aspects of maturity items could be evaluated by the researchers. For future works, scenario-based stochastic programming modelling and other decision making methods are recommended.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Author Contributions

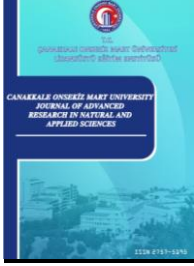
Elifcan Göçmen Polat: Designed and performed the study and wrote the paper.

References

- Backlund, F., Chronéer, D., & Sundqvist, E. (2014). Project Management Maturity Models-A Critical Review: A Case Study within Swedish Engineering and Construction Organizations. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, 837-846. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.094>
- Bolat, B., Kuşdemir, A., Uslu, İ. C., & Temur, G. T. (2017). An Assessment for IT Project Maturity Levels. *International Journal of Information Technology Project Management (IJITPM)*, 8(2), 1-16. <https://doi.org/10.4018/IJITPM.2017040101>
- Brookes, N., Butler, M., Dey, P., & Clark, R. (2014). The Use of Maturity Models in Improving Project Management Performance: An Empirical Investigation. *International Journal of Managing Projects in Business*. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-03-2013-0007>
- Caiado, R. G. G., Scavarda, L. F., Gavião, L. O., Ivson, P., de Mattos Nascimento, D. L., & Garza-Reyes, J. A. (2021). A Fuzzy Rule-Based Industry 4.0 Maturity Model for Operations and Supply Chain Management. *International Journal of Production Economics*, 231, 107883. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107883>
- Chou, S. W., & Chang, Y. C. (2008). The Implementation Factors that Influence the ERP (Enterprise Resource Planning) Benefits. *Decision support systems*, 46(1), 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2008.06.003>
- Cooke-Davies, T. J., & Arzymanow, A. (2003). The Maturity of Project Management in Different Industries: An Investigation into Variations Between Project Management Models. *International Journal of Project Management*, 21(6), 471-478. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00084-4](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00084-4)
- Crawford, J. K. (2007). *Project Management Maturity Model* (pp. 471-478). Boca Raton, FL: Auerbach Publications.
- de Souza, T. F., & Gomes, C. F. S. (2015). Assessment of Maturity in Project Management: A Bibliometric Study of Main Models. *Procedia Computer Science*, 55, 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.012>
- de Souza Scotelano, L., da Conceição, R. D. P., da Costa Leonídio, U., & de Jesus, C. S. (2017). Project Management Maturity Model: The Case in an Automotive Industry in Brazil. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(4), 500-507. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2017.v14.n4.a6>
- Farrokh, J., & Mansur, A. K. (2013). Project Management Maturity Models and Organizational Project Management Maturity Model (OPM3®): A Critical Morphological Evaluation. *Project management*, 2(7), 23-33. doi.org/10.5281/zenodo.1070695
- Fengyong, Z., & Renhui, L. (2007). Study on Framework of Construction Project Management Maturity Model. In *2007 International Conference on Service Systems and Service Management* (pp. 1-5). IEEE. [10.1109/ICSSSM.2007.4280298](https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2007.4280298)
- Gasik, S. (2019). A Proposal of Governmental Project Management Maturity Model. *PM World Journal*, 8(9), 8-25. Retrieved from: <https://pmworldlibrary.net/wp-content/uploads/2019/10/pmwj86-Oct2019-Gasik-governmental-project-management-maturity-model-proposal2.pdf>

- Görög, M. (2016). A Broader Approach to Organisational Project Management Maturity Assessment. *International Journal of Project Management*, 34(8), 1658-1669. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.08.011>
- Guangshe, J., Li, C., Jianguo, C., Shuisen, Z., & Jin, W. (2008). Application of Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) To Construction in China: An Empirical Study. In *2008 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering* (Vol. 2, pp. 56-62). IEEE. [10.1109/ICIII.2008.182](https://doi.org/10.1109/ICIII.2008.182)
- Hatamleh, M. T., Moynihan, G. P., Alzarrad, M. A., & Batson, R. G. (2020). Using the Project Management Maturity Models to Evaluate Organizational Implementation In Jordan: A Case Study. *International Journal of Construction Project Management*, 12(1), 17-31. Retrieved from: <https://www.proquest.com/openview/0ed755608ffae73ec8d674e0641c5207/1?cbl=2034868&pq-origsite=gscholar>
- Heldman, K. (2018). PMP: Project Management Professional Exam Study Guide. John Wiley & Sons. Retrieved from: <https://books.google.com.tr/>
- Irfan, M., Hassan, M., Hassan, N., Habib, M., Khan, S., & Nasruddin, A. M. (2020). Project Management Maturity and Organizational Reputation: A Case Study of Public Sector Organizations. *IEEE Access*, 8, 73828-73842. [10.1109/ACCESS.2020.2988511](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988511)
- Jamaluddin, R., Chin, C. M. M., & Lee, C. W. (2010). Understanding the Requirements for Project Management Maturity Models: Awareness of the ICT Industry in Malaysia. In *2010 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1573-1577). IEEE. [10.1109/IEEM.2010.5674174](https://doi.org/10.1109/IEEM.2010.5674174)
- Kerzner, H. (2002). Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity Model. United States: New York : John Wiley. Retrieved from: <https://books.google.com.tr/>
- Khalema, L. S., Van Waveren, C. C., & Chan, K. Y. (2015). The Relationship Between Project Management Office Maturity and Organisational Project Management Maturity: An Empirical Study Of The South African Government Infrastructure Departments. *South African Journal of Industrial Engineering*, 26(3), 12-26. <https://doi.org/10.7166/26-3-1021>
- Lianying, Z., Jing, H., & Xinxing, Z. (2012). The Project Management Maturity Model and Application Based On PRINCE2. *Procedia Engineering*, 29, 3691-3697. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.554>
- Lores, L., Nguyen, P. T., Lydia, E. L., & Shankar, K. (2019). Role of Project Management Maturity: Substantial Interest to Assess and Improve Development of Viable Methods. *Religación*, 4, 286-291. Retrieved from: <https://media.neliti.com/media/publications/332059-role-of-project-management-maturity-subs-4e72b30e.pdf>
- Marcelino-Sádaba, S., González-Jaen, L. F., & Pérez-Ezcurdia, A. (2015). Using Project Management as a Way to Sustainability. From A Comprehensive Review to A Framework Definition. *Journal of cleaner production*, 99, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.020>
- Meisner, R. (2007) MINCE®-A Framework for Organizational Maturity. 1st edn. Van Haren. Retrieved from: <http://www.vanstockum.nl/document/16428202.pdf>
- Nenni, M. E., Arnone, V., Boccardelli, P., & Napolitano, I. (2014). How to Increase the Value of the Project Management Maturity Model as a Business-Oriented Framework. *International Journal of Engineering Business Management*, 6, 8. <https://doi.org/10.5772/58292>
- Ofori, D., & Deffor, E. W. (2013). Assessing Project Management Maturity in Africa: A Ghanaian Perspective. *International Journal of Business Administration*, 4(6), 41. doi:10.5430/ijba.v4n6p41
- (OGC) Office of Government Commerce (2011) Best Management Practice Portfolio. GOV.UK. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/best-management-practice-portfolio>
- Pasian, B., Sankaran, S., & Boydell, S. (2012). Project Management Maturity: A Critical Analysis of Existing and Emergent Factors. *International Journal of Managing Projects in Business*. <https://doi.org/10.1108/17538371211192946>
- Project Management Institute (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK). (5th ed.), Project Management Institute (PMI), Inc, Newtown Square, Pennsylvania. Retrieved from: <https://www.pmi.org/learning/library/pm-maturity-industry-wide-assessment-9000>.
- Sanchez, F., Steria, S., Bonjour, E., Micaelli, J. P., & Monticolo, D. (2020). An Approach Based on Bayesian Network for Improving Project Management Maturity: An Application To Reduce Cost Overrun Risks In Engineering Projects. *Computers in Industry*, 119, 103227. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103227>

- Schumacher, A., Erol, S., & Sihh, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia Cirp*, 52, 161-166.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Spalek, S. (2015). Establishing a Conceptual Model for Assessing Project Management Maturity in Industrial Companies. *International Journal of Industrial Engineering*, 22(2). Retrieved from:
<http://dydaktyka.polsl.pl/roz6/sspalek/Lists/Publikacje/Attachments/34/IJIE-SPALEK.pdf>
- Tahri, H., & Drissi-Kaitouni, O. (2015). New Design for Calculating Project Management Maturity (PMM). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 181, 171-177.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.878>
- Tharp, J. (2012). Project management and global sustainability. Paper presented at PMI® Global Congress 2012-EMEA, Marsailles, France. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Wijaksono, F. A., Pratami, D., & Bay, A. F. (2020, July). Measurement of Risk Project Maturity Using Organizational Project Management Maturity Model (Opm3): Study Case Of Construction Project In Bandung. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 852, No. 1, p. 012098). IOP Publishing. 10.1088/1757-899X/852/1/012098
- Wysocki, R. K. (2014). *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme* (7 Ed.). John Wiley & Sons. Retrieved from: <https://books.google.com>.



Evaluation of The Use R450A as an Alternative to R134a in Low and Medium Temperature Heat Pump Systems: 4-E (Energy, Exergy, Environmental and Enviro-Economic) Analysis

Ragıp Yıldırım^{1*}

¹Department of Electricity and Energy, Bucak Emin Gulmez Vocational School of Technical Sciences, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur, Turkey

Article History

Received: 19.05.2021

Accepted: 09.09.2021

Published: 15.12.2021


Research Article

Abstract – This investigation presents a theoretical evaluation of the use R450A replace to R134a in the low and medium temperature heat pump systems. The energy, exergy, environmental and enviro-economic analyzes of heat pumps have been performed for two refrigerants (R134a and its alternative R450A). The thermodynamic and environmental analyses have been made for two heat source temperatures (10 °C and 20 °C) and six heat sink temperatures (from 30 °C to 55 °C). It has been observed that R450A's mass flow rate is lower than R134a. Because the density of R450A in the heat pump suction line is lower than R134a. Although the heating capacity of R134a is more than R450A, the reason why R134a has a similar COP value with R450A is that R450A's compressor energy consumption is lower than R134a. Exergy destruction occurred mostly in the compressor under all operating conditions for both refrigerants. At low heat sink temperatures, minimum exergy destruction occurs in the expansion valve, as the minimum exergy destruction occurs in the evaporator at high heat sink temperatures. The exergy results show that R450A behaves similarly to R134a. In conclusion, as alternative refrigerant R450A can be used in heat pumps replace to R134a according to energy, exergy, environmental and environmental-economic analysis results.

Keywords – Climate change, energy and exergy, global warming, heat pump, new generating refrigerants

1. Introduction

Heat pump is known as an effective method to generate high-temperature heat energy. Heat pump absorbs heat from many sources such as air, soil and industrial waste and it supplies hot water (Jiang et al., 2021; Mateu-Royo et al., 2021). The raising of heat pump output temperature affects the usage areas of the heat pump system. Therefore, a heat pump is replacing a conventional building or industrial boilers (coal and oil burning boiler, flammable gas boiler, electrical heater, and so on) (Zhang et al., 2016). The schematic of air and ground (geothermal) source heat pump for low and medium temperature warming applications is seen in Figure 1.

¹  ryildirim@mehmetakif.edu.tr

*Corresponding Author

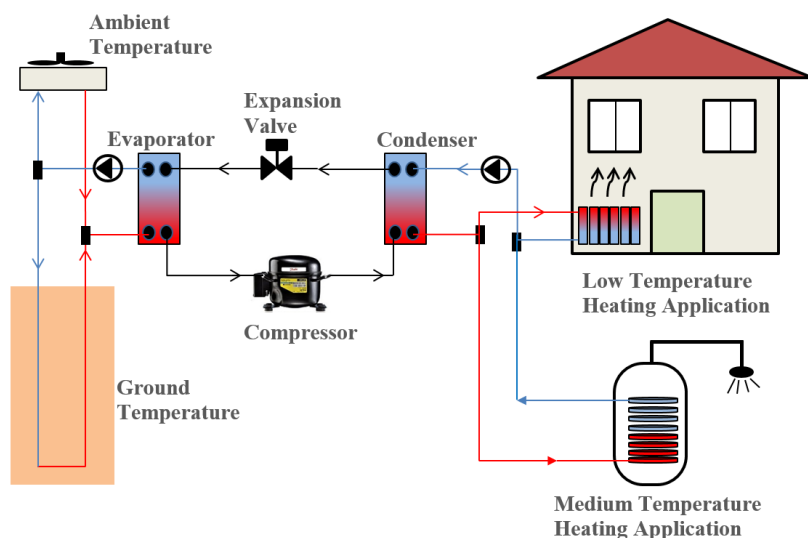


Figure 1. Schematic of the air and ground (geothermal) source heat pump system for low and medium temperature heating applications

The refrigerants used in heat pumps and operating temperatures significantly affect the efficiency (COP) of heat pumps. For this reason, it is significant to choose suitable refrigerants to achieve high efficiency under desired operating conditions (Yang et al., 2021). Calm has examined the development of refrigerants since 1830 in four categories (Figure 2). The refrigerants used in vapor compression systems reason environmental pollution, depleting the ozone layer and cause global warming. Many legal regulations have been made to diminish the effect of refrigerants on the environment. In addition, with Montreal Protocol's Kigali Amendment on January 1, 2019, coming into force, strict requirements have been imposed for refrigerants. For example, HFCs (Hydrofluorocarbons) have been included in organized schedules (Arora et al., 2018; Calm, 2008; Ciconkov, 2018; Heredia-Aricapa et al., 2020; Yang et al., 2021). These days, researchers have been seeking alternative refrigerants which have low global warming potential (GWP) and zero ozone depletion potential (ODP) to deal with global warming.

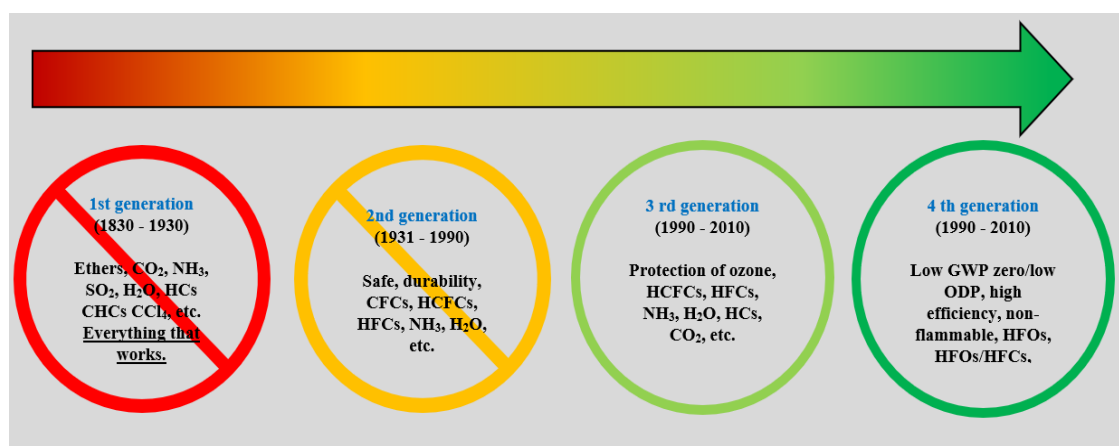


Figure 2. Progression of refrigerants development since 1830 (Calm, 2008)

R1234yf and R1234ze refrigerants in the hydrofluorofins (HFOs) group are the first synthetic refrigerants with a low GWP rate developed to replace R134a. R1234yf and R1234ze have low GWP (smaller than 1) and low flammability. The advantages and disadvantages of these fluids were examined in a lot of theoretical and experimental studies. R1234yf does not enhance the cooling capacity and modifications are necessary to use R1234ze (Yildirim & Yildiz, 2020a, 2020b; Zilio et al., 2011). HFC/HFO mixtures can eliminate some disadvantages of pure HFOs and improve their thermal properties. Recently, new generation refrigerants with low GWP refrigerants made of HFC/HFO binary mixture have been improved (R513A and R450A).

R513A refrigerant made from mixing R134a/R1234yf binary mixture at a ratio of 44/56 percent by mass. The ODP of R513A refrigerant is zero and its GWP ratio is half that of R134a refrigerant. R450A refrigerant is another low GWP refrigerant mixture that can be used in place of R134a. R450A refrigerant consists of a combination of R1234ze (E)/R134a with a ratio of 58/42 percent by mass. Its global warming potential is 547. Similar to R134a, R513A and R450A refrigerants are non-toxic and non-flammable fluids and classified as non-flammable and non-toxic fluids (A1) by ASHRAE (Llopis et al., 2017; Velasco et al., 2021).

There are many studies within the literature on the utilization of HFC, HFO and HFC/ HFO binary mixtures in vapor compression systems. Llopis et al. (2017) experimentally examined 450A and R513A refrigerant as an alternative to R507A and R134a in a cooling system. They evaluated their experimental results concerning the system's compressor power consumption of 24 hours. They point out that the compressor consumption of R513A and R450A refrigerants is slightly above R134a, but they're directly effective in decrease greenhouse emission emissions. Devecioğlu & Oruç, (2018) theoretically investigated the energy performances of R1234ze, R1234yf, R445A, R513A and R450A refrigerants, which are alternative to R134a refrigerant, which have low GWP values. For the energy and exergy analysis of refrigerants, they used three different vapor compression cycles: simple refrigeration cycle, simple refrigeration cycle has internal heat exchanger, and two-stage cascade refrigeration cycle. They explained that the COP value of R450A refrigerant is extremely almost like R134a refrigerant and R450A's GWP value is 58% less than R134a. The highest COP value for all operating conditions and refrigerants was seen in the simple refrigeration cycle with an internal heat exchanger. The highest exergy efficiency for all three refrigeration cycles has been achieved when using the R445A refrigerant. Gatarić & Lorbek (2021) have experimentally studied that using R450A as an alternative to R134a in a household heat pump tumble dryer. They explained that R450A can be used as a good alternative to R134a in heat pump tumble dryers. Gill et al., (2019) experimentally investigated the exergy analysis of vapor compression refrigeration system for R134a and R450A. They stated that the exergy destruction rate and exergy efficiency of the vapor compression system using R450A refrigerant was approximately 15.25% to 27.32% lower and 10.07% to 130.93% higher than R134a, respectively.

As seen in the literature studies given above, R450A refrigerant can be used instead of R134a. In addition, R450A significantly reduces the global warming potential. However, it has been observed that the studies in the literature generally focus on the energetic and exergetic analysis of the cooling system. There is no comprehensive study of the potential of these refrigerants for use in medium or high-temperature heat pump systems. In this paper, the use of R450A instead of R134a in low and medium-temperature heat pump systems was evaluated. The energy, exergy, environmental and enviro-economic analyzes of heat pump have been performed for R134a and its alternative R450A.

2. Materials and Methods

The single-stage heat pump system given in Figure 3 was used to evaluate the performance of R134a and R450A. While making theoretical calculations, some assumptions are made that can be applied to all refrigerants. Some of the assumptions made in this investigation are given in Table 1. The main properties of R134a and R450A are presented in Table 2.

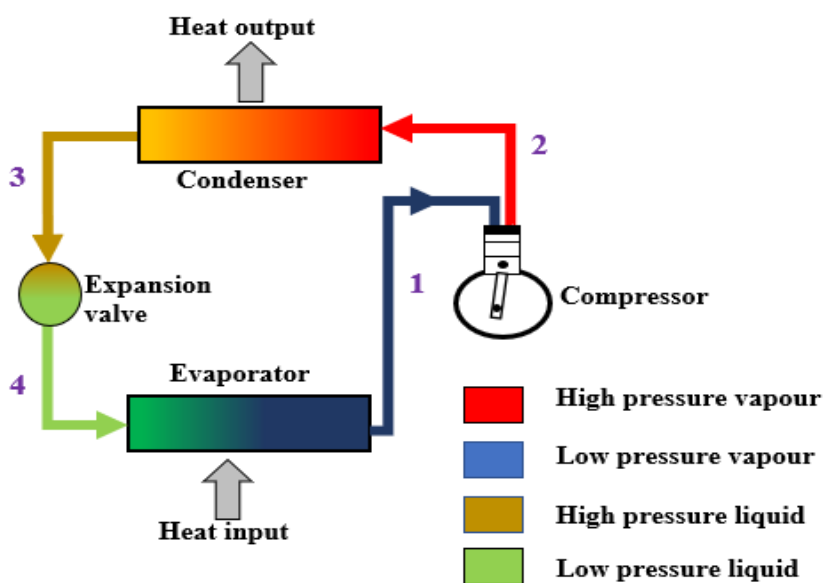


Figure 3. The schematic view of the heat pump

Table 1

Assumptions made for theoretical analysis

Heat sink temperature ($T_{\text{heat,sink}}$)	30 – 55 °C
Heat source temperature ($T_{\text{heat,source}}$)	10 and 20 °C
Superheat temperature ($\Delta T_{\text{superheat}}$)	5 °C
Subcooling temperature ($\Delta T_{\text{subcooling}}$)	5 °C
The temperature difference between heat sink and condenser ($\Delta T_{\text{heat,sink}}$)	10 °C
The temperature difference between heat source and evaporator ($\Delta T_{\text{heat,source}}$)	10 °C
Compressor isentropic efficiency (η)	0.80
Compressor sweep volume	26.11 cm ³ /rev

Table 2

The properties of R134a and R450A (Kumaş & Akyüz, 2020)

Refrigerants	R134a	R450A
Composition	Pure	R134a/R1234ze (E) (42/58 in mass)
GWP	1300	547
ODP	0	0
Critical temperature (°C)	101.10	104.47
Critical pressure (kPa)	4059.30	3814.00
Boiling temperature (°C)	-24.60	-23.36
Liquid density (kg/m ³)*	1295.30	1253.28
Vapor density (kg/m ³)*	14.35	13.93
Liquid c_p (kJ/kg K)*	1.34	1.32
Vapor c_p (kJ/kg K)*	0.89	0.90

*at 0 °C

2.1. Thermodynamics Analyses

2.1.1. Energy Analysis

Energy analysis of the heat pump system has been performed in accordance with to the first law of thermodynamics. The necessary equations for the energy analysis of the heat pump system (Figure 3) are given below (Çengel & Boles M. A., 2008; Chiasson, 2016; Dincer & Kanoğlu, 2010):

The theoretical mass flow rate of refrigerant (\dot{m}_{ref}) (kg/s) is calculated by Equation 2.1.

$$\dot{m}_{\text{ref}} = \rho_{\text{suction}} \dot{V}_{\text{ref}} \quad (2.1)$$

ρ_{suction} indicates the refrigerant suction line density (kg/m³), and \dot{V}_{ref} , indicates the refrigerant volume flow rate (m³/kg).

In the heat pump cycle, s_1 and s_2 indicate the specific entropy (kJ/kg K) value at the compressor inlet and outlet, respectively. Therefore, within the case of isentropic compression, s_1 and s_2 is equal (Equation 2.2).

$$s_1 = s_{2s} \quad (2.2)$$

The ideal compressor energy consumption ($\dot{W}_{\text{compressor,ideal}}$) and the actual compressor energy consumption ($\dot{W}_{\text{compressor,actual}}$) can be calculated with Equation 2.3 and Equation 2.4.

$$\dot{W}_{\text{compressor,ideal}} = \dot{m}_{\text{ref}}(h_{2s} - h_1) \quad (2.3)$$

$$\dot{W}_{\text{compressor,actual}} = \dot{m}_{\text{ref}}(h_2 - h_1) \quad (2.4)$$

Here, h_1 indicates the specific enthalpy (kJ/kg) value of the refrigerant at the compressor inlet, h_{2s} indicates the specific enthalpy value (kJ/kg) at the compressor outlet as a result of isentropic compression. The specific enthalpy (kJ/kg) value (h_2) at the compressor output in the actual heat pump cycle can be calculated with Equation 2.5.

$$h_2 = h_1 + \frac{(h_{2s} - h_1)}{\eta} \quad (2.5)$$

η indicates the compressor's isentropic efficiency. In the heat pump cycle, the heat released from the condenser ($\dot{Q}_{\text{condenser}}$) and the heat is taken from the evaporator ($\dot{Q}_{\text{evaporator}}$) can be calculated with Equation 2.6 and Equation 2.7.

$$\dot{Q}_{\text{condenser}} = \dot{m}_{\text{ref}}(h_2 - h_3) \quad (2.6)$$

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = \dot{m}_{\text{ref}}(h_1 - h_4) \quad (2.7)$$

The refrigerant's enthalpy value at the inlet and outlet of the expansion valve is that the same. Since, there is no work and heat inlet and outlet within the expansion valve (Equation 2.8).

$$h_3 = h_4 \quad (2.8)$$

h_3 and h_4 show the enthalpy value (kJ/kg) at the in and out of expansion valve, respectively. The heating COP (coefficient of performance) can be calculated with Equation 2.9.

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{condenser}}}{\dot{W}_{\text{compressor,actual}}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (2.9)$$

2.1.2. Exergy Analysis

Exergy analysis of the heat pump system has been performed in accordance with to the second law of thermodynamics. The general exergy balance equation for steady flow and control volumes is given in Equation 2.10. In Equation 2.10, $\dot{E}x_d$ indicates exergy destruction rate.

$$\dot{E}x_d = \sum \left(1 - \frac{T_0}{T}\right) \dot{Q} - \dot{W}_{\text{in}} + \sum_{\text{in}} \dot{m} e_i - \sum_{\text{out}} \dot{m} e_i \quad (2.10)$$

The specific exergy (e_i) equation in which kinetic and potential energies are neglected is given in Equation 2.11.

$$e_i = (h_i - h_0) - T_0(s_i - s_0) \quad (2.11)$$

h_0 and s_0 show the specific enthalpy value and specific entropy value of the dead-state point, respectively.

Equations (2.12-2.19) required to calculate the exergy destruction rate and exergy efficiency for every component of the heat pump are dedicated below (Çengel & Boles M. A., 2008; Chiasson, 2016; Dincer & Kanoğlu, 2010):

Compressor:

$$\dot{E}x_{d,\text{compressor}} = \dot{E}x_{d,1-2} = \dot{W}_{\text{compressor,actual}} - \dot{m}_{\text{ref}} [h_2 - h_1 - T_0(s_2 - s_1)] \quad (2.12)$$

$$\eta_{\text{ex,compressor}} = 1 - \frac{\dot{E}x_{d,\text{compressor}}}{\dot{W}_{\text{compressor,actual}}} \quad (2.13)$$

Condenser:

$$\dot{E}x_{d,\text{condenser}} = \dot{E}x_{d,2-3} = \dot{m}_{\text{ref}} [h_2 - h_3 - T_0(s_2 - s_3)] - \dot{Q}_{\text{condenser}} \left(1 - \frac{T_0}{T_H}\right) \quad (2.14)$$

$$\eta_{\text{ex,condenser}} = 1 - \frac{\dot{E}x_{d,\text{condenser}}}{\dot{E}x_2 - \dot{E}x_3} \quad (2.15)$$

Expansion valve:

$$\dot{E}x_{d,\text{AXV}} = \dot{E}x_{d,3-4} = \dot{m}_{\text{ref}} [h_3 - h_4 - T_0(s_3 - s_4)] \quad (2.16)$$

$$\eta_{\text{ex,AXV}} = 1 - \frac{\dot{E}x_{d,\text{AXV}}}{\dot{E}x_3 - \dot{E}x_4} \quad (2.17)$$

Evaporator:

$$\dot{E}x_{d,\text{evaporator}} = \dot{E}x_{d,4-1} = \dot{m}_{\text{ref}} [h_4 - h_1 - T_0(s_4 - s_1)] - \left[-\dot{Q}_{\text{evaporator}} \left(1 - \frac{T_0}{T_L}\right)\right] \quad (2.18)$$

$$\eta_{\text{ex,evaporator}} = 1 - \frac{\dot{E}x_{d,\text{evaporator}}}{\dot{E}x_4 - \dot{E}x_1} \quad (2.19)$$

After calculating the exergy destruction of components of the heat pump, the global exergy destruction rate ($\dot{E}x_{d,\text{system}}$) and the exergy efficiency ($\eta_{\text{ex,system}}$) of the heat pump can be calculated with Equation 2.20 and Equation 2.21, respectively.

$$\dot{E}x_{d,\text{system}} = \dot{E}x_{d,1-2} + \dot{E}x_{d,2-3} + \dot{E}x_{d,3-4} + \dot{E}x_{d,4-1} \quad (2.20)$$

$$\eta_{\text{ex,system}} = 1 - \frac{\dot{E}x_{d,\text{system}}}{W_{\text{compressor,actual}}} \quad (2.21)$$

The assumptions made for exergy analysis are given below:

- The dead-state pressure (P_0) was assumed to be 101.325 kPa.
- The dead state temperature (T_0) is assumed to be 298 K.

2.1.3. Environmental Analysis

The equation of environmental analysis is given below (Equation 2.22) (Caliskan, 2017):

$$x_{\text{CO}_2} = EM \dot{W}_{\text{compressor}} t \quad (2.22)$$

x_{CO_2} , EM, $\dot{W}_{\text{compressor}}$ and t show greenhouse gas emission released in a certain period (kgCO₂/time), emission value of the energy source option used in electricity generation (kgCO₂/kWh), the power consumption of the compressor system (kW) and operating time of system in a certain period (h/time), respectively.

2.1.4. Enviro-economic Analysis

The equation of enviro-economic analysis is given below (Equation 2.23) (Caliskan, 2017):

$$C_{\text{CO}_2} = c_{\text{CO}_2} x_{\text{CO}_2} \quad (2.23)$$

x_{CO_2} is the value of environmental analysis (kgCO₂/time), c_{CO_2} is price of the CO₂ emission (\$/kgCO₂) and C_{CO_2} is enviro-economic result (\$/time).

The acceptances made to perform environmental and enviro-economic analysis are dedicated in Table 3.

Table 3

Assumptions made for environmental and enviro- economic analysis

Heating capacity	1 kW
t	12 h/day
EM	0.523 kgCO ₂ /kWh (Atilgan & Azapagic, 2016)
c_{CO_2}	14.5 \$/tonCO ₂ (Caliskan, 2017)

3. Results and Discussion

In this investigation, the use of R450A refrigerant instead of R134a in low and medium-temperature heat pump systems has been investigated. The energy, exergy and environmental impact analysis of heat pump system were performed for R134a and its alternative R450A.

3.1. Results of Energy Analysis

The energy analysis of the heat pump system has been made according to first law of thermodynamics. In the case of using R134a and R450A refrigerants in the heat pump system, mass flow rate, compressor energy consumption, cooling capacity and heating capacity are given in Figure 4.

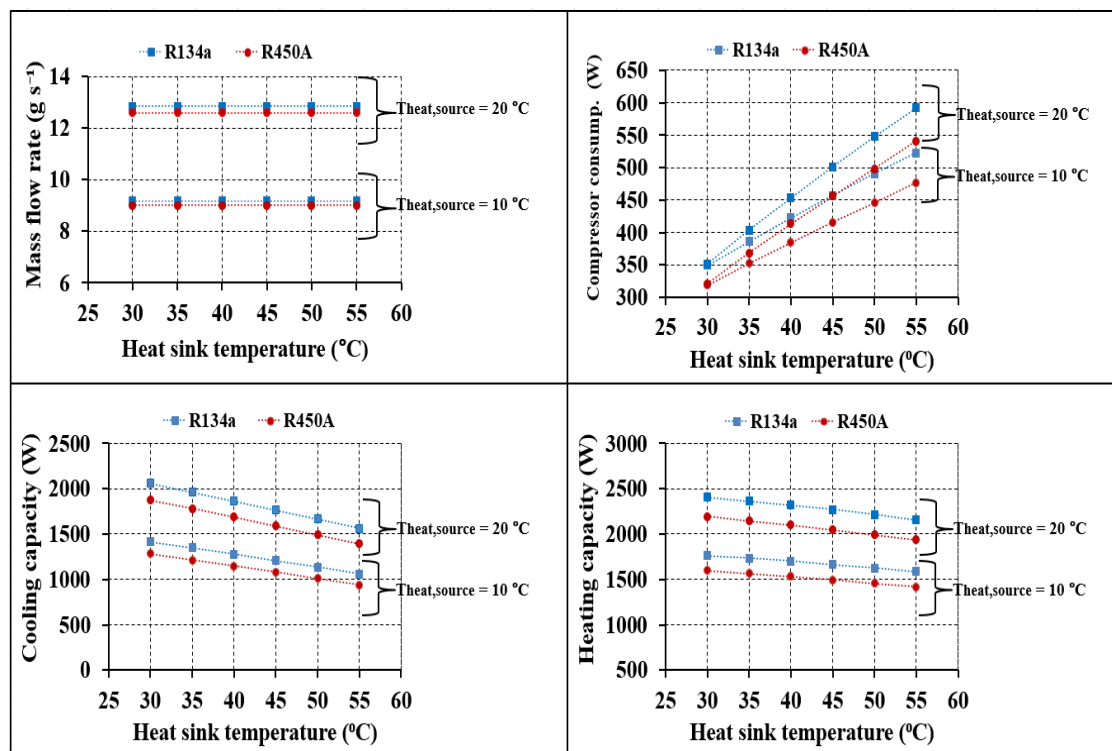


Figure 4. The mass flow rate, compressor energy consumption, cooling capacity and heating capacity of refrigerants

At 10 °C heat source temperature, the mass flow rate of R134a and R450A is 9.18 g/s and 9.01g/s, respectively. At 20 °C heat source temperature, the mass flow rate of R134a and R450A is 12.85 g/s and 12.59 g/s, respectively. As seen in Figure 4, R134a has a higher mass flow rate than R450A. This is an expected result. Because the suction line density of R134a is higher than R450A. Under ideal conditions, the condenser temperature does not influence the refrigerant mass flow rate.

Compressor energy consumption depends on the refrigerant mass flow rate and the specific compression work. Compressor energy consumption is one of the parameters affecting the performance coefficient (COP) of the heat pump system. As seen in Figure 4, the compressor energy consumption of R134a is higher than R450. At 10 °C heat source temperature, the compressor energy consumption of R134a varies between 348.90 W and 522.71 W, while the compressor energy consumption of R450A varies between 318.66 W and 476.86 W.

The cooling capacity of the refrigerants relies on the refrigerant mass flow rate and the cooling effect (evaporator enthalpy difference). Figure 4 clearly shows that R134a has a higher cooling capacity than R450A. Because R134a has both a cooling effect (evaporator enthalpy difference) and a mass flow rate higher than R450A. At 10 °C heat source temperature, the cooling capacity of R134a varies between 1414.70 W and 1062.58 W, while the cooling capacity of R450A varies between 1281.30 W and 940.75 W.

The heating capacity of the refrigerants relies on the refrigerant mass flow rate and the heating effect (condenser enthalpy difference). As seen in Figure 4, R134a has a higher heating capacity than R450A. Because R134a of the heating effect (condenser enthalpy difference) and mass flow rate higher than R450A. At 10 °C

heat source temperature, the heating capacity of R134a varies between 1763.60 W and 1585.29 W, while the heating capacity of R450A varies between 1599.95 W and 1417.61 W.

The comparison of R134a and R450A's COP values is given in Figure 5. As the heat sink temperature increases, the COP value of both refrigerants decreases. As the heat sink temperature increases, the COP value of both refrigerants decreases. Because, when the heat sink temperature increases, the heating capacity of refrigerants diminishes, and compressor consumption of refrigerants rises. When we examine the COP values of refrigerants, it is seen that they are almost similar.

For example, at 10 °C heat source temperature and 30 °C, 35 °C, 40 °C 45 °C, 50 °C and 55 °C heat sink temperatures, the COP value of R134a is 5.05, 4.49, 4.03, 3.64, 3.32 and 3.03, respectively. Under the same conditions, the COP value of R450A is 5.02, 4.45, 3.99, 3.60, 3.27 and 2.97, respectively.

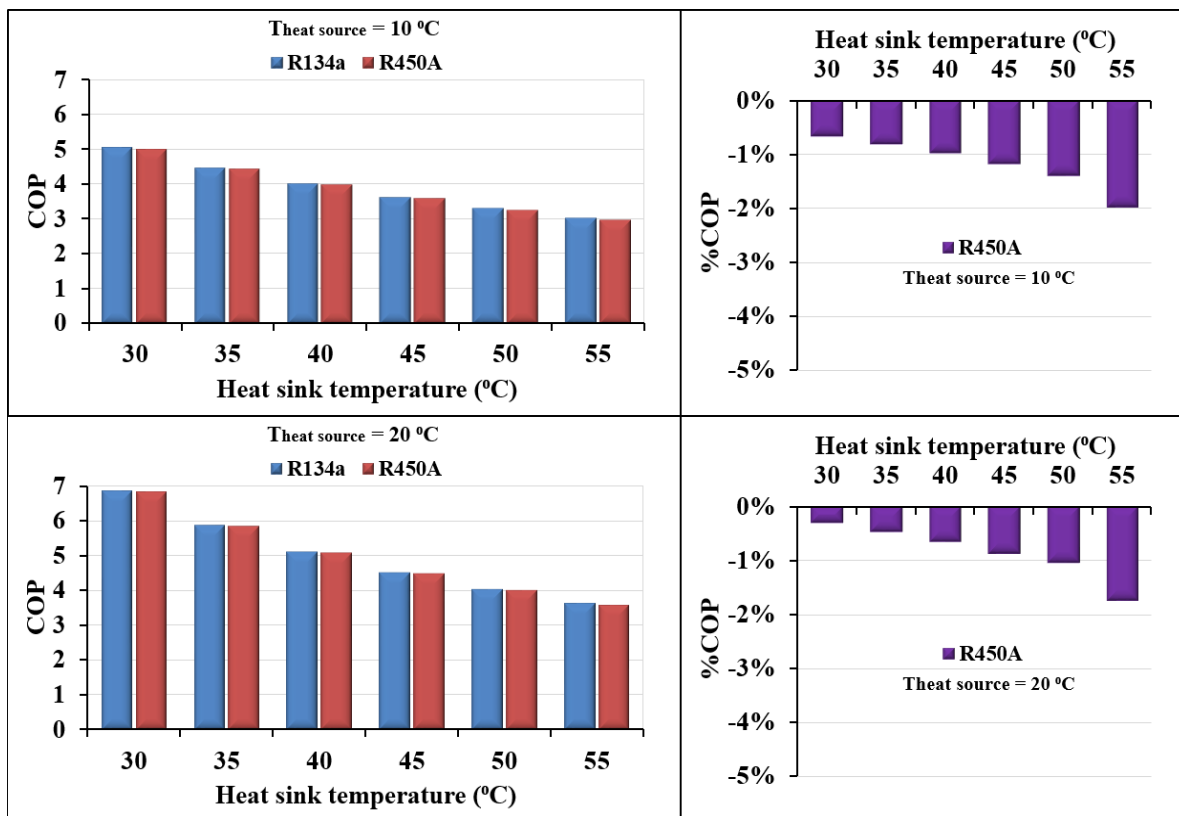


Figure 5. The comparison of R134a and R450A's the COP values

3.2. Results of Exergy Analysis

The exergy analysis of heat pump system has been made according to second law of thermodynamics. The total exergy destruction rate and exergy efficiency of the heat pump system are given in Figure 6.

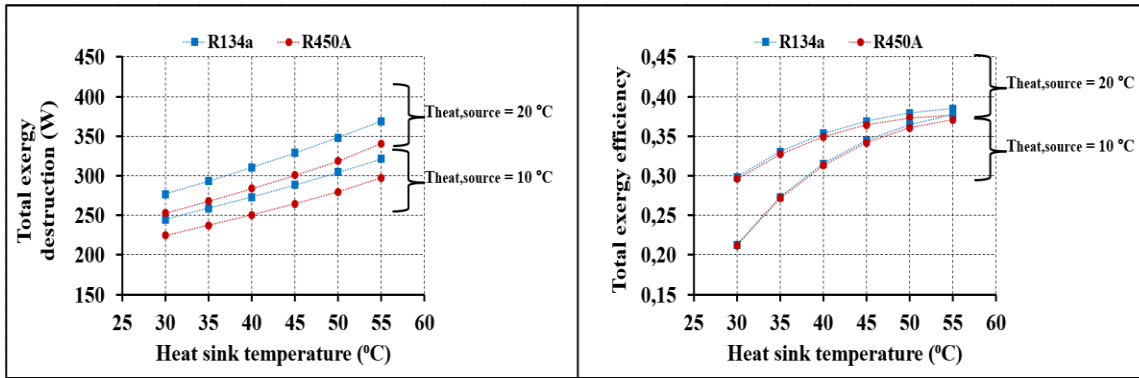


Figure 6. Total exergy performance of heat pump system

At 10 °C heat source temperature and 30 °C, 35 °C, 40 °C 45 °C, 50 °C and 55 °C heat sink temperatures, the exergy destruction rate of R134a is 244.87 W, 258.68 W, 273.14 W, 288.36 W, 304.40 W and 321.49 W, respectively. Under the same conditions, the exergy destruction rate of R450A is 224.39 W, 237.07 W, 250.38 W, 264.51 W, 279.36 W and 297.42 W, respectively. As heat sink temperature rises, the total exergy destruction rate increases. At 10 °C heat source temperature and 30 °C, 35 °C, 40 °C 45 °C, 50 °C and 55 °C heat sink temperatures, the total exergy efficiency of R134a is 0.298, 0.330, 0.353, 0.369, 0.379 and 0.385, respectively. Under the same conditions, total exergy efficiency of R450A is 0.296, 0.327, 0.349, 0.364, 0.373 and 0.376, respectively. The total exergy efficiency increases when heat sink temperature rises. But, total exergy efficiency after 45 °C heat sink temperature slightly rising. The exergy results of the second law for the entire heat pump system show that R450A behaves similarly to R134a.

To examine the exergy analysis of the heat pump system in detail, the exergy performance of the heat pump components has been made. The exergy destruction rates and exergy efficiencies of components are given in Table 4. When we examine Table 4, it is clear that the system components of R134a and R450A are generally similar.

Table 4
Exergy destruction rates and exergy efficiencies of components

$T_{heat,sink}$ (°C)	Refrigerant	Compressor		Condenser		Evaporator		Expansion valve	
		Exergy destruction rate (W)	Exergy efficiency (-)	Exergy destruction rate (W)	Exergy efficiency (-)	Exergy destruction rate (W)	Exergy efficiency (-)	Exergy destruction rate (W)	Exergy efficiency (-)
$T_{heat,source} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$									
30	R134a	95.26	0.73	60.54	0.32	54.03	0.58	35.04	0.91
35	R134a	103.75	0.73	58.47	0.49	51.56	0.58	44.89	0.89
40	R134a	111.42	0.74	56.62	0.59	48.98	0.58	56.12	0.86
45	R134a	118.53	0.74	54.55	0.66	46.29	0.58	68.98	0.83
50	R134a	125.10	0.74	52.85	0.70	43.51	0.58	82.95	0.80
55	R134a	131.40	0.75	50.81	0.74	40.45	0.58	98.82	0.77
30	R450A	88.10	0.72	52.50	0.33	49.35	0.58	34.44	0.90
35	R450A	95.89	0.73	50.26	0.50	46.73	0.58	44.19	0.88
40	R450A	102.88	0.73	48.22	0.60	44.07	0.58	55.20	0.85
45	R450A	109.32	0.74	46.35	0.67	41.38	0.58	67.45	0.82
50	R450A	115.50	0.74	44.14	0.72	38.63	0.58	81.09	0.78
55	R450A	121.68	0.74	43.61	0.75	35.83	0.58	96.30	0.75
$T_{heat,source} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$									
30	R134a	96.95	0.72	79.75	0.33	73.72	0.32	26.44	0.95
35	R134a	109.22	0.73	76.94	0.50	70.30	0.32	36.79	0.93
40	R134a	120.71	0.73	74.03	0.60	66.67	0.32	49.05	0.91
45	R134a	131.06	0.74	71.19	0.67	63.21	0.32	63.23	0.89
50	R134a	141.03	0.74	68.70	0.71	59.53	0.32	78.94	0.87
55	R134a	150.22	0.75	65.76	0.75	55.78	0.32	96.95	0.84
30	R450A	89.34	0.72	70.20	0.34	67.10	0.32	26.35	0.95
35	R450A	100.60	0.73	67.27	0.51	63.68	0.32	36.45	0.93
40	R450A	111.11	0.73	64.24	0.61	60.22	0.32	48.24	0.90
45	R450A	120.87	0.74	61.42	0.68	56.65	0.32	61.75	0.88
50	R450A	129.88	0.74	58.47	0.72	53.20	0.32	76.94	0.85
55	R450A	138.89	0.74	57.76	0.75	49.44	0.32	94.48	0.82

Exergy destruction occurred mostly in the compressor under all operating conditions for refrigerants. At low heat sink temperatures, the least exergy destruction occurs in the expansion valve, while the lowest exergy destruction occurs in the evaporator at high heat sink temperatures. This is clearly seen in the exergy flow diagrams are given in Figure 7 and Figure 8.

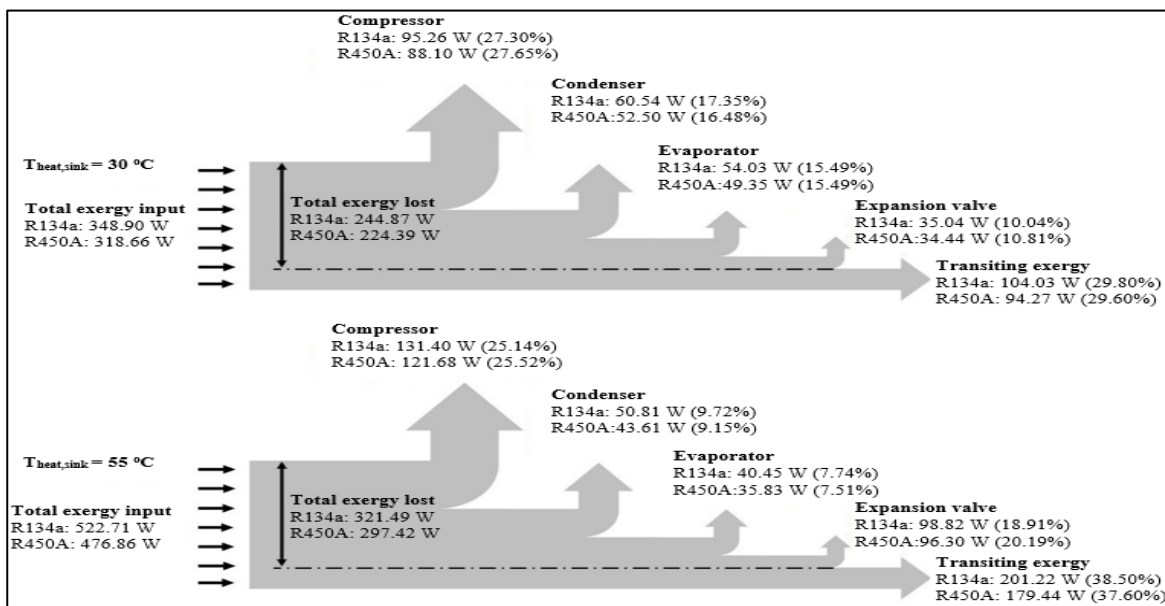


Figure 7. Exergy flow diagram for $T_{heat,source} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

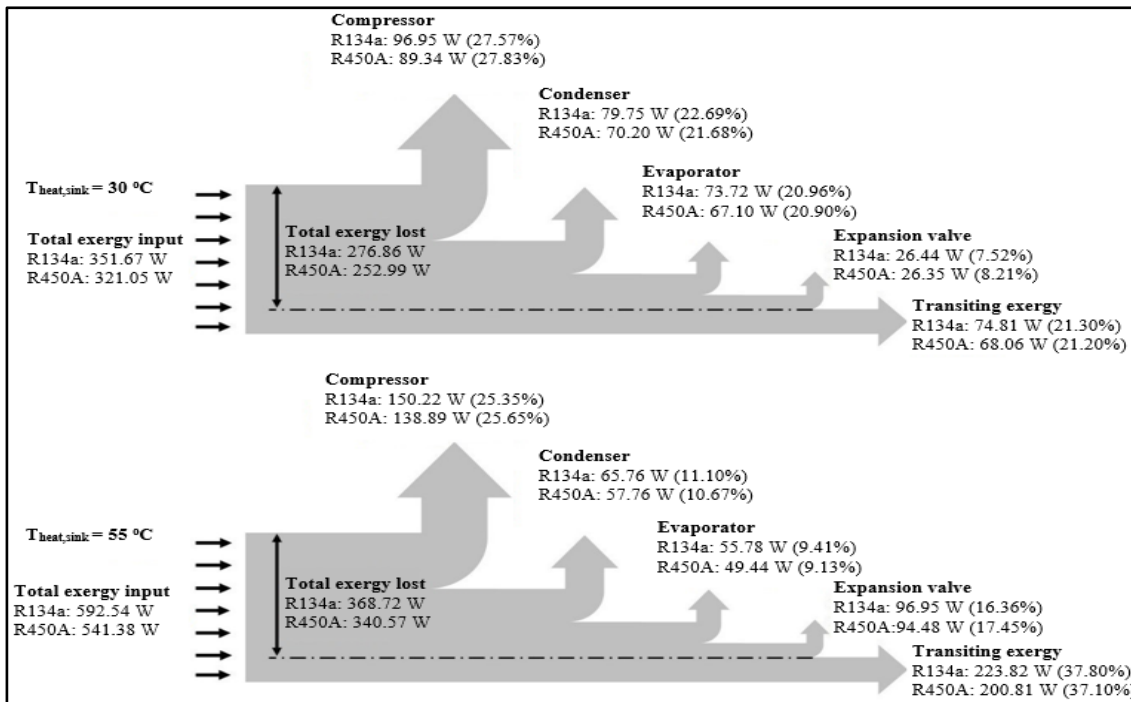


Figure 8. Exergy flow diagram for $T_{heat,source} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.3. Results of Environmental Analysis

The environmental analysis gives the emission value ($\text{kgCO}_2/\text{time}$) in a certain period (such as hour, day, month, year) depending on the energy consumption of a system and the energy source option used (traditional energy sources or renewable energy sources).

Environmental analysis results are given in Table 5. When we examine the environmental analysis results, it is seen that there are very small values. Because the analyzes have been made for a very small-scale heat pump system. The environmental analysis results of R450A are slightly higher than R134a.

Table 5
Environmental analysis results (kgCO_2/day)

$T_{heat,source}$ (°C)	$T_{heat,sink}$ (°C)	R134a	R450A
10 °C	30	1.24	1.25
	35	1.40	1.41
	40	1.56	1.57
	45	1.72	1.74
	50	1.89	1.92
	55	2.07	2.11
20 °C	30	0.92	0.92
	35	1.07	1.08
	40	1.23	1.24
	45	1.39	1.40
	50	1.55	1.57
	55	1.72	1.75

3.4. Results of Enviro-economic Analysis

The enviro-economic analysis relies on environmental analysis and greenhouse gas emission price. Carbon pricing is one of the effective methods used to reduce greenhouse gases. Therefore, enviro-economic analysis is used to evaluate a system in terms of environmental economic (carbon pricing).

The enviro-economic analysis results are given in Table 6. The enviro-economic analysis results are in very small values similar to environmental analysis results. The enviro-economic analysis results of R450A are almost the same as R134a.

Table 6

Enviro-economic analysis results (\$/day)

$T_{\text{heat,source}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{heat,sink}} (^{\circ}\text{C})$	R134a	R450A
10 $^{\circ}\text{C}$	30	0.018	0.018
	35	0.020	0.020
	40	0.023	0.023
	45	0.025	0.025
	50	0.027	0.028
	55	0.030	0.031
20 $^{\circ}\text{C}$	30	0.013	0.013
	35	0.016	0.016
	40	0.018	0.018
	45	0.020	0.020
	50	0.023	0.023
	55	0.025	0.025

4. Conclusion

In this study, the evaluation of the use R450A and R134a in low and medium-temperature heat pump systems has been investigated. The energy, exergy, environmental and enviro-economic analyzes of the heat pump have been performed for R134a and R450A. The R450A's mass flow rate is lower than R134a. Because the density of R450A in the heat pump suction line is lower than R134a. The compressor power consumption of R134a is higher than R450A. Despite the cooling and heating capacity of R134a are higher than R450A, the heating COP value of R134a has slightly higher than R450A. The exergy results of the second law for the entire heat pump system show that R450A behaves similarly to R134a. Exergy destruction occurred mostly in the compressor under all operating conditions for refrigerants. At low heat sink temperatures, the least exergy destruction occurs in the expansion valve, while the lowest exergy destruction occurs in the evaporator at high heat sink temperatures. The environmental analysis results of R450A are slightly higher than R134a. The enviro-economic analysis results of R450A are almost the same as R134a. As a result, R450A can be used as an alternative refrigerant in heat pump systems operating with R134a according to energy, exergy, environmental and environmental-economic analysis investigations.

Author Contributions

Ragıp Yıldırım: Designed and performed the study and wrote the paper.

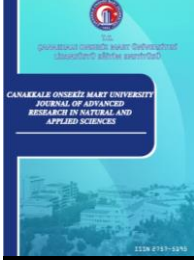
Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Arora, P., Seshadri, G., & Tyagi, A. K. (2018). Fourth-generation refrigerant: HFO 1234yf. *Current Science*, 115(8), 1497–1503. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i8/1497-1503>
- Atilgan, B., & Azapagic, A. (2016). Assessing the Environmental Sustainability of Electricity Generation in Turkey on a Life Cycle Basis. *Energies*, 9(1), 31. <https://doi.org/10.3390/en9010031>
- Caliskan, H. (2017). Energy, exergy, environmental, enviroeconomic, exergoenvironmental (EXEN) and exergoenvironoeconomic (EXENEC) analyses of solar collectors. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 69, pp. 488–492). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.203>
- Calm, J. M. (2008). The next generation of refrigerants - Historical review, considerations, and outlook. In

- International Journal of Refrigeration* (Vol. 31, Issue 7, pp. 1123–1133). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2008.01.013>
- Çengel, Y. A., & Boles M. A. (2008). *Termodinamik: mühendislik yaklaşımıyla* (A. Pınarbaşı (ed.)). İzmir Güven Kitabevi.
- Chiasson, A. D. (2016). Geothermal Heat Pump and Heat Engine Systems. In *Geothermal Heat Pump and Heat Engine Systems*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118961957>
- Ciconkov, R. (2018). Refrigerants: There is still no vision for sustainable solutions. In *International Journal of Refrigeration* (Vol. 86, pp. 441–448). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.12.006>
- Devocioğlu, A. G., & Oruç, V. (2018). A comparative energetic analysis for some low-GWP refrigerants as R134a replacements in various vapor compression refrigeration systems. *J. of Thermal Science and Technology*, 38(2), 51–61. <https://dergipark.org.tr/en/pub/isibted/780446>
- Dincer, İ., & Kanoğlu, M. (2010). Refrigeration systems and applications (Second). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470661093>
- Gatarić, P., & Lorbek, L. (2021). Evaluating R450A as a drop-in replacement for R134a in household heat pump tumble dryers. *International Journal of Refrigeration*. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.03.020>
- Gill, J., Singh, J., Ohunakin, O. S., & Adelekan, D. S. (2019). Exergy analysis of vapor compression refrigeration system using R450A as a replacement of R134a. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 136(2), 857–872. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7675-z>
- Heredia-Aricapa, Y., Belman-Flores, J. M., Mota-Babiloni, A., Serrano-Arellano, J., & García-Pabón, J. J. (2020). Overview of low GWP mixtures for the replacement of HFC refrigerants: R134a, R404A and R410A. In *International Journal of Refrigeration* (Vol. 111, pp. 113–123). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.11.012>
- Jiang, J., Hu, B., Wang, R. Z., Liu, H., Zhang, Z., & Li, H. (2021). Theoretical Performance Assessment of Low-GWP Refrigerant R1233zd(E) Applied in High Temperature Heat Pump System. *International Journal of Refrigeration*. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.03.026>
- Kumaş, K., & Akyüz, A. (2020). Performance Analysis of R450A Refrigerant in Vapor Compression Cooling System for Sustainable Environment. *Academia Journal of Nature and Human Sciences*, 6(1), 57–71. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/adibd>
- Llopis, R., Sánchez, D., Cabello, R., Catalán-Gil, J., & Nebot-Andrés, L. (2017). Experimental analysis of R-450A and R-513A as replacements of R-134a and R-507A in a medium temperature commercial refrigeration system. *International Journal of Refrigeration*, 84, 52–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.08.022>
- Mateu-Royo, C., Arpagaus, C., Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbrí, J., & Bertsch, S. S. (2021). Advanced high temperature heat pump configurations using low GWP refrigerants for industrial waste heat recovery: A comprehensive study. *Energy Conversion and Management*, 229, 113752. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113752>
- Velasco, F. J. S., Illán-Gómez, F., & García-Cascales, J. R. (2021). Energy efficiency evaluation of the use of R513A as a drop-in replacement for R134a in a water chiller with a minichannel condenser for air-conditioning applications. *Applied Thermal Engineering*, 182, 115915. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115915>
- Yang, Z., Feng, B., Ma, H., Zhang, L., Duan, C., Liu, B., Zhang, Y., Chen, S., & Yang, Z. (2021). Analysis of lower GWP and flammable alternative refrigerants. *International Journal of Refrigeration*, 126, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.01.022>
- Yildirim, R., & Yildiz, A. (2020a). Evaluation of performance of hfc-r134a/hfo-1234yf binary mixtures used as refrigerant in a heat pump system. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 7(3), 1440–1449. <https://doi.org/10.31202/ecjse.734445>
- Yildirim, R., & Yildiz, A. (2020b). Energy, environmental and enviroeconomic analysis of the use R134a/R1234yf (10/90) as replace R134a in a vapor compression cooling system. *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 7(4), 101–106. <https://doi.org/10.31593/ijeat.769962>
- Zhang, J., Zhang, H. H., He, Y. L., & Tao, W. Q. (2016). A comprehensive review on advances and applications of industrial heat pumps based on the practices in China. In *Applied Energy* (Vol. 178, pp. 800–825). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.049>
- Zilio, C., Brown, J. S., Schiochet, G., & Cavallini, A. (2011). The refrigerant R1234yf in air conditioning systems. *Energy*, 36(10), 6110–6120. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.08.002>



Ephestia kuehniella Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nın Yumurta Üretiminde Farklı Besinlerin Karşılaştırılması

Asude Türkoğlu¹, Ali Özpınar^{1*}

¹Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 19.04.2021
Kabul: 18.08.2021
Yayın: 15.12.2021

Araştırma Makalesi

Öz – *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) üretiminde uygun besin kullanılması kitle üretim için oldukça önemlidir. Buğday unu ve kepeği (1:1)'nin karışımında oluşan *E. kuehniella*'nın standart besininden buğday unu sabit kalacak şekilde, 1 nolu (250 g buğday kepeği +250 g mısır unu), 2 nolu (225 g buğday kepeği +225 g mısır unu + 50 g balık unu), 3 nolu (213 g buğday kepeği +212 g mısır unu + 75 g balık unu), 4 nolu (200 g buğday kepeği +200 g mısır unu + 100 g balık unu) 5 nolu (188 g buğday kepeği +188 g mısır unu + 125 g balık unu) ve 6 nolu (175 g buğday kepeği +175 g mısır unu + 150 g balık unu) besinler oluşturulmuştur. Bu besinler üzerinde *E. kuehniella*'nın bazı biyolojik özellikleri incelenmiştir. Deneme sonucunda *E. kuehniella* en yüksek ergin çıkışı 2 nolu, en ağır larva 5 nolu (29.0 mg), pupa 1 nolu (22.4 mg), ergin 2 nolu (19.5 mg) ve yumurta ise 6 nolu (36 mg) besinde gerçekleşmiştir. En uzun ergin ömrü (10.48 gün) 6 nolu ve dişi başına ergin ömrü boyunca bırakılan en fazla yumurta sayısı (456.63 adet) 5 nolu besinde belirlenmiştir. En kısa yumurta, larva ve pupa gelişme süresi sırasıyla; 1 nolu (2.15 gün), 3 nolu (25.7 gün) ve 6 nolu (9.6 gün) besinde gerçekleşmiştir. Sonuç olarak geliştirilen besinlerin *E. kuehniella*'nın üretiminde standart besinden daha iyi sonuç verdiği, ancak mısır unu ve balık unu karışım oranlarının etkisinin belirlenmesi için birkaç döl devam edecek detaylı çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Balık unu, buğday kepeği, buğday unu, *Ephestia kuehniella*, kitle üretimi, mısır unu

Comparison of Different Nutrients in Egg Production of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

¹Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey

Article History

Received: 19.04.2021
Accepted: 18.08.2021
Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – Using suitable nutrients is very important for mass production of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). From the standard diet of *E. kuehniella* as wheat flour + wheat bran (1:1) new diets were developed with using the 500 g of wheat flour as a constant and adding (250 g wheat bran +250 g corn flour) for No.1, (225 g wheat bran + 225 g cornmeal + 50 g fish meal) for No.2, (213 g wheat bran +212 g cornmeal + 75 g fish meal) for No.3, (200 g wheat bran +200 g cornmeal + 100 g fish meal) for No.4, (188 g wheat bran +188 g cornmeal + 125 g fish meal) for No.5 and (175 g wheat bran + 175 g corn meal + 150 g fish meal) for No.6. Some biological properties of *E. kuehniella* were examined on these diets. As the result of the experiment, the highest number of *E. kuehniella* adult emergence was on the diet No.2, the heaviest larvae were in diet No.5 (29.0 mg), pupa in diet No.1 (22.4 mg), adult diet No.2 (19.5 mg), and eggs in diet No.6 (36 mg). The highest longevity was on diet No.6 (10.48 days) and the highest number of eggs per female was on diet No.5 (456.63 eggs). The shortest egg development, larval development and pupal development periods were on diet No.1 (2.15 days), on diet No.3 (25.7 days) and on diet No.6 (9.6 days), respectively. As the result, new diets were found to have better results in *E. kuehniella* production than the standard diet, more detailed studies with several generations is necessary to determine the effects of cornmeal and fish meal mixtures rates.

Keywords – Fish meal, wheat bran, wheat flour, *Ephestia kuehniella*, mass production, corn meal

¹ turkogluasude@gmail.com

¹ aozpinar@comu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Böcekler diğer canlılarda olduğu üzere gelişmek ve üremek için farklı besin maddelerine ihtiyaç duymaktadırlar (Behmer, 2009). Temel besinlerden olan karbonhidratlar enerji kaynağı olarak ve proteinler ise vücudun yapı taşları olan aminoasitlerin oluşumunda görev almaktadır (Simpson ve Raubenheimer, 2012). Ayrıca vücutta karbonhidrat miktarının çok düşük olması durumunda, aminoasitler enerji kaynağı olarak da işlev görebilmektedirler (Thompson, Redak ve Borchardt, 2002). Bu nedenle böcek üretiminde kullanılan besinlerdeki proteinin miktarı optimum böcek gelişimi ve üremesi için büyük öneme sahiptir.

Böceklerin kitle üretimi farklı amaçlara yönelik olarak yapılmaktadır. Son yıllarda tarım alanlarındaki zararlılarla savaşmada biyolojik mücadele ajanlarının kullanımı konukçuların kitle üretimini önemli hale getirmiştir. Biyolojik mücadele etmenlerinin çoğaltılarak zararlılara karşı kullanımı kitle üretim konukçusunun varlığına bağlıdır. Bu nedenle kitle üretim konukçuları, biyolojik mücadelenin başarısında önemli bir paya sahiptir. Konukçu üretimin ekonomik olması uygun besin varlığında mümkündür. Besinlerin içerikleri konukçunun sağlıklı gelişmesi ve yüksek üreme gücüne ulaşmasında önemli olup, üretimin devamlılığı ve biyolojik mücadelenin sürdürülebilirliği bakımında da gereklidir. Diğer taraftan biyolojik mücadele etmenlerinin kitle üretiminde optimum özellikleri taşıyan konukçuların bulunması zordur. Bu nedenle mevcut kitle üretim konukçuları çoğunlukla birden fazla biyolojik mücadele etmenin yetiştirilmesinde kullanılmaktadır.

Besinin; kitle üretim konukçusunun gelişim hızı, farklı biyolojik dönemlerin ağırlığı, ömür uzunluğu ve doğurganlık gibi birçok biyolojik parametreye olan etkisi ile ilgili incelemeler yapılmıştır (Rees, 2004; Xu, Wang ve He, 2008). Uzun yıllardır yumurta parazitoitleri *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) türlerinin kitle üretiminde kullanılan *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nın farklı biyolojik dönemleri birçok biyolojik mücadelede etmeninin kitle üretiminde kullanılmaktadır. Yüksek ve hızlı üreme kapasitesine sahip olan *E. kuehniella*'nın farklı besin tipleri üzerinde kolay ve ucuz üretilmesi bu konukçuyu önemli kılmaktadır. *E. kuehniella* yumurtaları, birçok *Trichogramma* türü (Bergeijk, Bigler, Kaashoek ve Pak, 1989; Özpinar, 1997; Özder ve Kara, 2010) ile birlikte *Chelonus oculator* (Hymenoptera: Braconidae) (Özkan, 2006; Tunca, Özkan ve Kılınçer, 2010) gibi parazitoitlerin ve *Orius* spp (Pehlivan, Alınç ve Atakan 2017; Özek, Şahin ve Özpinar 2017), *Chrysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae) ve *Anthocoris* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) gibi predatörlerin (Yanık ve Ünlü, 2011) üretiminde kullanılmaktadır. *E. kuehniella*'nın larva dönemleri ise *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) (Gündüz ve Gülel, 2004; Faal ve Shishehbor, 2013) ve *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Roberts, Trüe ve Schmidt, 2004; Özkan, 2006) gibi larva parazitoitlerinin üretiminde değerlendirilmektedir.

Ephestia kuehniella'nın farklı biyolojik dönemlerinin gelişme süreleri ve yumurta verimi buğday unu, ırmık, mısır unu ve pirinç unu üzerinde incelenmiştir (Ercan, 1989). *E. kuehniella* üretimi için buğday unu, ince kepek, bisküvi, yerfıstığı ve kırmızı pul biber gibi besinler değerlendirilmiştir (Tulaganov, 1995). Ayrıca *E. kuehniella*'ya buğday unu, buğday kepeği, mısır unu, çavdar unu ve yulaf unu gibi besinler verilerek gelişme dönemi ve morfolojisi incelenmiştir (Karabörklü ve Ayvaz, 2007). *E. kuehniella*'nın 6 farklı buğday çeşidinde (Bahar, Zarin, Pishgham, Pishtaz, Sardari ve Parsi) yaşam süresi ve üreme oranları üzerinde araştırma yapılmıştır (Tarlack, Mehrkhou ve Mousavi, 2014). Besin olarak buğday unu, mısır unu, ruşeym katkılı un ve ruşeym kullanılarak *E. kuehniella*'nın gelişim dönemlerindeki ağırlıklarına, total lipit ve total yağ asidi oranları araştırılmıştır (Sönmez, Özcan ve Koç, 2019). *E. kuehniella*'ya standart bir diyet, tam buğday unu, gliserol ve bira mayası içeren düşük bir diyet veya sadece tam buğday unu içeren üçüncü bir minimum diyet verilmiş ve *T. brassicae* tarafından yumurta kalitesi ve parazitizm üzerine etkisi araştırılmıştır (Moghaddasi, Ashouri, Bandani, Leppla, ve Shirik, 2019). Besin olarak buğday unu, mısır unu, buğday kepeği, gliserin ve maya kombinasyonları kullanılarak *E. kuehniella*'nın bazı temel biyolojik parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir (Kurtuluş, Pehlivan, Achiri ve Atakan, 2020). Dolayısıyla bu çalışmaların hedefi uygun gıda üzerinde ekonomik ve sürdürülebilir bir üretim yapmak ve biyolojik mücadele etmenin üretiminde kaliteyi arttırmaktır. Kitle üretimin ucuz ve ekonomik olması üretimin devamlılığı bakımında önemlidir.

Bu çalışmada ise standart buğday unu ve buğday kepeği üzerinde üretilen *E. kuehniella*'nın gelişimi üzerinde, tatlı mısır ile balık ununun farklı oranlarda karışıma dahil edildiği 6 adet farklı besinin etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın ana materyalini *E. kuehniella*'nın biyolojik dönemleri ve **Tablo 1**'de belirtilen farklı besinlerin karışımlarından oluşmaktadır. *E. kuehniella* yumurtaları Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde daha önceden de yetiştirilmekte olan kültürlerden sağlanmıştır. Buğday ve mısır daneleri öğütme değirmeninden geçirilerek buğday unu, buğday kepeği ve mısır unu elde edilmiştir. Balık unu ise ticari amaçlı olarak hazırlanmış halde, Dardanel Önentaş Gıda Sanayi A.Ş.' den sağlanmıştır.

E. kuehniella'nın üretiminde kullanılan standart besin buğday unu + buğday kepeği (1:1) esas alınarak buğday unu sabit kalmak koşuluyla besinde buğday kepeği belli oranlarda azaltılarak, azaltılan oranlarda mısır unu ve balık unu katılarak karışımlar elde edilmiştir (**Tablo 1**). Çalışmada kullanılan diğer materyaller ise farklı ebatlardaki plastik küvetler, amerikan bezi, yumuşak uçlu fırçalar, beyaz kâğıt, plastik yumurtlama kapları, pet bardaklar, paket lastikleri, makas, etüv, vakumlu pompa, öğütme değirmeni gibi laboratuvar malzemelerinden oluşmaktadır.

Tablo 1

Ephestia kuehniella üretiminde kullanılan farklı besinlere ait değerler (g)

Besinler	Buğday unu	Buğday kepeği	Mısır unu	Balık unu	Toplam
Kontrol (K)	500	500	-	-	1000
1 No	500	250	250	-	1000
2 No	500	225	225	50	1000
3 No	500	213	212	75	1000
4 No	500	200	200	100	1000
5 No	500	188	187	125	1000
6 No	500	175	175	150	1000

2.1. *Ephestia kuehniella*'nın Üretimi ve Ergin Uçuş Periyodunun Belirlenmesi

Ephestia kuehniella'nın üretimi $25\pm 1^\circ\text{C}$, sıcaklık ve %60-70 orantılı nemde 16 saat aydınlık 8 saat karanlık koşullardaki kitle üretim odasında yürütülmüştür. *E. kuehniella* üretiminde kullanılan **Tablo 1**'deki besin karışımları hazırlanmış ve dış bulaşmaları önlemek amacıyla 90°C sıcaklığa ayarlı etüvde 4 saat tutularak steril edilmiştir. Sodyum hipoklorit (%1'lik) ile dezenfekte edilen $32 \times 26 \times 10$ cm ebatlarındaki küvetlere (**Şekil 1**) 1000 gramlık besinler alınmış ve her besi kabına aynı yaştaki 2000 adet *E. kuehniella* yumurtası ekilmiştir.



Şekil 1. *Ephestia kuehniella*'nın üretimi ve kullanılan malzemeler

Kültüre alınan *E. kuehniella* yumurtalarından çıkış yapan larvalarda kannibalizmi önlemek ve larvaların içinde pupa olmalarını sağlamak için küvetlerdeki besinin üst yüzeyine 5'er cm eninde oluklu ondüle kartonlar yerleştirilmiştir. Daha sonra küvetlerin üzeri uygun büyüklükte amerikan beziyle kapatılmış ve bir lastik yardımıyla bez küvetin kenarlarına sabitlenerek kitle üretim odasında gelişmeye bırakılmıştır. Kültür günlük

olarak kontrol edilmiş ve çıkış yapan *E. kuehniella* erginleri her besin için ayrı ayrı kaydedilmiştir. Besinlerden gerçekleşen ilk ergin ile son ergin çıkışı esas alınarak ergin uçuş periyodu belirlenmiştir. Kültürlerden çıkış yapan erginler buradan vakumlu pompa ile toplanarak yumurtlama kaplarına alınmıştır. Bu kaplardan günlük olarak toplanan yumurtaların bir kısmı deneme için kullanılmıştır (Şekil 1). Geriye kalan yumurtalarla yeni kültürler açılmıştır (Bulut ve Kılınçer, 1987; Öztemiz 2001; Özder, 2004).

2.2. *Ephestia kuehniella*'nın Biyolojik Dönemlerinin Gelişme Süresinin Belirlenmesi

Kültür günlük kontrol edilerek her besin ortamından yumuşak cımbız yardımıyla alınan *E. kuehniella* aynı yaştaki 10 adet dişi ve 20 adet erkek pupanın ayrımı streobinoküler mikroskop altında pupalarının dış genital bölgesi incelenerek yapılmış ve 1 dişiye 2 erkek gelecek şekilde pet bardaklara alınmıştır. Deneme 10 tekrarlı olarak kurulmuş ve her gün kontroller yapılarak çıkış yapan erginler kaydedilmiştir. Ergin çıkışı tamamlandıktan sonra erginler ölünceye kadar her gün kontroller yapılarak erkek ve dişi ömrü ve dişi başına bırakılan günlük yumurta sayısı kaydedilmiştir. Her besin için aynı yaştaki yumurtalardan çıkış yapan 10'ar adet larva 5'er gramlık farklı besinleri içeren petri kaplarına alınmış ve *E. kuehniella*'nın larva gelişme süresi ve pupa gelişme süresi günlük kontroller yapılarak belirlenmiştir.

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Her kültürden rastgele alınan 10'ar adet olgun larva, pupa ve ergin ile 1000'er adet yumurta hassas terazide (Sartorius CP 323S, hassasiyet=0.001 g) tartılmıştır. Her besine ait elde edilen veriler SPSS 23 paket programı uygulayarak varyans analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki fark tek yönlü ANOVA ve Fisher's LSD çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur ($P \leq 0.05$).

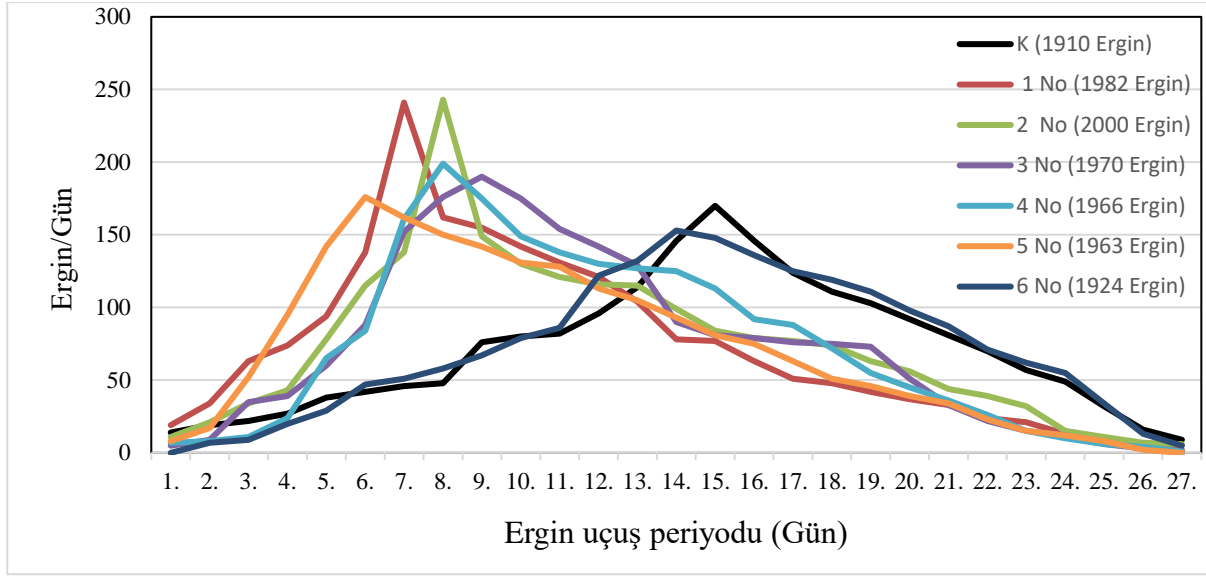
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. *Ephestia kuehniella* Ergin Uçuş Periyodu

Her besin için kullanılan 2000 adet *E. kuehniella* yumurtasından elde edilen erginlerin uçuş periyodu Şekil 2'de verilmiştir. *E. kuehniella* ergin uçuş periyodu 3 ve 5 nolu besinde 26 günde diğer besinlerde ise 27 günde tamamlanmıştır. Ergin uçuş periyodu üzerine besinlerin önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür.

Ancak ergin uçuş periyodu boyunca meydana gelen tepe noktası kontrol (K) ve 6 nolu besinde 15. ve 16. günlerde, diğer besinlerde ise yaklaşık bir hafta önce ergin uçuşunun 7. ve 8. gününde gerçekleşmiştir. Kontrol ve 6 nolu besinlerin dışındaki diyetlerde daha erken dönemde yüksek sayıda ergine ulaşılmıştır. Kitle üretimde erken dönemde arzu edilen sayıda ergine ulaşılması yumurta üretiminin erken tarihe alınması anlamına geleceğinden dolayı; iş gücünde bir tasarruf sağlayacağı gibi istenilen materyale sahip olunması nedeniyle de üretim açısından bir avantaj şeklinde değerlendirilmiştir.

Farklı besinlerde kültüre alınan yumurtalardan gelişen larva ve pupalardan çıkış yapan ergin oranı, kontrol (K), 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 no'lu besinde sırasıyla %95.5, %99.1, %100, %98.5, %98.3 %98.1 ve %96.2 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek ergin çıkış oranı 2 nolu besinde (%100) ve en düşük ergin çıkış oranı ise kontrol besinde %95.5 olup, ergin sayısı toplam 1910 adet olarak bulunmuştur. İncelenen tüm besinlerde genel olarak yüksek sayıda ergin çıkışı gerçekleştirmiş ve ergin çıkış oranı farklı besinlerde birbirine yakın bulunmuştur. Kültürde çıkış yapan ergin sayısı 2000 ergin ile 2 nolu besinde olup, bunu 1982 ergin ile balık unu içermeyen 1 nolu besin takip etmiştir. Genel olarak balık unu içeren besinlerde çıkış yapan ergin sayısı kontrole göre yüksek bulunmuştur. Ancak, ergin sayısındaki artış besinlerin içerdiği balık unu oranı ile paralellik göstermemiştir. 2 nolu besinde hem ergin uçuş periyodu daha erken başlamış hem de çıkış yapan ergin sayısı diğer besinlerden daha yüksektir.

Şekil 2. *Ephestia kuehniella*'nın üretimi ve kullanılan malzemeler

Kültürlerde erken dönemlerde ergin sayılarına ulaşma bakımında ergin uçuş periyodunda 1. gün, 5. gün, 10. gün, 15. gün, 20. gün, 25. gün ve 27. gün zaman aralıklarında çıkış yapan ergin sayısı incelenmiştir (Tablo 2). Ergin uçuş periyodunun ilk 5.günde 1 (%14,3) ve 5 nolu (%16,0) besinler önde iken 10. gün zaman aralığında diğer besinlerde ergin popülasyonunun yarısına yakını çıkış yapmışken, kontrol ve 6 nolu besinlerde ergin sayısı %20 civarında kalmıştır. İlerleyen dönemlerde 15. günde de aynı fark devam etmiştir. Kontrol besininde ilk 5 günde erginlerin %6,2'si, 10. günde %21,5'i ve 15. günde ise toplam bireylerin %53,4'ü çıkış yapmıştır. Buna karşın en fazla balık ununu içeren 6 nolu besinde ise ilk 5 günde popülasyonun %3,3'ü çıkış yaptığı ve 10 ve 15. günde ise %19 ve %52,3'nün gerçekleştiği görülmüştür. En fazla balık unu içeren 6 nolu besin ile K paralellik göstermiştir (Tablo 2). Bu durum bir taraftan besin içeriğinde balık unun belli bir oranda tutulmasına işaret ettiği gibi diğer taraftan da kesin bir kanaate varmak bu tür çalışmaların birkaç dölü içerecek şekilde tekrarlanmasına gerektiği şeklinde değerlendirilmiştir.

Tablo 2

Farklı besinlerde gelişen *Ephestia kuehniella* ergin uçuşunun farklı zaman aralıklarına dağılımı (%)

Gün aralıkları	K	1 No	2 No	3 No	4 No	5 No	6 No
1.	0.7	1.0	0.6	0.3	0.4	0.4	0.0
5.	6.3	14.3	9.4	7.5	5.8	16.0	3.4
10.	21.6	56.6	48.1	47.2	44.9	54.8	19.1
15.	53.4	82.4	74.9	77.4	77.1	81.3	52.4
20.	83.6	94.6	92.3	95.4	95.0	95.2	83.0
25.	98.7	99.6	99.4	99.8	99.7	99.9	99.1
27.	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Nitekim Moghaddasi vd., (2019) çalışmalarında farklı besinlerde yetiştirilen *E. kuehniella*'nın ergin çıkış oranlarının 1. nesilde %73,3 ile %84,0 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Sonuçta canlıların gelişmesindeki doğal varyasyonların kültür ortamında minimize edilmediği ve bu farklılıkların doğal olabileceği gibi besine alışma süreci içinde de değişebileceği kanısına varılmıştır.

3.2. Farklı Besinlerde Günlük Bırakılan *Ephestia kuehniella* Yumurta Sayıları

İncelenen farklı besinlerde gelişen *E. kuehniella* ergin dişileri tarafından günlük bırakılan yumurta sayıları **Tablo 3**, **Şekil 3** ve **Şekil 4**' de verilmiştir. **Tablo 3** incelendiğinde *E. kuehniella* dişi kelebeklerin ömrü boyunca bıraktığı en fazla yumurta sayısı 5 nolu besinde, ortalama 465.6 adet olduğu görülmüştür.

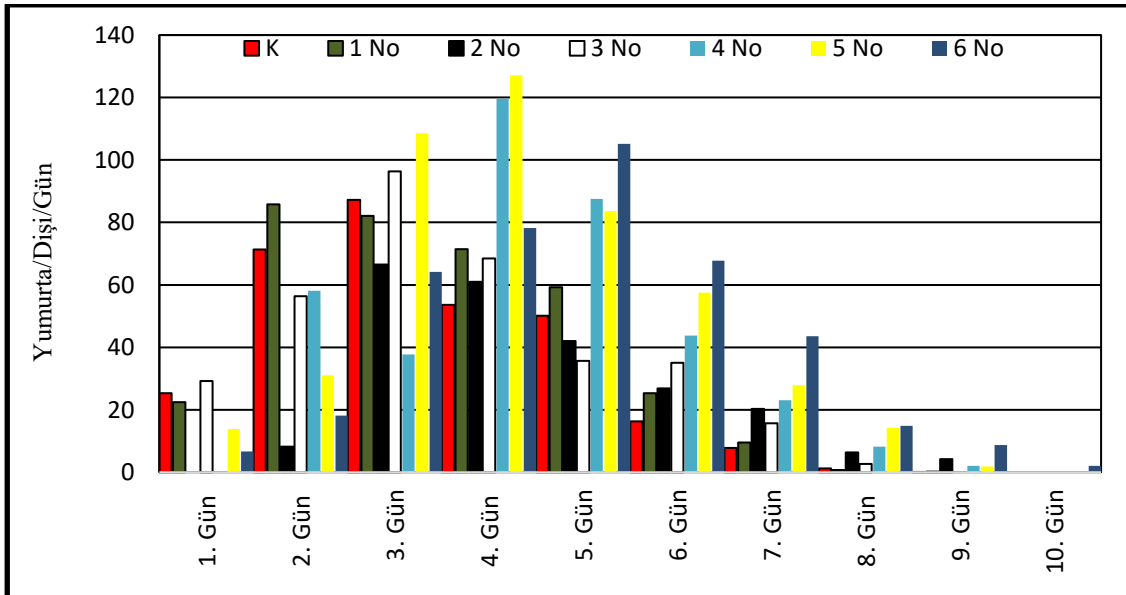
Tablo 3

Farklı besinlerdeki *Ephestia kuehniella* günlük yumurta sayılarının ergin ömrü üzerindeki dağılımı (Ort.)

Besinler	K	1 No	2 No	3 No	4 No	5 No	6 No
1. gün	25.3	22.4	0.0	29.3	0.0	13.9	6.6
2. gün	71.3	85.8	8.2	56.4	58.1	31.0	18.1
3. gün	87.2	82.1	66.5	96.4	37.7	108.5	64.2
4. gün	53.6	71.4	61.0	68.5	119.6	127.1	78.2
5. gün	50.1	59.2	42.0	35.6	87.5	83.6	105.2
6. gün	16.3	25.3	26.8	35.0	43.8	57.5	67.7
7. gün	7.8	9.5	20.3	15.6	23.1	27.9	43.6

Altı (6) nolu besin de ise dişi başına ömrü boyunca bırakılan yumurta sayısı 409 adet olarak gerçekleşmiştir. Ergin uçuş periyodundaki özellikleri ile dezavantajlı konumunda olan 6 nolu besin bırakılan yumurta sayısı bakımında avantajlı duruma geçmiştir. 5 nolu besin ergin uçuş periyodu ve bırakılan yumurta sayısı esas alındığında en iyi sonucu veren besin olmuştur.

Zira ergin ömrünün ilk 3. ve 4. günlerinde en fazla yumurta sayısı 5 nolu besinde gerçekleşmiştir. Bu durum kitle üretimin verimliliği açısından öne çıkan ve aranan bir özelliktir. Balık unu içeren 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu besinlerde en düşük yumurta sayısı 2 nolu (235.5 adet) besine aittir. En düşük oranda balık unu katkılı 2 nolu besin dişi başına bırakılan yumurta sayısı bakımında kontrolün (K) gerisinde kalmıştır.



Şekil 3. Farklı besinlerde bırakılan *Ephestia kuehniella* yumurta sayılarının ergin ömrüne bağlı olarak değişimi

Bırakılan yumurtaların dişi ömrü üzerindeki dağılımı incelendiğinde besinlere göre değişimle birlikte en fazla yumurta sayısı dişi ömrünün 3. ve 4. günlerinde bırakılmıştır. Sayısal olarak bakıldığında ilk 5 günde kontrol (K) besininde toplam yumurtaların %91.87'si, 1 nolu %89.98'i, 2 nolu besinde %75.49'ü, 3 nolu besinde %84.30'u, 4 nolu besinde %79.71'i, 5 nolu besinde %78.20'si ve 6 nolu besinde %66.56'sının bırakıldığı görülmüştür. Kitle üretim çalışmalarında ergin bireyler tarafından bırakılan yumurtaların ergin ömrünün ilk günlerinde bırakılması üretimin maliyeti ve özellikle işgücünde tasarruf açısından önemli bir parametredir.

3.3. Farklı besinlerin *Ephestia kuehniella*'nın Biyolojik Dönemlerinin Kütlesine Etkisi

Farklı besinlerde gelişen *E. kuehniella*'nın olgun larva, pupa, ergin ve yumurtalarının (1000 adet) kütle değerleri Tablo 4'de verilmiştir. En yüksek larva ağırlığı 5 nolu besinde 29.0 mg iken, en düşük ağırlık ise kontrol besininde 24.6 mg olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda mısır ve balık unu karışımları larva ağırlığının artışı üzerinde olumlu etkide bulunmuştur. Sönmez vd., (2019) en yüksek larva ağırlığını 7.53 mg ile mısır ununda ve en düşük değerini ise 3.89 mg ile rüşeym besininde gerçekleştirdiğini bildirmiştir. Abdi, Naseri ve Fathi (2014) farklı buğday çeşitlerinde elde edilen un ve kepek karışımı ile hazırlanan besinlerde larva ağırlıklarının 15.33 mg ile 19.22 mg arasında değiştiği belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise en düşük larva ağırlığı 24.6 mg ile kontrol besininde gerçekleşmiş olup, balık ununun yer almadığı 1 nolu besin ile değerleri larva ağırlık değerleri bakımında bir birine yakın çıkmış ve tüm besinlerde larva ağırlıkları diğer araştırmacıların bulduğu değerlerden yüksek çıkmıştır.

En yüksek pupa ağırlığı 1 nolu besinde 22.4 mg iken, en düşük ağırlık ise 2 nolu besinde 21.1 mg olarak bulunmuştur. Seyedi, Mehrkhou ve Noori, (2017) çalışmasına göre ise farklı tahıllardan elde edilen unlarda pupa ağırlığı 16.52 mg ile 23.30 mg arasında değiştiğini bildirmiştir. Sönmez vd., (2019) besinlerin pupa ağırlığına etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Kurtuluş vd., (2020) ise ortalama dişi pupa ağırlığının 17.5-28.0 mg, erkek pupa ağırlığının ise 16.6-24.1 mg arasında olduğunu, Moghaddasi vd., (2019) ise dişi pupa ağırlığının 24.3-24.8 mg olarak bildirmiştir. Çalışmamızda ise pupa ağırlığı ortalama 23 mg ile diğer çalışmalarla benzer bulunmuştur. Besinlerin ise pupa ağırlığı üzerinde önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür.

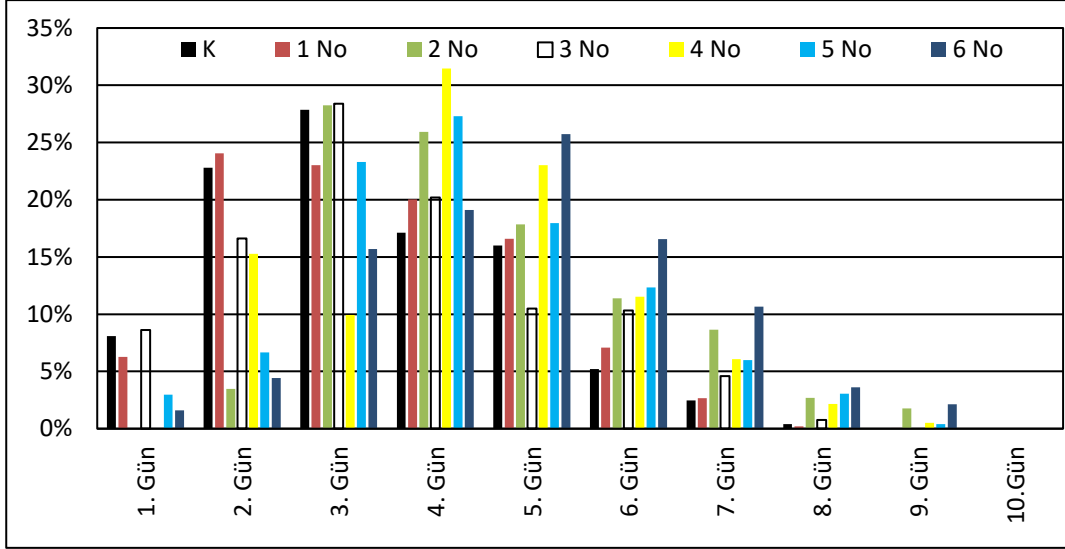
Tablo 4

Ephestia kuehniella'nın biyolojik dönemlerine ait farklı besinlerdeki ortalama ağırlıkları (mg)

Besinler	Larva	Pupa	Ergin	Yumurta
K	24.6	21.6	17.0	31
1 No	27.7	22.4	18.5	35
2 No	27.5	21.1	19.5	32
3 No	26.5	22.0	19.4	31
4 No	27.8	22.3	19.2	32
5 No	29.0	22.2	17.1	31
6 No	26.6	21.9	19.0	36

En yüksek ergin ağırlığı 2 nolu besinde 19.5 mg iken, en düşük ağırlık ise kontrol besininde 17.0 mg olarak bulunmuştur. Sönmez vd., (2019) ergin ömrü ağırlığı 2.74 mg ile 4.41 mg arasında bildirmiştir.

En yüksek yumurta ağırlığı 6 nolu besinde 36 mg iken, en düşük ağırlık ise kontrol, 3 nolu ve 5 nolu besinlerde 31 mg olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere *E. kuehniella*'nın biyolojik dönemlerine ait kütle değerleri birbirinden farklılık göstermiştir.



Şekil 4. *Ephestia kuehniella* dişilerinin bıraktığı toplam yumurtaların ergin ömrü üzerindeki dağılımı (%)

3.4. Farklı Besinlerin *Ephestia kuehniella*'nın Biyolojik Dönemlerinin Gelişimi Üzerine Etkisi

Farklı besinlerde gelişen *E. kuehniella*'nın ergin ömrü, larva ve pupa gelişimi ile yumurta sayılarına ait değerler istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 5).

3.4.1. Ergin Ömrü

Ephestia kuehniella dişi ömrü üzerinde farklı besinlerin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($F(6.63)=1.09, P=0,043$). En uzun ortalama dişi ömrü 11.30 gün ile 2 nolu besinde gerçekleşmiştir. En kısa ergin ömrü ise 9.20 gün ile 3 nolu besinde tespit edilmiştir. Dişi ömrünün farklı grupta yer aldığı 2 ve 3 nolu besinler mısır ununa ilave olarak içinde balık unu bulunan besinlerden oluşmaktadır. Moghaddasi vd., (2019) yaptıkları çalışmada dişi ömrünün ortalama 8.7 gün olduğunu bildirmişlerdir. Tarlack vd., (2014) ise dişi ömrünün farklı besinlerde 8.00-9.46 gün arasında değiştiğini belirlemişler. Karabörklü ve Ayvaz (2007) dişi ömrü en fazla 8.30 ile mısır ununda gerçekleştiğini tespit etmiştir. Görüldüğü üzere dişi ömrü üzerinde besin etkili olmuş, ancak birbirine yakın değerlerin varlığı dikkati çekmiştir.

Erkek ömrü arasındaki farkın da istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ($F(6.63)=1.47, P=0.045$). Erkek ömrünün en uzun 10.80 gün ile balık unu içermeyen 1 nolu besinde olduğu görülürken, en kısa erkek ömrü ise 8.00 gün ile kontrol besininde tespit edilmiştir. Tarlack vd., (2014) erkek ömrünün 9.10 gün ile 10.05 gün arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Karabörklü ve Ayvaz (2007) erkek ergin ömrü en fazla 9.92 ile buğday ununda gerçekleştiğini belirlemiştir. Besinlerin ergin ömrü üzerinde de etkili olduğu ve diğer araştırmaların sonuçlarıyla da bu durum teyit edilmiştir.

3.4.2. Yumurta Sayısı

Farklı besinlerde dişi başına ömür boyunca bırakılan ortalama yumurta sayısı arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($F(6.63)=3.24, P=0.008$). Dişi başına en fazla yumurta ortalama 465.63 adet ile 6 nolu besinde gerçekleşmiştir. Bunu 409.10 adet ile aynı grupta yer alan 5 nolu besin izlemiştir. Dişi ömrü 11.30 gün ile en uzun olan 2 nolu besinde ise 235.33 adet ile en düşük sayıda yumurta elde edilmiştir. Dişi ömrü ile bırakılan yumurta sayısı arasında doğrusal bir ilişki görülmemiş olup, 2 nolu besin yumurta sayısı bakımında kontrol besinin de gerisinde kalmıştır. Moghaddasi vd., (2019) dişi başına yumurta sayısının 264.5 ile 279.5 adet arasında değiştiğini Kurtuluş vd., (2020) ise farklı besinlerde bir dişinin bıraktığı toplam yumurta sayısının mısır ununda 176.7 adet ve buğday unu, buğday kepeği, gliserin ve maya karışımında ise 293.3 adet olduğunu bildirmişlerdir. Tarlack vd., (2014) ise farklı besinlerde bir dişinin bıraktığı toplam yumurta sayısının 220.00 adet ile 284.60 adet arasında değiştiğini tespit etmişler. Karabörklü ve Ayvaz (2007) bırakılan yumurta sayıları en fazla 248.20 ile yulaf ununda, en az 97.72 ile buğday kepeği olduğu belirlenmiştir. Tavares, Silva ve

Oliveira, (2017) mısır kepeği üzerinde yumurta sayısını 387.3 olarak bulmuştur. *E. kuehniella* dişilerinin çıkıştan itibaren günlük bırakılan yumurta sayılarında düşüş eğilimi olduğu bildirilmiştir.

Tablo 5

Ephestia kuehniella'nın biyolojik dönemlerine ait gelişme sürelerinin farklı besinlerde karşılaştırılması (n=10 birey) (Ort.±s.h.)

	Dişi ömrü (Gün)	Erkek ömrü (Gün)	Ergin ömrü (Gün)	Yumurta / Dişi	Yumurta gelişme süresi (Gün)	Larva gelişme süresi (Gün)	Pupa gelişme süresi (Gün)	Ergin öncesi dönemlerin toplam gelişme süresi (Gün)
K	9.30±0.58ab	8.00±0.18b	8.65±0.63b	313.00±34.81ab	4±0.47ab	26.6±0.48abc	10.8±0.55ab	41.14
1 No	9.30±0.62ab	10.80±0.19a	10.05±0.42ab	356.6±46.08ab	2.15±0.68ab	26.2±0.53bc	12.8±0.51a	41.15
2 No	11.30±0.90a	8.40±0.28ab	9.85±0.83ab	235.33±31.29b	5.6±0.58a	26.8±0.61abc	11.1±0.48ab	43.5
3 No	9.20±0.98b	8.60±0.31ab	8.90±0.68ab	339.38±52.78ab	3.8±0.55b	25.7±0.50c	11.1±0.53ab	40.6
4 No	9.80±0.49ab	9.60±0.15ab	9.70±0.48ab	380.00±30.55a	5.1±0.60ab	27.4±0.54ab	10.5±0.45b	43.0
5 No	9.60±0.43ab	8.35±0.13ab	8.98±0.51ab	465.63±56.38a	3.9±0.80ab	26.5±0.58abc	9.9±0.53b	40.3
6 No	10.30±0.86ab	10.65±0.27ab	10.48±0.57a	409.10±38.18a	4.8±0.61ab	28.0±0.67a	9.6±0.45b	42.4
F	(6.63)=1.0	(6.63)=1.4	(6.63)=1.2	(6.63)=3.2	(6.63)=1.22	(6.63)=1.84	(6.63)=4.31	
P	0.043	0.045	0.047	0.008	0.042	0.038	0.001	

*Aynı sütunda ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (P>0.05).

3.4.3. Yumurta, Larva ve Pupa Gelişme Süreleri

Yumurta gelişme süresi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (F (6.63)=1.22, P=0.042). Yumurta gelişme süresi en fazla 5.6 ortalama ile 2 nolu besin olmuş en az ise 3.8 ortalama ile 3 nolu besin olmuştur.

Larva gelişme süresi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (F (6.63)=1.84, P=0.038). En uzun larva gelişme süresi 28 gün ile 6 nolu besinde iken, en kısa 25.7 gün ile 3 nolu besinde ortaya çıkmıştır. Tarlack vd., (2014) yaptıkları çalışmada larva gelişme süresini farklı besinlerde 38.60 gün (Pishgham buğday unu) ile 49.60 gün (Pishtaz buğday unu) arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Pupa gelişme süresi arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (F (6.63)=4.31, P=0.001). Pupa gelişme süresinde ise en uzun değere 12.8 gün ile 1 nolu besinde ulaşılmış, en kısa pupa gelişme süresi ise 9.6 gün ile 6 nolu besinde görülmüştür. Tarlack vd., (2014) pupa gelişme süresini farklı besinlerde 8.40 gün Parsi ile 9.10 gün Pishtaz arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Farklı besinler üzerinde *E. kuehniella*'nın ergin öncesi dönemlerin toplam gelişme süreleri 40.3-43.5 gün arasında değişmiştir. Kontrol ile içinde balık unu olmayan 1 nolu besinlerde ergin öncesi gelişme süresi birbirine yakın bulunmuştur.

4. Sonuçlar

Çalışma sonucunda *E. kuehniella*'nın üretiminde mısır unu ve balık unu ilave edilerek oluşturulan besinlerin etkisinin standart buğday unu ve buğday kepeğinden (1:1) besine göre yüksek olduğu, ancak hangi oranda balık unu ve mısır unun karışımının en iyi sonucu vereceği ile ilgili detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. Besindeki karışımlara bağlı olarak *E. kuehniella* ergin ömrü, bıraktıkları yumurta sayıları, yumurta gelişme süresi, larva gelişme süresi ve pupa gelişme süresi arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarına göre en yüksek oranda balık unu içeren 5 ve 6 nolu besinlerden elde edilen erginlerin diğerlerine göre önemli oranda daha uzun yaşadıkları görülmüş ve dişi başına ömrü boyunca bıraktıkları yumurta sayılarının diğer besinlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Kitle üretiminde yöredeki sanayi ürünlerinin atıklarının geri dönüşümü için balık

unun etkisinin incelendiği bu çalışmada balık ununun veya balıkların atıklarının besine katılarak değerlendirilebileceği kanaatine varılmıştır. Ancak karışıma ilave edilen balık ununun etkisinin açıklığa kavuşturulması için besinlere ait içerik analizlerin yapılması ve *E. kuehniella*'nın besine alışma sürecinin ortaya çıkması için birkaç döl incelemelerin devam ettirilmesi yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümünden üretilmiştir. Çalışmada kullanılan, balık ununun sağlanmasında desteklerini gördüğümüz Çanakkale Dardanel Önentaş Gıda Sanayi A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Asude Türkoğlu: Deneysel çalışmaları yürütmüş, verileri elde etmiş ve makaleyi yazmıştır.

Ali Özpinar: Çalışmayı planlamış, verileri değerlendirmiş ve makaleyi kontrol ederek tamamlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Abdi, A., Naseri, B. ve Fathi, S. A. A. (2014). Nutritional indices, and proteolytic and digestive amyolytic activities of *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae): response to flour of nine wheat cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran*, 33(4), 29-41. Erişim adresi: http://www.agrijournals.ir/article_105531_02c98c8f5b6dcc862286b1714d993d89.pdf Erişim tarihi: 12.04.2021
- Behmer, S.T. (2009). Insect herbivore nutrient regulation. *Annual Review of Entomology*, 54(2), 165–187. Erişim adresi: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ento.54.110807.090537> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Bergeijk, K. E., Bigler, F., Kaashoek, N. K. ve Pak, G. A. (1989). Changes in host acceptance and host suitability as an effect of rearing *Trichogramma maidis* on a factitious host. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 52, 229-238. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1989.tb01272.x>
- Bulut, H. ve Kılınçer, N. (1987). Yumurta paraziti *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'in un güvesi (*Ephestia kuehniella* Zell.) (Lepidoptera: Pyralidae) yumurtalarında üretimi ve konukçu-parazit ilişkileri. *Türkiye I. Entomoloji Kongresi Bildirileri*, (pp:563-572). İzmir. Erişim adresi: <http://www.biyolojikmucadele.org.tr/uploads/Trichogrammatidae.pdf> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Ercan, G. (1989). Laboratuvarında üretilen *Anagasta (=Ephestia) kuehniella* Zeller (Lep., Pyralidae)'nın biyolojisine farklı dört besinin etkisi üzerinde bir araştırma. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Faal, H. ve Shishebor, P. (2013). Biological parameters of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae): Effect of host diet. *Journal of Crop Protection*, 2(4), 411-416. Erişim adresi: <https://jcp.modares.ac.ir/article-3-1481-en.pdf> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Gündüz, E.A. ve Gülel, A. (2004). *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) erginlerinde konukçu türünün ve besin tipinin ömür uzunluğuna etkisi. *Türkiye Entomoloji. Dergisi*, 28(4), 275-282. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/65102> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Karabörklü, S. ve Ayvaz, A. (2007). Soğukta depolamanın farklı konukçularda yetişen *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae)'in farklı evreleri üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23, (1-2) 30 – 36. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesfen/issue/25747/271583> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Kurtuluş, A., Pehlivan, S., Achiri, T. D. ve Atakan, E. (2020). Influence of different diets on some biological parameters of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 85, 101554. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101554>

- Moghaddasi, Y., Ashouri, A., Bandani, A. R., Leppla, L. C. ve Shirk, P. D. (2019). Effect of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) larval diet on egg quality and parasitism by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Insect Science*, 19(4), 10; 1–7. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez076>
- Özder, N. ve Kara, G. (2010). Comparative biology and life tables of *Trichogramma cacoeciae*, *T. brassicae* and *T. evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) with *Ephestia kuehniella* and *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) as hosts at three constant temperatures. *Biocontrol Science and Technology*, 20(3), 245-255. <https://doi.org/10.1080/09583150903497880>
- Özder, N. (2004). Effect of different cold storage periods on parasitization performance of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Biocontrol Science and Technology*, 14(5), 441-447. <https://doi.org/10.1080/09583150410001683529>
- Özek, H., Şahin, A.K. ve Özpınar, A. (2017). Determination of the optimum number of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) eggs for mass production of predator *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae). VIII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems, (pp:112) Çanakkale. <https://iseep2017.comu.edu.tr/archive/announcements/abstract-book-r12.html> Erişim tarihi: 23.08.2021
- Özkan, C. (2006). Effect of host diet on the development of the solitary egg-larval parasitoid *Chelonus oculator* in superparasitized *Ephestia kuehniella*. *Phytoparasitica*, 34(4), 338-346. <https://doi.org/10.1007/BF02981019>
- Özpınar A. (1997). *Ephestia kuehniella* Zeller ve *Sitotroga cerealella* (Olivier) yumurtaları üzerinde *Trichogramma evanescens* Westwood'un etkisinin karşılaştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, 37(1), 59-65. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/41503> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Öztemiz, S. (2001). Çukurova'da Mısır kurdu (*Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae)'nın *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ile parazitlenmesine etki eden bazı faktörlerin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış doktora tezi). Erişim adresi: <http://www.biyolojikmucadele.org.tr/uploads/Trichogrammatidae.pdf> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Pehlivan, S., Alınç T. ve Atakan E. (2017). Avcı böcekler *Orius niger* Wolff ve *Orius vicinus* (Ribaut) (Hemiptera: Anthocoridae)' un bazı biyolojik özelliklerinin araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 8(1), 49-58. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/432193> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Rees D. (2004). Insects of stored products. London: CSIRO Publishing, Collingwood Victoria, Avustralya. Erişim adresi: <https://www.publish.csiro.au/book/3465/> Erişim tarihi: 23.08.2021
- Roberts, H.L.S., Trüe, O. ve Schmidt, O. (2004). The development of the endoparasitoid wasp *Venturia canescens* in superparasitized *Ephestia kuehniella*. *Journal of Insect Physiology*, 50(9), 839-846. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2004.06.006>
- Seyedi, H., Mehrkhou, F. ve Noori, F. (2017). Type of cereal flours as factors affecting biological and physiological characteristics of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Journal of Crop Protection*, 6(2), 273-285. Erişim adresi: <https://jcp.modares.ac.ir/article-3-2415-en.html> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Simpson, S.J. ve Raubenheimer, D. (2012). The nature of nutrition: a unifying framework from animal adaptation to human obesity. Princeton University Press, New Jersey. Erişim adresi: <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691145655/the-nature-of-nutrition> Erişim tarihi: 23.08.2021
- Sönmez E., Özcan Ö. ve Koç Y. (2019). Farklı besin tiplerinin *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nın total lipit ve total yağ asidi yüzdelere etkileri. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 39-45 Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/668454> Erişim tarihi: 23.08.2021
- Tarlack, P., Mehrkhou, F. ve Mousavi, M. (2014). Life history and fecundity rate of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) on different wheat flour varieties. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48(1), 95-103. <https://doi.org/10.1080/03235408.2014.882135>
- Tavares, J., Silva, L. ve Oliveira, L. (2018). Modeling adult emergence and fecundity of factitious hosts under different food sources supports massive egg production management. *Bulletin of Entomological Research*, 108, 150–157. <https://doi.org/10.1017/S000748531700061X>
- Thompson, S.N., Redak, R.A. ve Borchardt, D.B. (2002). The gluco-genic response of a parasitized insect *Manduca sexta* L. is partially mediated by differential nutrient intake. *Biochim Biophys Acta*, 1571, 138–150. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(02\)00208-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(02)00208-8) Erişim tarihi: 12.04.2021

- Tulaganov, S. (1995). Değişik besinlerin *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)'nın gelişme ve morfolojisine etkisi üzerine gözlemler. Ege Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 27 s. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Tunca, H., Özkan, C.ve Kılınçer, N. (2010). Temperature dependent development of the egg-larval parasitoid *Chelonus oculator* on the factitious host, *Ephestia cautella*. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, 34, 421-428. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/119640> Erişim tarihi: 12.04.2021
- Xu, J., Wang, Q. ve He, X. Z. (2008). Emergence and reproductive rhythms of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *New Zealand Plant Protection*, 61, 277-282. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2008.61.6806>
- Yanık, E. ve Ünlü, L. (2011). Influences of temperature and humidity on the life history parameters and prey consumption of *Anthocoris minki* Dohrn (Heteroptera: Anthocoridae). *Applied Entomology and Zoology*, 46(2), 177-184. Erişim adresi: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13355-011-0029-y.pdf> Erişim tarihi: 23.08.2021



The Effects of Traps Hung in Different Places in the Cherry Orchard on the Capture and Flower Damage of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) (Coleoptera: Cetoniidae)

Veli Burak Çelik¹, Bülent Yaşar^{2*}

¹Syngenta (Tarım ilaçları), İzmir

²Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey

Article History

Received: 03.06.2021

Accepted: 11.09.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract - In this study, the trapping effect of light blue traps suspended in the cherry orchard and also in four different directions was determined by using attractants of *Tropinota hirta* (Coleoptera: Cetoniidae) causing economic damage on the flowers of cherry trees. 1:1 ratio of trans-cinnamyl alcohol + trans-anethol included chemical attractants were used in all traps. All attractants were dripped on dental cottons by micro pipette. These cottons were placed in closed plastic falcon tubes of 3x13 cm dimensions with 0.3 mm diameter holes on the sides. Traps with attractants and water beneath them were located in the outer part of the orchard and on tree branches in all directions; They were hanged 1.5 m above the ground on the wire where attached to two poles in the middle of a row in the orchard and on one branch of five trees in the inside of the orchard. The number of trapped adults and the number of intact flowers on the same trees were recorded and they were compared with each other. As a result, the number of adult insects caught in traps where hung on wires in the orchard was higher. The number of intact flowers on all the trap-hung trees was higher than on the trees in the controls. In addition, as a result of hanging the traps on the trees, the rate of shedding of the flowers was higher.

Keywords: Blue funnel, cherry, direction trap, *Tropinota hirta*

1. Introduction

Tropinota hirta is a harmful species because it feeds on the reproductive parts of flowers, such as fruit trees, ornamental trees, shrubs and other plants. It can also cause damage to cereals (Toth, Schmera, & Imrei, 2004). Studies have found that *T. hirta* caused damage on the flowers of rose, cherry, apple, apricot, plum, peach, raspberry, blackberry, and spring blooming fruit trees (Schmera et al., 2004; Vuts, Szarukan, Subchev, Toshova, & Toth, 2009; Yaşar & Uysal, 2013; Güvenç & Yaşar, 2014). *Tropinota hirta* is harmful not only during the flowering period but also on the buds. This pest sterilize the plants by chewing their petals, stamens and stigmas of the flowers (Vuts et al., 2009).

Tropinota hirta can be seen in almost all of Europe, especially in Central and Eastern Europe, and in the north of Africa. Countries where *T. hirta* is frequently seen are Austria, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Ukraine, Germany, France, Switzerland, Italy, Czech Republic, Slovakia, Albania, Hungary, Bulgaria, Lithuania, Poland, Portugal, Romania, Belarus, Greece, Spain, Turkey, Cyprus and Morocco (Catalogue of life, 2018; Anonymous, 2018). Stanek (1984) reported that this pest is common throughout Europe, Northern Asia, and North Africa. Although it is reported that this species is found in Adana, Afyonkarahisar, Ankara, Bursa, Çanakkale, Elazığ, İzmir, Isparta, Malatya, Mardin, Mersin, Kahramanmaraş, Karaman, and Yalova provinces in our country, it is thought that it is possible to find it in other provinces where no study have been conducted

¹ v.b.celik@gmail.com

² bulentyasar99@hotmail.com

*Corresponding Author

(Öztürk, Ulusoy, Erkiş & Bayhan, 2004; Çetin, Hantaş & Erenoğlu, 2006; Bahadıroğlu, Akıncı & Kalkar, 2007; Özcan, 2008; Sağdaş & Yaşar, 2013; Gezer & Özpınar, 2015).

It is easier to control of the adults than their larvae because they live under the ground. However, it is very difficult to chemical control *T. hirta*. Because agricultural pesticides cannot be used during flowering not to affect negatively the honey bees and other pollinating insects. For this reason, in the control of this pest collectively catch adults by an efficient trapping system is an important alternative method. This pest can be controlled by traps using chemical and visual attractants. In the study, it was seen that blue colored traps were successful in controlling of this pest (Schmera et al., 2004).

It was reported that this pest can be caught by white or blue traps (Toth, Klein, & Imrei 2003; Toth et al., 2004). Schmera et al. (2004) put forth that this species was caught by the mixture of trans-cinnamyl alcohol and trans-anethol in a 1:1 ratio and it was a strong tendency towards blue colored traps. Vuts et al. (2009) noticed that using 1:1:1 ratio of trans-anethol, trans-cinnamyl alcohol and 4-methoxyphenethyl alcohol is the most effective mixture to catch Apple blossom beetle. Jozsef (2010) reported in his study that the effectiveness of traps which used against the adults of *T. hirta* can be increased with chemical attractants. Mitko, Teodora, Radoslav, Vilina, Vasilina, Teodora, Nikolina, Petko, & Dimitar (2011) indicated that *T. hirta* adults were caught significantly by using traps with a color similar to parliamentary blue, named as "VARb3". Sağdaş & Yaşar (2013) stated that blue colored funnels with attractants used in orchards without applied any pesticides during the flowering periods can be used as an effective method to control of this pest. Yaşar & Uysal (2013) declared that the use of an attractant together with a blue funnel filled with water was effective in catching *T. hirta* on plum and apricot trees during the flowering periods of young trees. Also, they indicated that this pest preferred plum trees much more than apricot ones because of that more adults were caught by traps in the plum orchards.

Generally, only the number of caught individuals is taken into account in the studies of trapping insects. However, in our previous studies, we observed that the insects attracted to the traps also caused damage in the surrounding plants. In this study, we were aimed to find out How many the adults of Apple blossom beetles would be caught by the traps both of the trees and on the wire. In this study, we were aimed to find out How many the adults of Apple blossom beetles may be caught by the traps in trees and on the wire. At the same time, we also tried to determine the flower damage on the trees where the traps hung.

2. Material and Methods

The material of the present study is Apple blossom beetle, which is harmful to flowers in cherry orchards, and different attractants that are used to attract this pest and dripped onto cotton in falcon tubes placed on light-colored blue funnel traps. Traps containing trans-cinnamyl alcohol + trans-anethol were used in all traps. Both of attractors were mixed in a 1:1 ratio.

The traps were hung two weeks before the trees bloomed in the cherry orchard in 2018 in Isparta Province, and the attractants were placed in the traps when the first adults were seen. Although, the effects of the attractants in the traps continued for a long time, they were replaced once in every three weeks. All the attractants used were dropped on dental cottons with high liquid absorbency and 20 mg each with the help of a micro pipette. These cottons were placed in the plastic falcon tubes at 3x13 cm dimentions with 10 holes of 0.3 mm in diameter, which the smell of attractants allow outside and also to prevent of the rain to enter inside at the same time. These tubes were perforated just under the cover part and connected to the edges of the funnels by passing a stainless wire through them. Due to their tendency for water, the adults approaching the attractants were falled into in the plastic bottle (Figure 1).



Figure 1. The blue funnel trap

All the funnels used in the study were painted with the hexadecimal code #C6DEFF and the RGB decimal code 198, 222, 255 and named as “Light steel blue 1” (Yaşar, Çeşme, Baydar, Aysal, & Yazır, 2013). During the studies, a total of five traps with a distance of 10 m from each others were tied on a stretched wire attached to poles at a height of 1.5 m from the ground in the middle of a row in the same orchard. The same traps were hung on tree branches at a height of 1.5 m from the ground, a total of five in all directions on the outside of the orchard. In addition, the traps were hung at a height of 1.5 m from the ground inside of the orchard, on the branches of five trees in the south direction. The distance of the traps between in the inner area and the outside of the orchard was at least 20 m (Figure 2).

A 0.5 L plastic bottle was placed under the blue funnels in the traps. It was tried to prevent insects from escaping from the traps by filling the plastic bottle with 1/3 of water and opening holes in the upper 1/3 of the bottle so small that insects could not escape because of overflowing the water in case of rain.

Generally, in the previous studies that the trap effectiveness were tried to explained with the number of insects caught in traps. However, in our previous studies, we noticed in spite of the high catching rate by traps, the insect damage on the flowers was high too. Therefore, in this study, we also tried to determine the damage rates in the flowers of the trees which the traps were hung. For this purpose, one-meter-long on the branches of alive buds and fruit sets in two branches of each trees where the traps were hung in all directions of the orchard were counted. Thus, the flowers shedding rates of the trapped and non-trapped trees were obtained. The same counting procedures were also conducted on the five trees for trapping, non-trapping, and the nearest to the traps on the wire (Figure 2). The climate data in the study were obtained from the Isparta Meteorology Provincial Directorate.

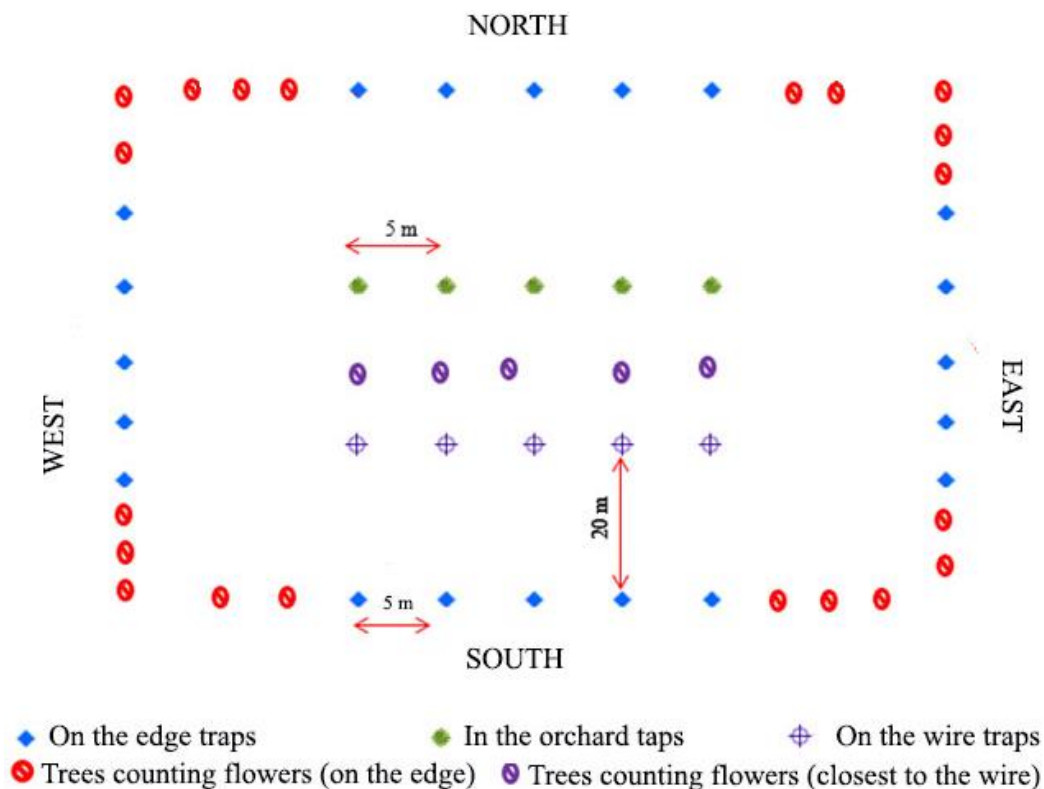


Figure 2. Locations of hanging traps and control trees in cherry orchard

Square root transformation was applied to the insect number values obtained in the traps and one-way analysis of variance (ANOVA) was performed on these transformed values using the SPSS package program, followed by Tukey's HSD multiple comparison test ($p < 0.05$). The values given in Table 1 are untransformed values. Multivariate numerical analysis (MVSP) was use for percentage similarity index programme.

3. Results and Discussion

The number of the insects caught in traps hung for different directions and inside the cherry orchard is given in Table 1. When the number of adults caught in the traps in the cherry orchard were examined according to the all directions and different inside areas. The number of insects in the traps hanging on the wire was higher than the others, and as a result of the statistical analysis, the difference between all other traps were found to be significant ($p < 0.05$) (Table 1, Figure 3). It is thought although these results were the same in all traps and had the same attractive colors, the fact that they could be seen by insects caused an increase in the rate of catching by the traps.

Table 1

Number of adults caught in traps in cherry orchard according to directions and on the wire (Mean±SH)*

Directions and fields	
On the wire	12.84±3.09 a
North	3.31±1.44 b
East	3.22±1.42 b
Souht	3.06±1.12 b
West	2.42±1.17 b
In the orchard	2.00±0.88 b

*The difference between the numbers shown with the same letter in the same column is not statistically significant ($p < 0.05$)

According to these data, it is revealed that the blue colored traps on the trees in or around the orchard cannot be seen easily by this adult insects. But the traps on the high wire are easier to see and the adult insects attracted to these traps, although they are inside the orchard. In addition to this, in general, the number of adults caught per day was lower than in our previous studies. We think that the reason for this is the fact that all the orchards in the area where the study is carried out are regularly plowed every year. Schmera et al. (2004) reported since the larvae of this species live in unploughed areas in proportion to ploughed ones. So, such as pasture the damage of this species is more important in the orchards that near to those areas. Similarly, Yaşar & Uysal (2013) noticed that the adults of this insect are more likely to be caught near uncultivated soils.

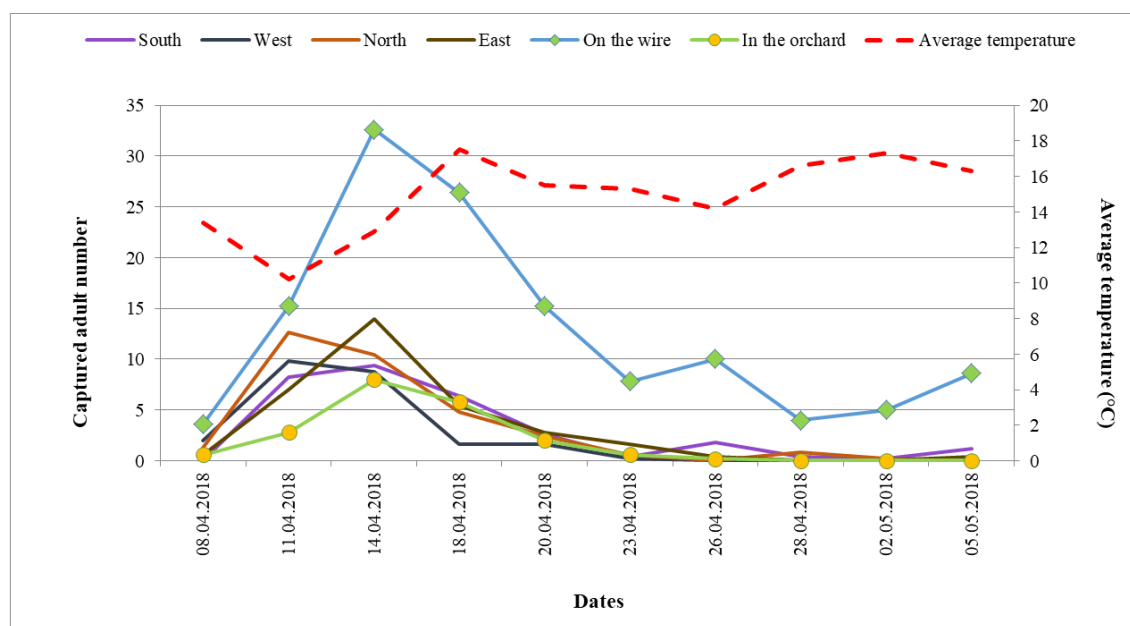


Figure 3. The number of adults caught in the traps according to the directions and areas and the average temperature values

According to the percent similarity analysis results obtained from the number of insects caught in the traps, the ones hanging on the wire showed 35.65% similarity to all other places where the traps were hung. In other words, it was 64.35% different from them (Figure 4).

While those from the other groups in the East and South directions show 81.52% similarity to each other, and 81.32% similarity to each other in the North and West directions. So, it is seen that these two groups are 76.63% similar to each other. It was revealed that this group and the traps on the trees in the orchard were 72.19% similar to each others.

Ražov, Barić, & Dutto (2009) reported on peach trees that the optimum trap height should be 120-150 cm from the ground and the distance between the traps should be 15 m. In a study conducted by Güvenç & Yaşar (2014) to catch *T. hirta* adults on cherry trees in Isparta Province, it was noticed that the most adult individuals were caught in light blue colored funnel traps with attractant, 150 cm high from the ground. Yaşar & Uysal (2013) was stated that during of blooming to use of attractants together with the blue colored funnel trap under a 5 L plastic bottle filled with water is more effective. It was reported that more adults were caught than apricots. Okudan-Erdoğan (2016) reported that blue colored funnel traps on the trees caught more adults than those on the ground. Mitko et al. (2011) reported that *T. hirta* adults were caught in a significant amount by the traps, as it has parliament blue color.

In the previous studies, traps were used by placing them on the ground or hanging them on trees to catch the adults of this pest. In this study, the effectiveness of the traps was investigated by hanging the traps in all directions and especially between the rows of trees in the orchard. As can be seen in Figure 1 and Table 1, the number of individuals caught in traps on wires in the orchard was much higher than in all other directions.

Although, these results were the same in all traps which had the same colors and same attractants, the fact that they could be seen easily by insects caused an increase in the rate of insects that caught in the traps.

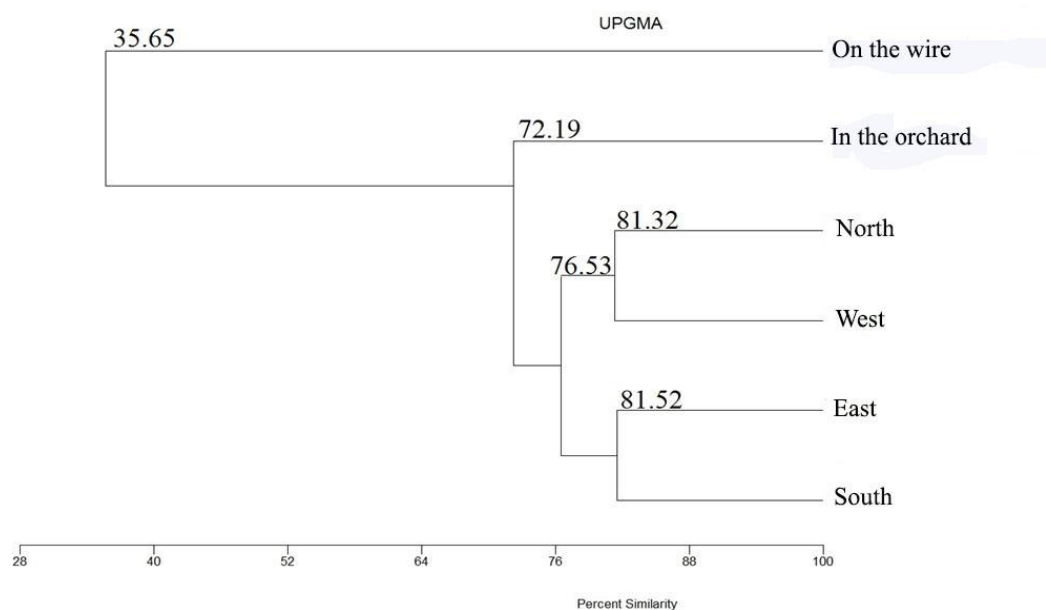


Figure 4. The percentage similarity analysis results (MVSP) of adult numbers caught in traps in cherry orchard according to directions and areas

Our study is by determining the number of flowers on the trees trapping and non-trapping (Table 2). The flower buds counted at the beginning of the study in all trees, and the percentage of flowers that fell at the end of the study was found. Except for the traps on the wire, the numbers of shedding flowers in all trees on the traps were higher than those in the controls without traps. Considering that the physiology of the plant and natural events are the same for all trees, it is possible to say that this difference is due to the damage caused by the insects attracted by the traps. Moreover, although the traps on the wire were five-meter distance from the nearest trees in the orchard, the rate of shedding flowers on these trees were at the highest level.

Table 2

The number of shedding flowers and the total number of insects caught in the trees trapping and non-trapping according to the directions and different areas in the orchard

Directions and areas	Numbers of shedding flowers in trap hang trees (%)	Number of shedding flowers on trees in the non-trapping (control)	Total number of caught insects
North	92.95	28.63	33.1
In the orchard	90.10	25.28	20.0
West	70.73	18.75	24.2
South	48.25	30.71	30.6
East	32.95	30.65	32.2
On the wire	-	90.83	128.4

4. Conclusion

In the light of this information, it has been revealed that hanging traps in visible places is an important factor in catching *T. hirta* adults. However, hanging traps in visible areas is only important in terms of attracting and catching more insects. Although no study has been reported so far on the relationship between trap-flower damage about this species before, in this study has reported for the first time. It is to say that as a result of this

study, the more attracted of the insects towards the traps, the more the rate of damage increases for flower buds on trees and for reproductive organs on them. It is possible to say that the most appropriate place where the traps to hang should be on wire or poles around the orchard and if it is possible away from the trees and before the adults enter the orchard. We think that this problem can be solved by conducting more detailed studies on this issue.

Acknowledgement

We would like to thank Süleyman Demirel University Scientific Research Fund for providing financial support to our study within the scope of the project numbered FYL-2018-6747.

Author Contributions

Veli Burak Çelik: Collected data.

Bülent Yaşar: Designed the study and performed analysis.

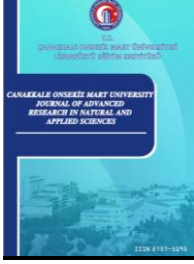
Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Anonymous (2018). *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda, 1761) Retrieved from: https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/exotic_scarab_pests/key/lucid_key_to_scarabs/Media/Html/entities/tropinota_hirta.htm
- Bahadıroğlu, C., Akıncı, M., & Kalkar, Ö. (2007). Distribution of species of Cetoniidae and Buprestidae families (Coleoptera) on different altitudes in Ahır Mountain, Kahramanmaraş. *KSU Journal of Science and Engineering*, 10(1), 6-12. Retrieved from: <https://www.academia.edu/5396149/>
- Catalogue of life, (2018). Retrieved from: <http://www.catalogueoflife.org/col/>
- Çetin, G., Hantaş, C., & Erenoğlu, B. (2006). Studies on pest and mite fauna detected in blackberry (*Rubus fruticosus*) orchards in Bursa and Yalova. *Bahçe*, 35(1-2), 61-74. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bahce/issue/3350/46360>
- Gezer, B., & Özpınar, A. (2015). Effect of epibrassinolide, gibberellic acid and naphthalene acetic acid on pollen germination of some pomegranate cultivars. *COMU Journal of Agriculture Faculty*, 3(2), 27-34. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/comuagri/issue/25718/271381>
- Güvenç, C., & Yaşar, B. (2014). The effect of different chemical attractants on the capture of *Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) feeding on cherry flowers. *Süleyman Demirel University, Journal of Natural and Applied Science*, 18(3), 97-104. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sdufenbed/issue/20805/222196>
- Jozsef, V. (2010). *Studies on the Chemical Communication of Beetle Pests by Electrophysiological and Behavioural Methods*. (Unpublished PhD Thesis). Eötvös Lóránd University, Budapest, Hungary.
- Mitko, A. S., Teodora, B. T., Radoslav, A. A., Vilina, D. P., Vasilina, D. M., Teodora, S. S., Nikolina, T. M., Petko, M. M., & Dimitar, I. V. (2011). Employing floral baited traps for detection and seasonal monitoring of *Tropinota (Epicometis) hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 63(3), 269-276. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/Employing-Floral-Baited-Traps-for-Detection-and-of-Subchev-oshova/0ae0520972474fa77d64a347148c697347db9503>
- Okudan-Erdoğan, Ö. (2016). *Effect of different traps for catching of Tropinota (Epicometis) hirta (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) on flowers of pear tree (Master's thesis) (In Turkish)*. Retrieved from: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=C_zSjr_7wqAKx83RXMq7eQ&no=9hLoVANEu7gG0kxqRggiUA.
- Özcan, R. (2008). *Investigations on harmful insects and mites and their natural enemies in cherry orchards in Basyayla district of Karaman, Turkey. (In Turkish)* (Unpublished master's thesis). Retrieved from: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=4mcisHnK_JNOA5dkAA_aUQ&no=P6HvDyHEwMhkGCD0lx47iw

- Öztürk, N., Ulusoy, M. R., Erkiş, L., & Bayhan, S. (2004). Pests and predatory species determined in apricot orchards in Malatya province of Turkey. *Plant Protection Bulletin*, 44(1-4), 1-13. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bitkorb/issue/3671/48766>
- Ražov, J., Barić, B., & Dutto, M. (2009). Fauna of the cetoniid beetles (Coleoptera: Cetoniidae) and their damages on peach fruits in orchards of Northern Dalmatia, Croatia. *Entomology Croatia*, 13(2), 7-20. Retrieved from: <https://hrcak.srce.hr/48339>
- Sağdaş, A., & Yaşar, B. (2013). The effect of various types of blue traps baited with an attractant on the adult captures of the apple blossom beetle (*Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) in sweet cherry orchards of Afyonkarahisar. *Suleyman Demirel University, Journal of Natural and Applied Science*, 17(3), 26-31. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sdufenbed/issue/20802/221980>
- Schmera, D., Tóth, M., Subchev, M., Sredkovic, I., Szarukán, I., Jermy, T., & Szentesi, A. (2004). Importance of visual and chemical cues in the development of an attractant trap for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae). *Crop Protection*, 23, 939-944. Retrieved from: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-190fbd1d-5d2b-3005-a53e-6850b1f98dd9>
- Stanek, V. J. (1984). *Encyclopedie Des Insectes Coleopteres*. Suoboda, Prague, Czech Republic.
- Toth, M., Klein, M. G., & Imrei, Z. (2003). Field screening for attractants of scarab (Coleoptera: Scarabaeidae) pests in Hungary. *Acta Phytopathologica at Entomologica Hungarica*, 38(3-4), 323-331. <https://doi.org/10.1556/aphyt.38.2003.3-4.12>.
- Toth, M., Schmera D., & Imrei, Z. (2004). Optimization of a chemical attractant for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 59(3-4), 288-292. <https://doi.org/10.1515/znc-2004-3-429>.
- Vuts, J., Szarukan, I., Subchev, M., Toshova, T., & Toth, M. (2009). Improving the floral attractant to lure *Epicometis hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae, Cetoniinae). *Journal of Pest Science*, 83(1), 15-20. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-009-0263-z>
- Yaşar, B., & Uysal, O. (2013). Evaluation of the efficacy of different traps in capturing apple blossom beetle (*Epicometis hirta* (Poda, 1761)) (Coleoptera: Scarabaeidae). *Turkish Journal of Entomology*, 37(2), 169-177. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/entoted/issue/5699/76187>
- Yaşar, B., Çeşme, I., Baydar, M. S., Aysal, I., & Yazır, A. B. (2013). The effect on capturing of alleculid beetle (*Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) feeding on the flowers of cherry trees by the funnel traps and different blue colors. *Turkish Bulletin of Entomology*, 3(2), 99-105. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/entoteb/issue/5543/75036>



Edirne İli Özelinde 2019 ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliklerine Göre Yatay Tasarım İvme Spektrumlarının Değişiminin İncelenmesi

Burak Özşahin^{1*}

¹Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 25.04.2021

Kabul: 04.08.2021

Yayın: 15.12.2021

Araştırma Makalesi

Öz – Deprem mühendisliği ve teknolojiadaki gelişmeler, Türkiye ve dünyada yaşanan depremlerden elde edilen tecrübeler sonucu Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 yerini Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019'a bırakmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 ile birlikte 1996 yılından beri kullanılmakta olan deprem bölgeleri haritası da yürürlükten kaldırılarak yerine yeni hazırlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları yürürlüğe girmiştir. Bu çalışmada Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'den Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019'a geçilirken yatay tasarım ivme spektrumlarındaki değişim Edirne ili özelinde incelenmiştir. Bu amaçla Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre 2., 3. ve 4. deprem bölgesinde yer alan Edirne merkezi ve ilçeleri için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019'a göre yatay tasarım ivme spektrumları farklı zemin sınıfları ve deprem yer hareketi düzeyleri için ayrı ayrı oluşturularak ivme spektrumlarının, köşe periyotlarının, koordinata dayalı spektrum katsayılarının farklı zemin sınıflarına göre değişimi irdelenmiştir. Çalışmada elde edilen karşılaştırmalı sonuçlar, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019'a göre Edirne merkezi ve ilçelerinin tamamında yatay tasarım spektral ivmelerinin Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre daha büyük değerler aldığını göstermiştir. Edirne merkezi ve ilçeleri için elde edilen sonuçlar Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019'un Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye göre güvenli tarafta kaldığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler – Deprem tehlike haritası, Edirne, spektrum eğrisi, tasarım ivme spektrumu, Türkiye bina deprem yönetmeliği

Investigation of the Acceleration Spectra Changes in Edirne Province According to 2007 and 2019 Turkish Building Earthquake Codes

¹Department of Architecture, Faculty of Architecture, Kırklareli University, Kırklareli, Turkey

Article History

Received: 25.04.2021

Accepted: 04.08.2021

Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – As a results of the developments in earthquake engineering and technology, the experiences gained from earthquakes in Turkey and all over the world, Turkish Building Earthquake Code 2007 was abolished and Turkish Building Earthquake Code 2019 was entered into force. The seismic zone maps that being used since 1996 was abolished and the new Turkish Earthquake Hazard Maps entered into force with Turkish Building Earthquake Code 2019. In this study the variations of acceleration spectra due to the transition from Turkish Building Earthquake Code 2007 to Turkish Building Earthquake Code 2019 was examined in the province of Edirne. For this purpose, the design acceleration spectra of Edirne Center and its districts located in the 2nd, 3rd and 4th earthquake zone according to Turkish Building Earthquake Code 2007, were created and the variation of acceleration spectra, fundamental periods and coordinate-based spectrums according to Turkish Building Earthquake Code 2007 and Turkish Building Earthquake Code 2019 for different site classes and earthquake ground movement levels were examined. The comparative results show that according to Turkish Building Earthquake Code 2019, it is concluded that the design spectral accelerations of Edirne Center and all of its districts have higher values than Turkish Building Earthquake Code 2007. The results for Edirne Center and all of its districts it can be said that Turkish Building Earthquake Code 2019 is generally safer side compared Turkish Building Earthquake Code 2007.

Keywords – Earthquake hazard map, Edirne, spectrum curve, design acceleration spectrum, Turkish building earthquake code

¹ burak.ozsahin@klu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Depreme dayanıklı bina tasarımı amaç, binaların kullanım ömrü boyunca bulunduğu bölgede olması beklenen en büyük depremde göçmeden ayakta kalabilmesini ve can güvenliğini sağlamaktır (Darılmaz, 2018). Binalara etki edecek deprem yükleri, dinamik ve statik analiz yöntemleri kullanılarak, iki farklı şekilde hesaplanmaktadır. Yapısal analiz süresini kısaltmak ve işlemleri kolaylaştırmak amacıyla dinamik analiz yöntemi yerine statik analiz yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Koçer, Nakipoğlu, Öztürk, Al-Hagri ve Arslan, 2018). Düzensizlik içermeyen ya da çok fazla düzensizliği olmayan, az katlı binaların deprem yüklerinin hesabında kullanılan eşdeğer deprem yükü yönteminde binaya etkiyecek deprem yükü, binanın doğal titreşim periyodu için tasarım spektrum eğrisine bağlı olarak belirlenen tasarım ivme değeri ile binanın kütlesi çarpılarak bulunmaktadır. Binaya etki edecek deprem yükü bina periyodu ve spektrum eğrisinin bir fonksiyonudur. Depreme dayanıklı bina tasarımı ve analizi, her ülkenin kendi koşullarına göre hazırlanan deprem yönetmelikleri ile sağlanmaktadır. Tüm dünyada deprem yönetmelikleri, deprem ve yapı mühendisliği alanındaki gelişmeler ışığında zaman zaman revize edilmekte veya yenilenmektedir (İncetaş ve Tanrikulu, 2002). Türkiye’de Resmi Gazete’de 18.03.2018 tarihinde yayımlanarak 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 (TBDY 2019) ile birlikte Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY 2007) yürürlükten kalkmıştır. TBDY 2019’un yürürlüğe girmesiyle birlikte 1996 yılından beri kullanılan Deprem Bölgeleri Haritası da yürürlükten kaldırılarak, yerine Türkiye Deprem Tehlike Haritaları 2019 (TDTH 2019) yürürlüğe girmiştir (Seyrek, 2020; AFAD, 2021). TDTH 2019’da deprem bölgeleri haritalarında olduğu gibi sabit katsayılar ile çalışmak yerine kısa periyod ve uzun periyod için ayrı ayrı olmak üzere binanın bulunduğu koordinatlara dayalı ivme parametreleriyle deprem hesabı yapılmaktadır (Nemutlu, Balun, Benli ve Sarı, 2020).

Deprem bölgeleri haritasından Türkiye Deprem Tehlike Haritaları 2019’a (TDTH 2019) geçişin yeni olması sebebiyle bu konuyla ilgili yapılan sınırlı sayıda çalışma aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Şahin, Durucan ve Durucan (2020) çalışmalarında TDY 2017 deprem bölgeleri haritasından kontur içerikli TDY 2018 deprem tehlike haritasına geçilmesi nedeniyle meydana gelen değişikliklerin binalar üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Seyrek (2020) çalışmasında Türkiye Deprem Tehlike Haritasını Ege Bölgesi için irdeleyerek, eski ve yeni sismik tehlike haritalarının karşılaştırılmasını Ege Bölgesi için yapmıştır. Öztürk (2018) çalışmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TDY 2018) ve Deprem Tehlike Haritalarının eski yönetmelikle karşılaştırılmasını İç Anadolu Bölgesi için yapmıştır. Bozer (2020) çalışmasında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e göre tanımlanan elastik tasarım spektrumlarının kısa periyod ve 1.0s periyod bölgelerinde spektral değerlerini 81 il merkezi için hesaplayarak karşılaştırmıştır. Koçer vd. (2018) çalışmalarında deprem risk düzeyi farklı dört ilin farklı zemin sınıfları için DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’de tanımlanan spektral ivme değerleri ile zemin hakim periyodlarını bularak, karşılaştırmıştır. Nemutlu vd. (2020) çalışmalarında DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’deki tasarım ivme spektrumlarını Bingöl ve Elazığ il merkezleri için oluşturarak farklı zemin sınıfları için tasarım spektrumları, köşe periyodları ve ivme değerleri arasındaki farkları irdelemiştir. Karaca, Oral ve Erbil (2020) çalışmalarında TBDY 2019 ve DBYBHY 2007’ye göre Niğde ilinde tasarımı yapılmış beş adet bina için sismik tehlike yaklaşımının bina tasarımına olan etkilerini irdelemiştir. Keskin ve Bozdoğan (2018) çalışmalarında Kırklareli ili özelinde DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerini değerlendirmiştir. Akansel, Sosyal, Kadaş ve Gülkan (2020) çalışmalarında Türkiye Deprem Tehlike Haritaları 2019 ile yürürlükten kalkan 1996 tarihli deprem bölgeleri haritası arasındaki farkı spektral ivme şiddeti ölçütü ile incelemiştir. Özşahin (2021) çalışmasında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 (TBDY 2019)’a göre Kırklareli ve ilçelerinin deprem yüklerini örnek binalar için hesaplamış, TBDY 2019 ve DBYBHY 2007’ye göre bulunduğu eşdeğer deprem yüklerini karşılaştırmıştır. Karasin vd. (2020) çalışmalarında Türkiye’deki yedi farklı coğrafi bölgeden birer il seçerek coğrafi konumun, hem deprem parametrelerine hem de yapı performans hesaplamalarını hangi düzeyde etkilediğini incelemiştir. Sucuoğlu (2019) çalışmasında Türkiye Bina Deprem Yönetme-

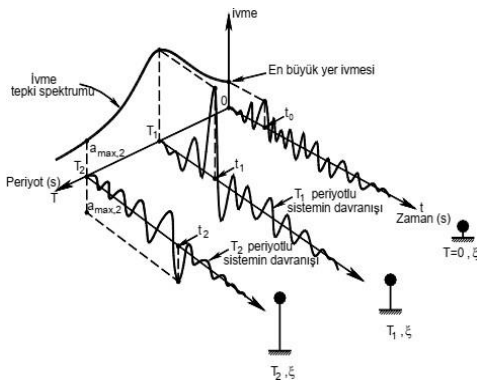
liği 2018'deki yenilik ve gelişmeleri yönetmelik içerisindeki sırasına uygun olarak sunmuştur. [Sümer ve Ham-sici \(2020\)](#) çalışmalarında TBDY 2018 ile deprem yer hareketi spektrum hesabındaki değişikliğin binaya etki eden deprem kuvveti ve binada oluşan deplasman değerlerindeki değişime etkisini araştırmıştır.

Bu çalışmada önceki çalışmalara katkı sağlayacak şekilde DBYBYY 2007'ye göre 2., 3. ve 4. deprem bölgesinde olan Edirne merkezi ve 8 ilçesindeki toplam 73 mahalle için binalara etki eden deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılan yatay tasarım ivme spektrumları farklı zemin sınıfları için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 esas alınarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Spektrum Kavramı

Dinamik analiz yöntemlerinin uzun zaman alan hesaplar gerektirmesi nedeniyle spektral analiz yöntemi günümüzde halen yaygın kullanıma sahiptir. Deprem etkisi altında binanın davranışını belirleyen özellikleri içeren daha genel ve basitleştirilmiş yöntemler uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır ([Keskin ve Bozdoğan, 2018](#)). Bu yöntemlerde temel dinamik özellik olarak binanın yanal titreşim periyodları göz önüne alınmakta ve basitleştirme olarak sistem tek serbestlik dereceli sisteme indirgenmekte, deprem süresince oluşan kuvvetler ve yer değiştirmelerin zaman ile değişiminin belirlenmesi yerine bunların en büyük değerleri hesaplanmakta, en büyük etkilere dayanıklı bir binanın daha küçük etkilere de dayanıklı olacağı kabul edilmektedir ([Darılmaz, 2018](#)). Tepki spektrumu aynı sönüm oranına, fakat farklı doğal titreşim periyoduna sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin belirli bir deprem yer hareketine karşı gösterdiği en büyük yer değiştirme, hız veya ivme tepkilerinin frekans veya periyoda karşı değişimini temsil eden eğrilerdir ([Şekil 1](#)) ([Darılmaz, 2018](#); [Koçer vd., 2018](#)).



Şekil 1. Tepki spektrumunun grafiksel gösterimi ([Darılmaz, 2018](#))

Tepki spektrumları meydana gelen belirli bir deprem kaydı etkisinde belirli bir sönüm oranı için oluşturulduğu, depremden depreme ve zemin koşullarına göre farklılık gösterdiği için gelecekte oluşacak depremleri ne derece temsil edeceği belirsizdir. Depreme dayanıklı tasarımda genellikle gelecekte meydana gelmesi olası yer hareketlerinin binalar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Tasarım spektrumları yeni yapıların tasarımında kullanılacak deprem yüklerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Binalara etki eden deprem yükünün belirlenmesinde deprem yönetmeliklerinde verilen tasarım spektrum eğrileri kullanılmaktadır ([Koçer vd., 2018](#)).

Tasarım spektrumları hazırlanırken incelenen bölgede geçmişte meydana gelmiş depremler göz önüne alınarak, gelecekte meydana gelmesi olası depremlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır ([Nemutlu vd., 2020](#)). Tasarım spektrumları birçok deprem kaydı kullanılarak bunların sonuçları istatistiksel yöntemlerle değerlendirilerek elde edilir, analiz ve boyutlandırma için gerekli karakteristikleri içerir ([Darılmaz, 2018](#); [Nemutlu vd., 2020](#)). Deprem hareketinin spektrumu zemin koşullarından önemli derece etkilendiğinden, farklı zemin koşullarına ilişkin spektrum eğrilerinin birbiriyle karşılaştırılabilmesi için normalize edilmesi

gerekmektedir (Darılmaz, 2018). Deprem yönetmeliklerinde binaların deprem tasarımı için genellikle normalleştirilmiş bir tasarım ivme spektrumu önerilmektedir (Koçer vd., 2018).

2.2. DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 Yönetmeliklerine Göre Yatay İvme Spektrumları

DBYBHY 2007’de tasarım ivme spektrumlarının belirlenmesinde deprem riskinin bölgesel olarak gösterildiği 1996 tarihli deprem bölgeleri haritası kullanılmıştır. Bu haritada deprem bölgeleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve dönüş periyodu 475 yıl (standart tasarım depremi) olan PGA esas alınarak belirlenmiştir. DBYBHY 2007’de Türkiye, deprem riski açısından beş bölgeye ayrılmıştır (Şahin vd., 2020). DBYBHY 2007’de %5 sönüm oranı için tanımlanan elastik ivme spektrumunun ordinatları olan elastik spektral ivme $S_{ae}(T)$, spektral ivme katsayısı $A(T)$ ile yer çekimi ivmesine (g) bağlı olarak (2.1) bağıntısı ile bulunur.

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (2.1)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$ ise etkin yer ivme katsayısı (A_0), bina önem katsayısı (I) ve spektrum katsayısı $S(T)$ ’ye bağlı olarak (2.2) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

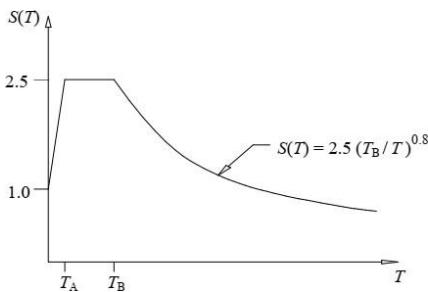
$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (2.2)$$

DBYBHY 2007’de etkin yer ivme katsayısı (A_0) 1. derece deprem bölgesinden 4. derece deprem bölgesine kadar deprem bölgeleri için sırasıyla 0.4, 0.3, 0.2 ve 0.1 şeklinde verilmiştir. DYBYBHY 2007’de 5. derece deprem bölgesi ise depremselliğin olmadığı bölge olarak tanımlanmıştır.

DBYBHY 2007’de spektrum katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına bağlı spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B) ve bina doğal periyodu (T)’ye bağlı olarak (2.3) bağıntısı ile bulunur.

$$S(T) = \begin{cases} 1 + 1,5 \frac{T}{T_A} & \leftarrow 0 \leq T \leq T_A \text{ ise} \\ 2,5 & \leftarrow T_A < T \leq T_B \text{ ise} \\ 2,5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} & \leftarrow T_B < T \text{ ise} \end{cases} \quad (2.3)$$

(2.3) bağıntısında, elastik tasarım ivme spektrum karakteristik periyotları T_A , T_B yerel zemin sınıfına göre değişmekle birlikte sabit katsayılardır. DBYBHY 2007 elastik tasarım ivme spektrum eğrisi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. DBYBHY 2007 elastik tasarım ivme spektrumu

DBYBHY 2007’de en iyi zeminden en kötü zemine doğru zemin özelliklerini ifade eden A, B, C ve D zemin gruplarına ve binanın bulunduğu zemin katmanının kalınlığına göre 4 farklı yerel zemin sınıfı, en iyiden en kötüye doğru Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak tanımlanmıştır.

Depremde bina taşıyıcı sisteminin doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunan elastik deprem yükü, deprem yükü azaltma katsayısına $R_a(T)$ bölünerek azaltılmaktadır. DBYBHY 2007’de deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), binanın doğal titreşim periyodu (T) ve spektrum köşe periyodu T_A ’ya bağlı olarak (2.4) bağıntısı yardımıyla belirlenmektedir.

$$R_a(T) = \begin{cases} 1,5 + (R - 1,5) \frac{T}{T_A} & \leftarrow 0 \leq T \leq T_A \text{ ise} \\ R & \leftarrow T_A < T \text{ ise} \end{cases} \quad (2.4)$$

TBDY 2019 ve TDTH 2019 ile birlikte deprem bölgeleri kavramı tamamen ortadan kalkmış ve deprem tehlikesi tanımında esaslı değişikliğe gidilmiştir. Binaya etkileyen deprem yüklerinin belirlenmesinde etkili olan TDTH 2019’da deprem riski spektral ivme cinsinden verilmektedir. TBDY 2019’da yatay elastik ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)$, tasarım spektral ivme katsayıları (S_{DS} ve S_{D1}) ile bina doğal periyodu (T) ve yatay spektrum köşe periyotlarına (T_A ve T_B) bağlı olarak (2.5) bağıntısı ile bulunur.

$$S_{ae}(T) = \begin{cases} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & \leftarrow 0 \leq T \leq T_A \text{ ise} \\ S_{DS} & \leftarrow T_A \leq T \leq T_B \text{ ise} \\ \frac{S_{D1}}{T} & \leftarrow T_B \leq T \leq T_L \text{ ise} \\ \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} & \leftarrow T_L \leq T \text{ ise} \end{cases} \quad (2.5)$$

Tasarım ivme spektrumunun hesabında kullanılan harita spektral ivme katsayıları (S_S ve S_1), $T=0.2s$ ve $T=1.0s$ periyotlarda referans zemin koşulları dikkate alınan deprem yer hareketi düzeyi (DD) için TDTH’den binanın bulunduğu yerin koordinatlarına bağlı olarak okunmaktadır. Harita spektral ivme katsayıları 50 yılda aşılma olasılığı %2, %10, %50 ve %68 olan dört farklı deprem yer hareketi düzeyi (DD) için elde edilmektedir. TBDY 2019’da söz konusu deprem yer hareketi, en yüksekte en düşük düzeye olmak üzere DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olarak tanımlanmaktadır. DBYBHY 2007’de 50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl olan tasarım depreminin TBDY 2019’daki karşılığı DD-2’dir.

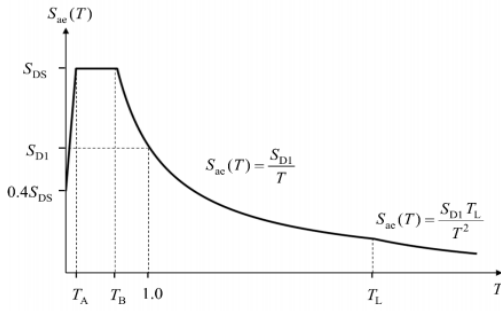
Harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_1 , zemin koşullarını yansıtan yerel zemin etki katsayıları F_S ve F_1 ile çarpılarak, tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} ’e (2.6) bağıntısı ile dönüştürülmektedir.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_S \cdot F_S \\ S_{D1} &= S_1 \cdot F_1 \end{aligned} \quad (2.6)$$

TBDY 2019’da yatay spektrum köşe periyotları T_A ve T_B , (2.7) bağıntısı ile belirlenir. Yatay spektrumun sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6$ s alınmaktadır.

$$T_A = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.7)$$

TBDY 2019 yatay elastik tasarım ivme spektrum eğrisi Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. TB DY 2019 yatay elastik tasarım ivme spektrumu

TB DY 2019’da en iyi zeminden en kötüye doğru ZA, ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF olmak üzere 6 farklı yerel zemin sınıfı tanımlanmaktadır. TB DY 2019’da en kötü zemini ifade eden ZF yerel zemin sınıfı, sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektirmektedir.

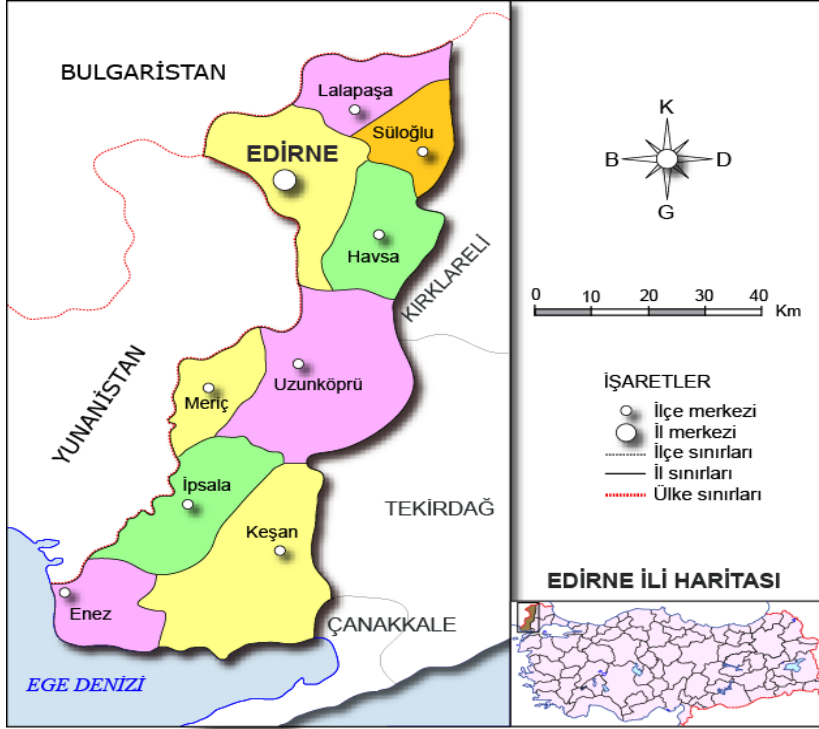
TB DY 2019’da deprem yükü azaltma katsayısı, taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R), dayanım fazlalığı katsayısı (D), bina önem katsayısı (I), binanın doğal titreşim periyodu (T) ve T_B spektrum köşe periyoduna bağlı olarak (2.8) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$Ra(T) = \begin{cases} \frac{R}{I} & \leftarrow T > T_B \text{ ise} \\ D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} & \leftarrow T \leq T_B \text{ ise} \end{cases} \quad (2.8)$$

Binaların gerçek dayanımları tasarımda göz önüne alınan dayanımdan fazla olup, söz konusu bu fazlalık binada deprem etkilerine karşı gerektiğinde kullanılabilir ek bir kapasite oluşturmaktadır. Dayanım fazlalığı katsayısı (D) bu fazlalığın ölçüsünü göstermekte olup, gerçek dayanım ile tasarım dayanımının oranı olarak tanımlanmaktadır (Darılmaz, 2018). TB DY 2019’da tüm bina türleri için taşıyıcı sistem özelliklerine ve süneklik düzeylerine bağlı olarak dayanım fazlalığı katsayıları (D) verilmektedir.

2.3. Çalışmada İncelenen Bölge

Çalışma kapsamında incelenen Edirne il merkezi ve ilçelerinin DBYBHY 2007 ve TB DY 2019 yönetmeliklerine göre yatay tasarım ivme spektrumları incelenmiştir (Şekil 4). DBYBHY 2007 ve 1996 tarihli deprem bölgeleri haritasına göre Enez, Keşan ilçeleri 2. derece deprem bölgesinde, İpsala ilçesi 3. derece deprem bölgesinde, Merkez ilçe, Uzunköprü, Süloğlu, Meriç, Lalapaşa ve Havsa ilçeleri ise 4. derece deprem bölgesindedir. Edirne merkezi ve ilçelerindeki toplam 73 mahallenin tasarım ivme spektrumları farklı yerel zemin sınıfları ve deprem yer hareketi düzeyleri için DBYBHY 2007 ve TB DY 2019’a göre oluşturularak, karşılaştırılmıştır. Edirne merkezi ve ilçelerinin spektral ivme değerleri ve bu değerlere göre zemin hakim periyotları DBYBHY 2007 ve TB DY 2019’a göre belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca DBYBHY 2007’den TB DY 2019’a geçilirken yatay tasarım spektrumlarının Edirne’deki bina stoğunu temsil edebilecek örnek bir betonarme konut binası için eşdeğer deprem kuvvetleri ve tepe yer değiştirmesi üzerindeki değişimi incelenmiştir.



Şekil 4. Edirne ilçeleri haritası (Coğrafya Harita, 2021)

Tasarım ivme spektrumları, spektral ivme değerleri ve zemin hakim periyodları DBYBHY 2007’de tanımlanan Z1, Z2, Z3, Z4 yerel zemin sınıfları, TBDY 2019’da tanımlanan ZA, ZB, ZC, ZD, ZE yerel zemin sınıfları ve DD-1, DD-2, DD-3, DD-4 deprem yer hareketi düzeyleri için ayrı ayrı elde edilmiştir.

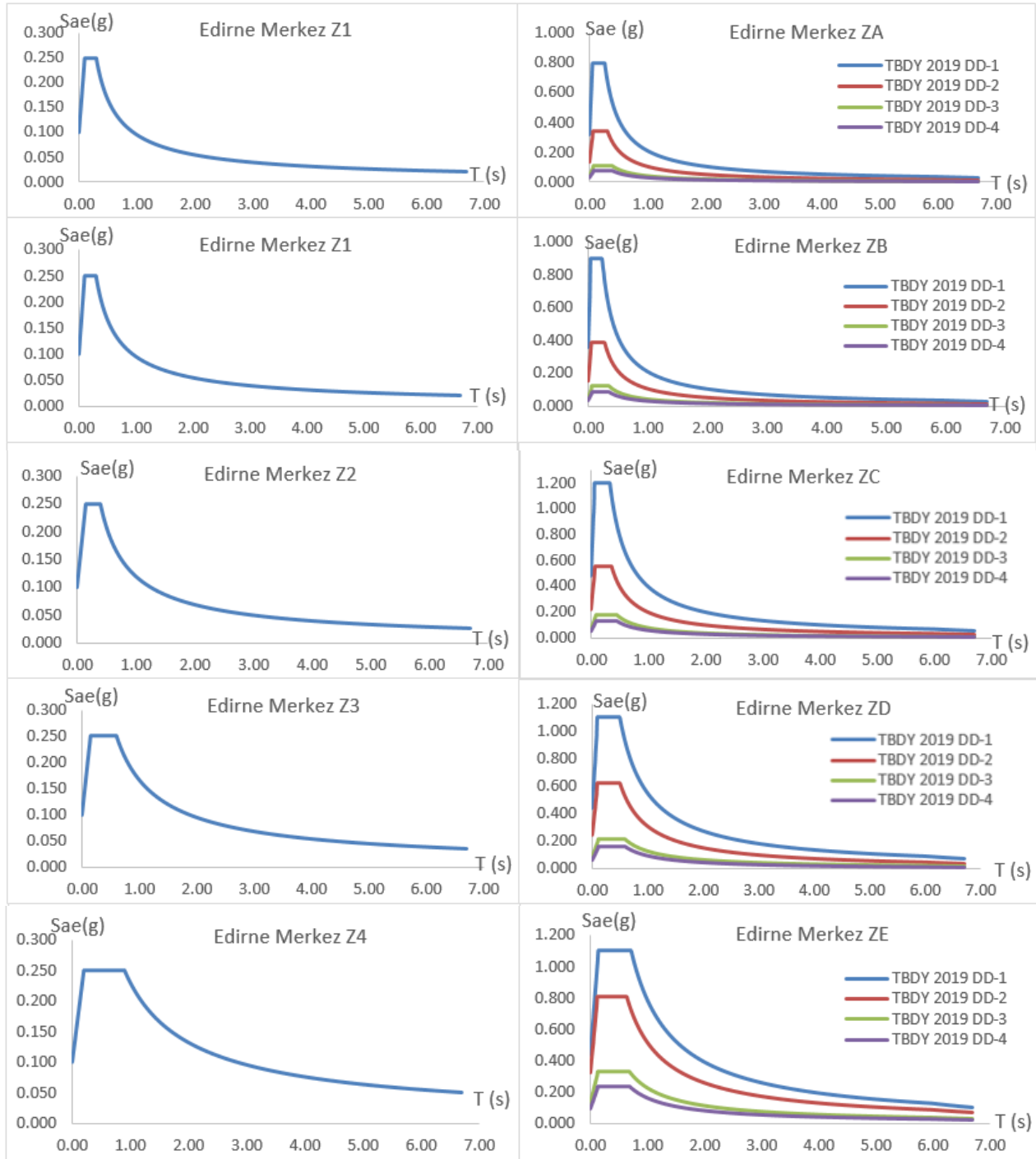
TBDY 2019’da verilen yerel zemin sınıfları tablosu ile DBYBHY 2007’de verilen zemin grupları ve yerel zemin sınıfları tablosu incelenerek, bu çalışmada yapılan karşılaştırmalarda DBYBHY 2007’deki Z1 yerel sınıfının TBDY 2019’da ZA, ZB yerel zemin sınıflarına, DBYBHY 2007’deki Z2 yerel zemin sınıfının TBDY 2019’da ZC yerel zemin sınıfına, DBYBHY 2007’deki Z3 yerel zemin sınıfının TBDY 2019’da ZD yerel zemin sınıfına ve DBYBHY 2007’deki Z4 yerel zemin sınıfının TBDY 2019’da ZE yerel zemin sınıfına karşılık geldiği kabul edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Edirne Merkezi ve İlçelerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2019’a Göre Yatay Tasarım Spektrumları

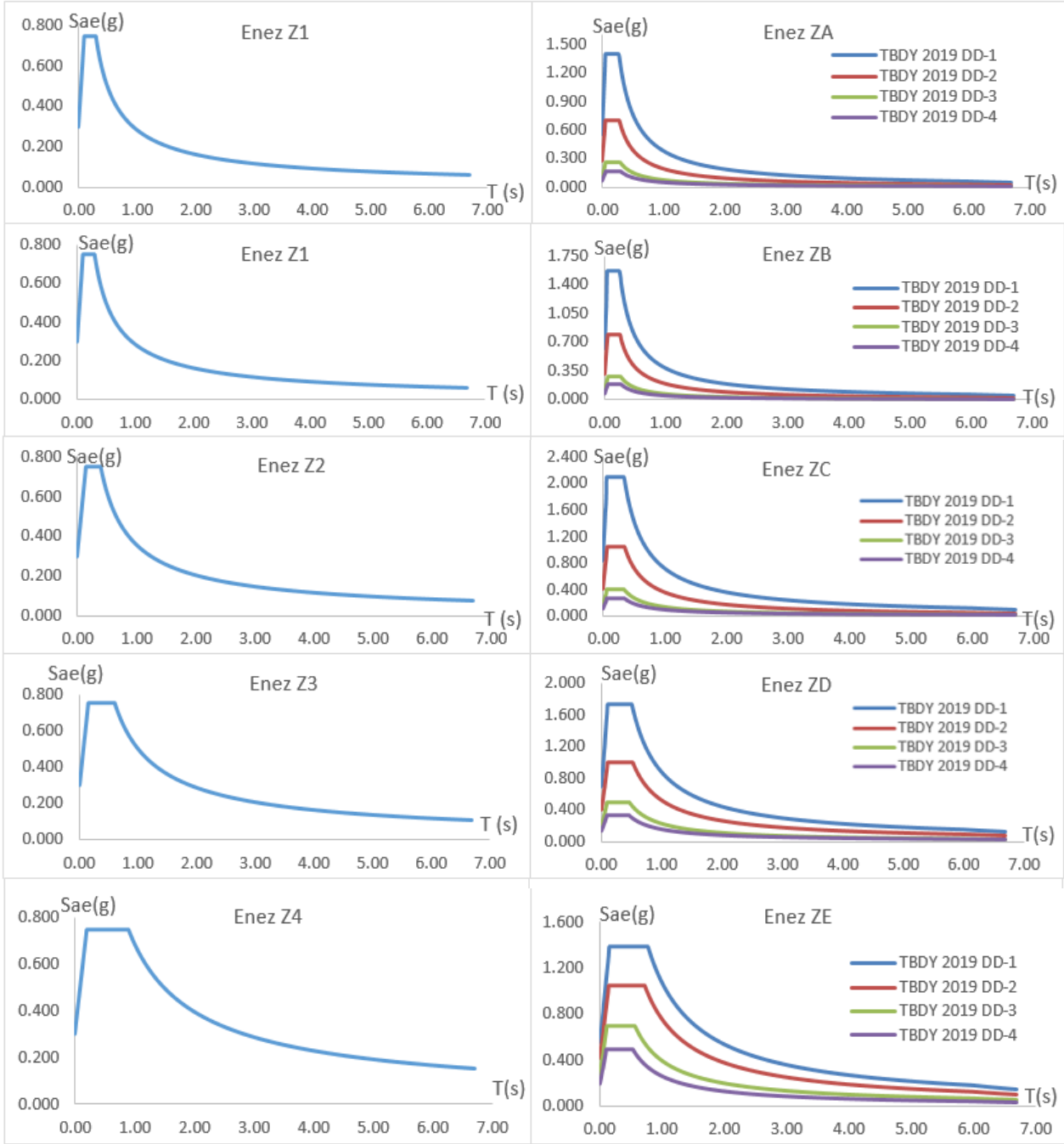
DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre spektral ivme değerleri deprem bölgeleri için tanımlanan etkin yer ivme katsayıları (A_0) kullanılarak belirlenirken, TBDY 2019 yönetmeliğine göre spektral ivme değerleri çalışmada incelenen Edirne merkezi ve ilçelerinin koordinatlarına bağlı olarak TDTH 2019’dan elde edilmiştir. Edirne merkezi ve ilçelerinin TBDY 2019’a göre yatay tasarım spektrum eğrileri yönetmelikte tanımlanan ZA, ZB, ZC, ZD, ZE yerel zemin sınıfı ve DD-1, DD-2, DD-3, DD-4 yer hareketi düzeyi için ayrı ayrı gruplandırılarak çizilmiştir. DBYBHY 2007’ye göre yatay tasarım spektrum eğrileri yönetmelikte tanımlanan Z1, Z2, Z3, Z4 yerel zemin sınıfı ve DD-2 standart deprem yer hareketi düzeyi için çizilmiştir.

Edirne merkezi ve ilçeleri için oluşturulan yatay tasarım spektrum eğrilerinin tamamının verilmesi durumunda çalışmanın sayfa sayısı sınırı aşılabacağı için örnek olması açısından Edirne Merkez ve Enez ilçesinin yatay tasarım spektrum eğrileri Şekil 5-6’da verilmiştir.



Şekil 5. Edirne merkez ilçesinde farklı zemin sınıfları ve deprem yer hareketi düzeyleri için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019'a göre yatay tasarım spektrumları

Şekil 5-6'da Edirne Merkez ve Enez ilçeleri için oluşturulan yatay tasarım ivme spektrumları incelendiğinde, DBYBHY 2007'de ivme spektrumlarının aynı deprem bölgesinde değişiklik göstermediği, TBDY 2019'da ise TDTH 2019'dan okunan ivme parametrelerinin koordinat odaklı olarak değişmesinden dolayı aynı deprem bölgesinde bulunan ilçelerdeki farklı mahallelerde ivme spektrumlarının değiştiği görülmektedir. DBYBHY 2007'de binaya etki edecek en büyük ivme değeri spektrumda 2.5 iken, TBDY 2019'da en büyük ivme değeri TDTH 2019'dan okunan S_{Ds} ile değişen değerler almaktadır.



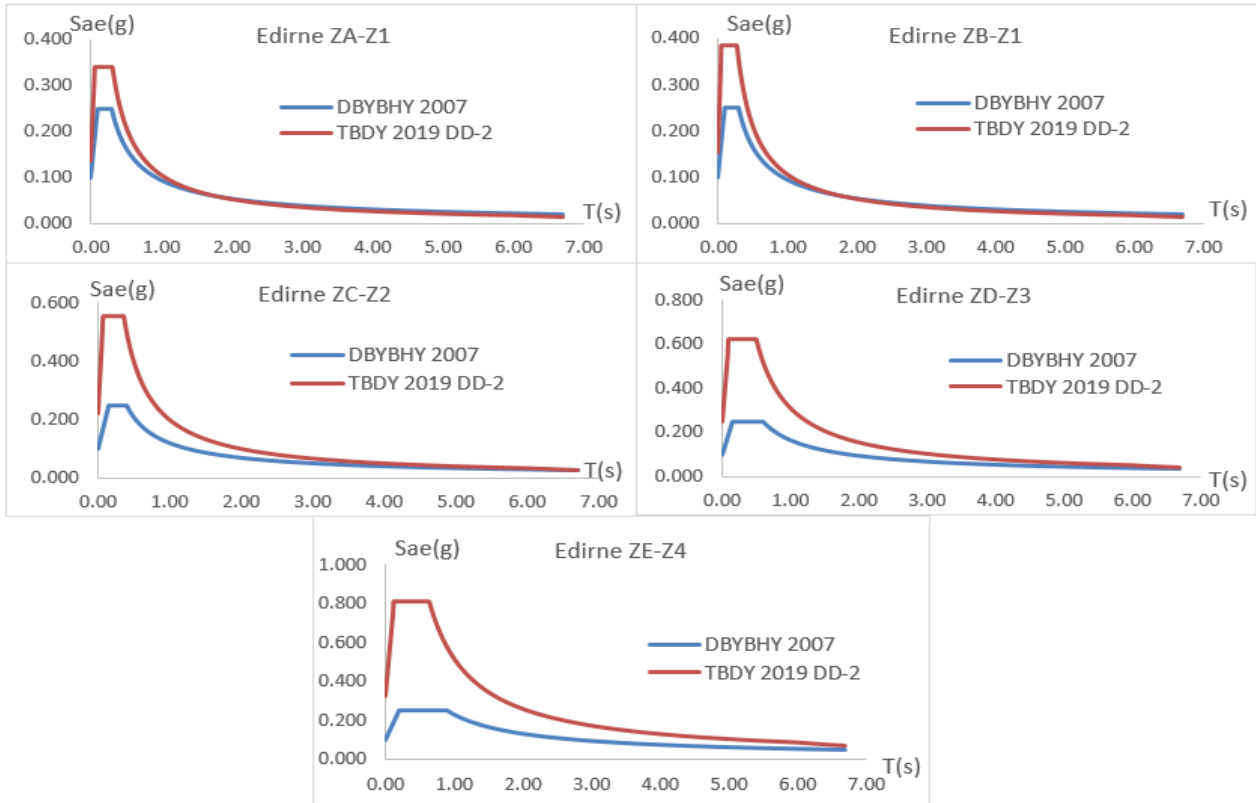
Şekil 6. Enez ilçesinin farklı zemin sınıfları ve deprem yer hareketi düzeyleri için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019'a göre yatay tasarım spektrumları

DBYBHY 2007'de binanın bulunduğu deprem bölgesine göre etkin yer ivme katsayısı (A_0) ile tasarım spektrumu ordinatları düşey yönde ölçeklendirilirken, TBDY 2019'da bu hesap S_S ve S_1 spektral ordinatları ile yapılmaktadır. DBYBHY 2007'de ivme spektrumları tek bir spektrum eğrisi ile ifade edilirken, TBDY 2019'da aynı yerel zemin sınıfında yönetmelikte tanımlanan deprem yer hareketi düzeyleri için 4 farklı spektrum eğrisi ile ifade edilmektedir. TBDY 2019 spektrum eğrileri, deprem yer hareketi düzeylerine göre değişmektedir. TBDY 2019'da tanımlanan deprem yer hareketi düzeylerine göre en büyük ivme değerleri DD-1'de görülür iken, en küçük ivme değerleri DD-4'de görülmektedir (Nemutlu vd., 2020). DBYBHY 2007'de en büyük tasarım spektral ivmesi aynı deprem bölgesinde bütün zemin sınıfları için aynı olup, bina periyodunun

belirli bir değerden az olması durumunda bütün binalar tüm zemin koşulları için aynı tasarım ivmesi ile yüklenmektedir. TBDY 2019 tasarım spektrumunun tepe değeri olan kısa periyot spektral ivmeleri (S_{DS}) binanın konumuna göre değişmekte, binalar farklı tasarım ivmesi ile yüklenmektedir. Bu sebeple bina tasarımında TBDY 2019 spektral ivmelerinin kullanılması durumunda DBYHBHY 2007'ye göre daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir.

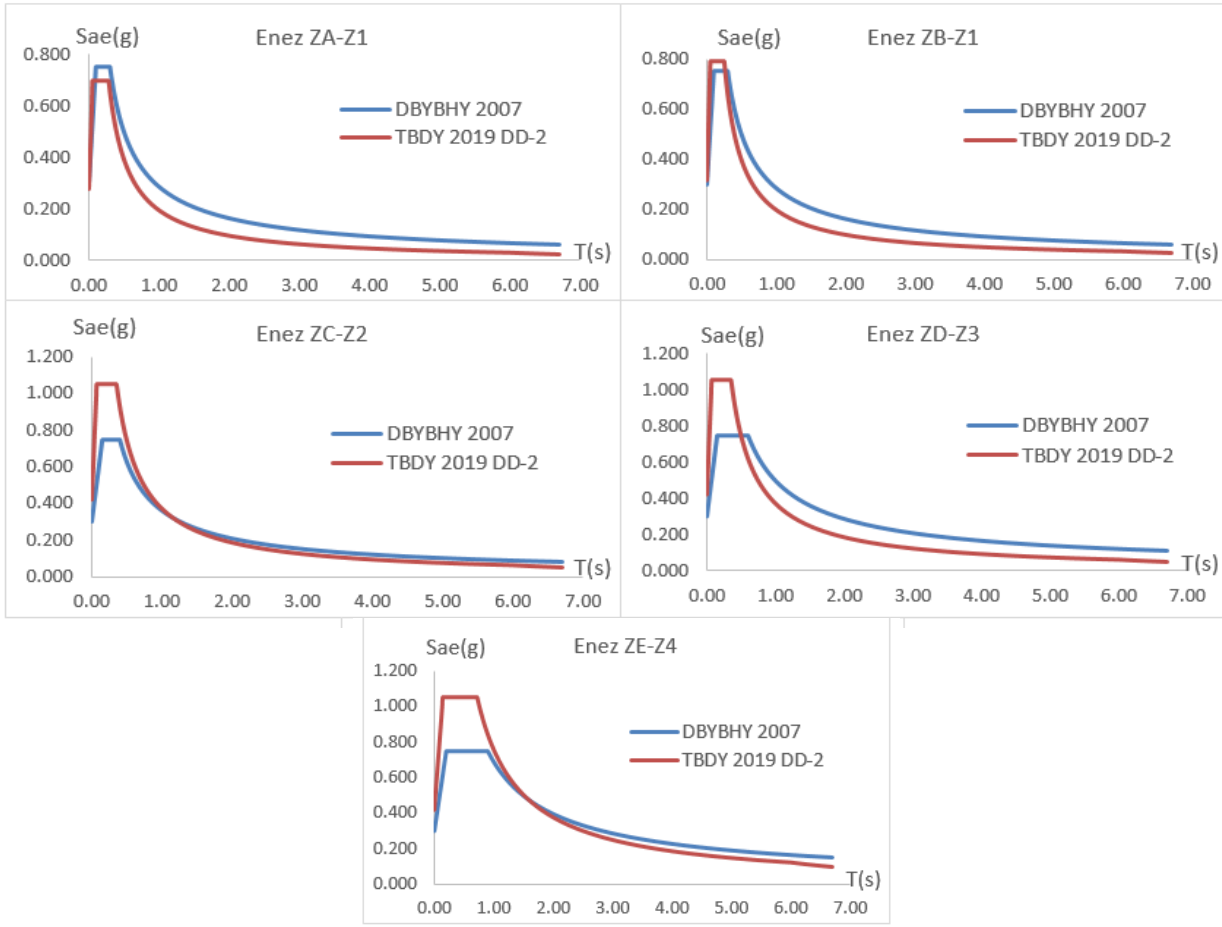
3.2. Edirne Merkezi ve İlçelerinin DBYBHY 2007 ve TBDY 2019'a Göre Yatay Tasarım Spektrumlarının Karşılaştırılması

TBDY 2019 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerine göre yatay tasarım spektrum eğrilerinin karşılaştırılması için oluşturulan grafiklerin tamamının verilmesi durumunda çalışma sayfa sayısı sınırı aşılabacağı için örnek olması açısından Edirne Merkez, Enez ve İpsala ilçeleri için spektrum eğrileri Şekil 7, 8, 9'da verilmiştir. Spektrum eğrilerinin karşılaştırılması, DBYBHY 2007'de tanımlanan standart tasarım depremi yer hareketi düzeyi ve standart tasarım depreminin TBDY 2019'daki karşılığı olan DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için yapılmıştır. TBDY 2019 ve DBYBHY 2007'ye göre yatay tasarım spektrum eğrilerinin karşılaştırılmasında TBDY 2019'da tanımlanan ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE yerel zemin sınıflarının DBYBHY 2007'deki karşılığı sırasıyla Z1, Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak kabul edilmiştir.



Şekil 7. Edirne merkez ilçesinin DD-2 deprem yer hareket düzeyi ve farklı yerel zemin sınıfları için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 yatay tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

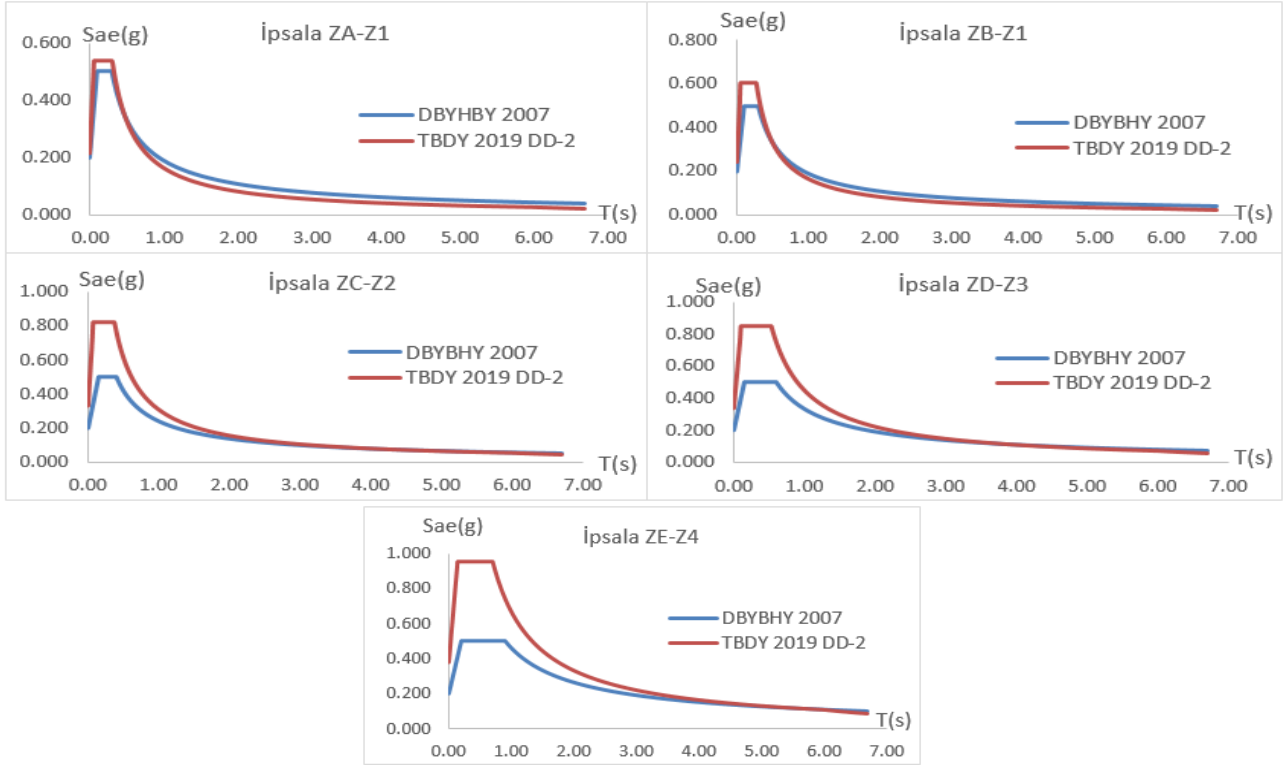
Edirne merkez ilçesinin TBDY 2019 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için oluşturulan, Şekil 7'de verilen yatay tasarım spektrum eğrileri incelendiğinde, TBDY 2019'a göre belirlenen spektral ivme değerlerinin tüm zemin sınıfları için DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Yerel zemin sınıfları ZA'dan ZE'ye doğru gittikçe TBDY 2019'a göre belirlenen spektral ivme değerleri büyümekte ve DBYBHY 2007'ye göre belirlenen spektral ivme değerleri ile arasındaki farklar artmaktadır. ZA-Z1 ve ZB-Z1 yerel zemin sınıflarında $T=1.50s$ 'den büyük periyotlar için DBYBHY 2007 ile TBDY 2019 spektral ivme değerleri birbirine çok yakın değerler almakta, yatay spektrum eğrileri bu bölgede çakışmaktadır.



Şekil 8. Enez ilçesinin DD-2 deprem yer hareketi düzeyi ve farklı yerel zemin sınıfları için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 yatay tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

Enez ilçesinin TBDY 2019 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için oluşturulan, Şekil 8’de verilen yatay tasarım spektrum eğrileri incelendiğinde, ZA-Z1 yerel zemin sınıfında DBYBHY 2007’nin spektral ivme değerlerinin TBDY 2019 spektral ivme değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Diğer zemin sınıflarında $T=0.30$ s’den daha küçük periyotlar için TBDY 2019 spektral ivme değerlerinin, DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinden büyük, 0.30 s’den büyük periyotlar için ise küçük olduğu görülmektedir. Zemin sınıfları ZB’den ZE’ye doğru gittikçe, TBDY 2019 ve DBYBHY 2007 spektral ivme değerleri arasındaki farklar artmaktadır.

Havsa ilçesinin TBDY 2019 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için oluşturulan yatay tasarım spektrum eğrileri incelendiğinde, TBDY 2019’a göre belirlenen spektral ivme değerlerinin tüm zemin sınıfları için DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Zemin sınıfları ZA’dan ZE’ye doğru gittikçe TBDY 2019 spektral ivme değerlerinde DBYBHY 2007’ye göre artış görülmekte ve spektral ivme değerleri arasındaki fark artarak, daha belirgin olmaktadır. ZA-Z1 ve ZB-Z1 zemin sınıflarında $T=1.90$ s’den büyük periyotlar için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 spektral ivme değerleri birbirine çok yakın değerler almakta, yatay spektrum eğrileri bu bölgede çakışmaktadır.



Şekil 9. İpsala ilçesinin DD-2 deprem yer hareketi düzeyi ve farklı yerel zemin sınıfları için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 yatay tasarım spektrumlarının karşılaştırılması

İpsala ilçesinin TBDY 2019 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için oluşturulan, Şekil 9’da verilen yatay tasarım spektrum eğrileri incelendiğinde, ZA-Z1 ve ZB-Z1 zemin sınıflarında $T=0.50s$ ’den daha küçük periyot değerleri için TBDY 2019 spektral ivme değerlerinin DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinden büyük olduğu, $T=0.50s$ ’den büyük periyotlar için TBDY 2019 spektral ivme değerlerinin DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinden küçük olduğu görülmektedir. Diğer zemin sınıflarında $T=3.0s$ ’den büyük periyotlar için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 spektral ivme değerleri birbirine eşit değerler almakta, bu bölgede yatay spektrum eğrileri çakışmaktadır.

Keşan ilçesinin TBDY 2019 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için oluşturulan yatay tasarım spektrum eğrileri incelendiğinde ZA-Z1 ve ZB-Z1 zemin sınıflarında DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinin TBDY 2019 spektral ivme değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Diğer zemin sınıflarında $T=1.0s$ ’den daha küçük periyotlar için TBDY 2019 spektral ivme değerlerinin TBDY 2019 spektral ivme değerlerinden büyük, $T=1.0s$ ’den büyük periyotlar için TBDY 2019 spektral ivme değerleri DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinden küçüktür. Zemin sınıfları ZC’den ZE’ye doğru gittikçe, DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 spektral ivme değerleri arasındaki farklar artarak, daha belirginleşmektedir.

Lalapaşa, Meriç, Süloğlu ve Uzunköprü ilçelerinin TBDY 2019 DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için oluşturulan yatay spektrum eğrileri incelendiğinde TBDY 2019 spektral ivme değerlerinin neredeyse tüm zemin sınıfları için DBYBHY 2007 spektral ivme değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Zemin sınıfları ZA’dan ZE’ye doğru gittikçe, TBDY 2019’a göre belirlenen spektral ivme değerleri büyümekte ve DBYBHY 2007’ye göre belirlenen spektral ivme değerleri ile arasındaki farklar artmaktadır. ZA-Z1 ve ZB-Z1 yerel zemin sınıflarında $T=1.0s$ ’den büyük periyot değerleri için DBYBHY 2007 ve TBDY 2019 spektral ivme değerleri birbirine çok yakın değerler almakta, yatay spektrum eğrileri bu bölgede çakışmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen Edirne merkezi ve ilçelerindeki mahallelerin etkin yer ivme katsayıları (A_0) DBYBHY 2007’den alınırken, TBDY 2018 için en büyük yer ivmesi (PGA) ilçelerdeki mahallelerin konumlarına bağlı olarak TDTH’dan okunmuştur. Edirne merkez ve ilçelerinin standart tasarım depremi (DD-2) için

DBYBHY 2007 deprem bölgeleri için etkin yer ivme katsayıları (A_0) ile TDTH'dan okunan en büyük yer ivmesi değerlerinin (PGA) en küçük, en büyük ve ortalama değerlerinin karşılaştırması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

DBYBHY 2007 ve TBDY 2019'a göre DD-2 tasarım depremi için Edirne merkez ve ilçelerinin PGA değerleri

Yerleşim Yeri	DBYBHY 2007 Deprem Bölgesi	DBYBHY 2007 PGA (g)	TBDY 2019 PGA (g)				PGA ₂₀₁₉ /PGA ₂₀₀₇	
			En Küçük	Ortalama	En Büyük	En Küçük	Ortalama	En Büyük
Edirne Merkez	4	0.10	0.180	0.181	0.184	1.80	1.81	1.82
Enez	2	0.30	0.355	0.363	0.372	1.18	1.21	1.24
Havsa	4	0.10	0.173	0.174	0.174	1.73	1.74	1.74
İpsala	3	0.20	0.277	0.280	0.283	1.39	1.40	1.42
Keşan	2	0.30	0.274	0.310	0.333	0.91	1.03	1.11
Lalapaşa	4	0.10	0.167	0.168	0.169	1.67	1.68	1.69
Meriç	4	0.10	0.196	0.197	0.198	1.96	1.97	1.98
Süloğlu	4	0.10	0.166	0.166	0.167	1.66	1.66	1.67
Uzunköprü	4	0.10	0.185	0.194	0.217	1.85	1.94	2.17

Tablo 1 incelendiğinde Edirne merkezi ve ilçelerinin tamamında TBDY 2019'a göre elde edilen en büyük yer ivme değerlerinin (PGA), DBYBHY 2007'ye göre büyük olduğu görülmektedir. TBDY 2019 ivme değerlerinin DBYBHY 2007'ye göre, DBBYBHY 2007'de 4. derece deprem bölgesinde olan ilçelerde ortalama 1.66-1.94 kat, 3. derece deprem bölgesinde olan ilçelerde ortalama 1.40 kat ve 2. derece deprem bölgesinde olan ilçelerde ortalama 1.03-1.21 kat arttığı görülmektedir. Çalışma kapsamında incelenen bölgede ivme oranlarındaki en büyük artışın DBYBHY 2007'ye göre 4. derece deprem bölgesinde olan ilçelerdeki mahallelerde olduğu, DBYBHY 2007'ye göre deprem riskinin daha fazla olduğu 3. ve 2. derece deprem bölgelerindeki mahallelerde ise ivme oranlarındaki artışın daha az olduğu gözlenmiştir.

Edirne merkezi ve ilçelerinin DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için yatay tasarım spektrumu köşe periyotlarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2019'a göre değişimi Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

DBBYBHY 2007 ve TBDY 2019'a göre DD-2 tasarım depremi için Edirne merkez ve ilçelerinin zemin hakim periyotları

Yerleşim Yeri	DBYBHY 2007								TBDY 2019									
	Z1		Z2		Z3		Z4		ZA		ZB		ZC		ZD		ZE	
	TA	TB	TA	TB	TA	TB	TA	TB	TA	TB	TA	TB	TA	TB	TA	TB	TA	TB
Edirne Merkez									0.06	0.31	0.06	0.28	0.07	0.36	0.10	0.50	0.13	0.64
Enez									0.06	0.29	0.05	0.25	0.07	0.36	0.10	0.52	0.15	0.73
Havsa									0.07	0.34	0.06	0.30	0.08	0.39	0.11	0.53	0.13	0.64
İpsala									0.06	0.31	0.05	0.27	0.08	0.37	0.11	0.53	0.14	0.70
Keşan	0.10	0.30	0.15	0.40	0.15	0.60	0.20	0.90	0.06	0.30	0.05	0.27	0.08	0.38	0.11	0.54	0.15	0.73
Lalapaşa									0.06	0.31	0.06	0.28	0.07	0.36	0.10	0.49	0.13	0.62
Meriç									0.07	0.34	0.06	0.30	0.08	0.39	0.11	0.55	0.14	0.70
Süloğlu									0.06	0.32	0.06	0.29	0.07	0.37	0.10	0.51	0.13	0.64
Uzunköprü									0.07	0.34	0.06	0.30	0.08	0.40	0.11	0.55	0.14	0.69

Edirne merkezi ve ilçelerinin köşe periyotları, DBYBHY 2007'ye göre farklı deprem bölgesinde olan aynı zemin sınıfları için aynı değerler almaktadır. TBDY 2019'a göre Edirne merkezi ve ilçelerinin benzer zemin koşullarında köşe periyotları S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olduğu için farklı değerler almaktadır. DBYBHY 2007'de köşe

periyotları bölgesel olarak değişmezken, TBDY 2019'da köşe periyotları bölgesel olarak değişmekte, farklı değerler almaktadır. DBYBHY 2007'de köşe periyotları T_A ve T_B , yerel zemin sınıfına bağlı katsayılar iken TBDY 2019'da T_A ve T_B köşe periyotları binanın bulunduğu yerin konumuna bağlı olarak TDTH'dan okunan S_{DS} ve S_{D1} spektral ivme değerlerine bağlı olarak değişmektedir.

Edirne merkezi ve ilçeleri için TBDY 2019 yönetmeliğine göre yatay tasarım spektrumlarının oluşturulmasında kullanılan koordinata bağlı parametreler olan S_{DS} ve S_{D1} değerleri ve bu değerlerinin DBYBHY 2007 yönetmeliğindeki karşılıkları Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3

TBDY 2019'a göre DD-2 tasarım depremi için Edirne merkez ve ilçelerinin spektral ivme katsayıları

Yerleşim Yeri	ZA		ZB		ZC		ZD		ZE	
	S_{DS}	S_{D1}	S_{DS}	S_{D1}	S_{DS}	S_{D1}	S_{DS}	S_{D1}	S_{DS}	S_{D1}
Edirne Merkez	0.341	0.106	0.384	0.106	0.554	0.199	0.622	0.309	0.813	0.518
Enez	0.702	0.201	0.789	0.201	1.053	0.375	1.008	0.525	1.051	0.763
Havsa	0.327	0.110	0.368	0.110	0.532	0.206	0.602	0.320	0.800	0.496
İpsala	0.536	0.164	0.603	0.164	0.825	0.308	0.847	0.449	0.957	0.671
Keşan	0.599	0.182	0.674	0.182	0.902	0.341	0.902	0.488	0.980	0.719
Lalapaşa	0.316	0.098	0.356	0.098	0.513	0.185	0.586	0.290	0.788	0.491
Meriç	0.374	0.127	0.420	0.127	0.607	0.238	0.666	0.363	0.837	0.583
Süloğlu	0.311	0.101	0.352	0.101	0.508	0.189	0.581	0.296	0.784	0.499
Uzunköprü	0.366	0.125	0.412	0.125	0.594	0.235	0.656	0.358	0.832	0.578

Tablo 4

DBYBHY 2007'ye göre DD-2 tasarım depremi için Edirne merkez ve ilçelerinin spektral ivme katsayıları

Yerleşim Yeri	Z1-Z2-Z3-Z4	Z1	Z2	Z3	Z4
	S_{DS}	S_{D1}	S_{D1}	S_{D1}	S_{D1}
Edirne Merkez	0.25	0.095	0.120	0.166	0.230
Enez	0.75	0.286	0.360	0.498	0.698
Havsa	0.25	0.095	0.120	0.166	0.230
İpsala	0.50	0.191	0.240	0.332	0.460
Keşan	0.75	0.286	0.360	0.498	0.698
Lalapaşa	0.25	0.095	0.120	0.166	0.230
Meriç	0.25	0.095	0.120	0.166	0.230
Süloğlu	0.25	0.095	0.120	0.166	0.230
Uzunköprü	0.25	0.095	0.120	0.166	0.230

Tablo 3 incelendiğinde Enez ilçesi dışında tüm ilçelerde ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru S_{DS} değerlerinde artış meydana gelmektedir. Enez ilçesinde ise ZA zemin sınıfında ZC zemin sınıfına doğru gidildikçe S_{DS} değerleri artarken, ZC zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru gidildikçe S_{DS} değerleri azalmaktadır. Edirne merkezi ve ilçelerinin tamamında S_{D1} değerleri, ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına doğru gidildikçe artmaktadır. Bunun sebebi, TBDY 2019'da zemin koşullarını yansıtan yerel etki katsayılarının F_s ve F_1 , spektral ivme katsayıları S_s ve S_1 'in değerine göre farklı zemin sınıfları için değişmesidir. Örneğin Enez ilçesinde TDTH'dan okunan $S_s=0.877$ değeri için kısa periyot yerel zemin etki katsayısı F_s , ZA zemin sınıfından ZC zemin sınıfına kadar artarken, ZC zemin sınıfından ZE zemin sınıfına kadar azalmakta ve $S_1=0.250$ değeri için 1.0 s periyot yerel etki katsayısı F_1 , ZA zemin sınıfından ZE zemin sınıfına kadar artmaktadır. Tablo 4'ten görüldüğü üzere DBYBHY 2007'de tasarım spektral ivme katsayısı, S_{DS} , aynı deprem bölgesinde farklı zemin sınıfları için değişmezken, 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı, S_{D1} , spektrum eğrisinin azalan bölgesinde kaldığı için zemin sınıflarından etkilenmekte ve farklı değerler almaktadır. Tablo 3-4 ile

Tablo 5

Örnek çerçeve sistem betonarme bina modeli tasarım parametreleri

Parametre	DBYBHY 2007	TBDY 2019
Bina Türü	Betonarme Çerçeve Sistem (A11)	
Kat Sayısı	5 Kat (BK+ZK+3NK)	
Kat Yüksekliği (h_{kat})	3.0 m	
Bina Yüksekliği (H_N)	12.0 m	
Bina Boyutları	17.90 m x 14.50 m	
Kirişlerin Boyutları	25 cm x 50 cm	
Kolonların Boyutları	30 cm x 60 cm, 35 cm x 60 cm, 30 cm x 70 cm	
Döşemelerin Türü ve Boyutları	Plak Döşeme Odalarda 12 cm, Balkon ve Sahanlıkta 15 cm	
Malzeme Sınıfları	C30/37, S420	
Bina Önem Katsayısı (I)	1	
Deprem Yüğü Dış Merkezliği	%5	
Haraketli Yük Katılım Katsayısı (n)	0.3	
Deprem Yer Hareket Düzeyi (DD)	-	DD-2
Etkin Yer İvme Katsayısı (A_0), En Büyük Yer İvmesi (P_{GA})	$A_0=0.10g$ (4. Deprem bölgesi) $A_0=0.20g$ (3. Deprem bölgesi) $A_0=0.30g$ (2. Deprem bölgesi)	TDTH 2019'dan okunmuştur.
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	-	3
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	-	S_{DS} 'ye göre değişmektedir.
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	-	7
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	8	8
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	-	3
Bina Doğal Titreşim Periyodu (T)	$T_{1y}=0.49$ s	$T_{1y}=0.71$ s
Yerel Zemin Sınıfı	Z1, Z2, Z3, Z4	ZA, ZB, ZC, ZD, ZE

Çalışma kapsamında en sağlam zeminden en kötü zemine kadar zemin koşulları dikkate alınarak deprem yer hareketi düzeyi DD-2 için örnek betonarme bina modelinin TBDY 2019 ve DBYHY 2007'ye göre hesaplanan eşdeğer deprem yüklerinin birbiri ile karşılaştırılabilmesi için eşdeğer deprem yükleri (V_t) bina ağırlığına (W) oranlanmıştır. Edirne merkez ilçe ve ilçeleri için TBDY 2019 ve DBYBHY 2007'ye göre hesap sonucu bulunan eşdeğer deprem yükünün bina ağırlığına (V_t/W) oranlarının ortalama değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Edirne merkez ilçe ve ilçelerinin TBDY 2019 ve DBYBHY 2007'ye göre hesaplanan (V_t/W) oranları

İlçe Adı	TBDY 2019 (V_t/W) Oranları (%)					DBYBHY 2019 (V_t/W) Oranları (%)			
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	Z1	Z2	Z3	Z4
Edirne	3.40	3.40	6.38	9.97	16.71	3.31	3.76	3.98	3.98
Enez	6.45	6.45	12.03	16.94	23.79	9.94	11.27	11.94	11.94
Havsa	3.53	3.53	6.61	10.32	16.88	3.31	3.76	3.98	3.98
İpsala	5.26	5.26	9.88	14.89	20.99	6.63	7.51	7.96	7.96
Keşan	5.84	5.84	10.94	15.75	22.06	9.94	11.27	11.94	11.94
Lalapaşa	3.14	3.14	5.93	9.36	15.84	3.31	3.76	3.98	3.98
Meriç	4.07	4.07	7.63	11.71	18.11	3.31	3.76	3.98	3.98
Süloğlu	3.24	3.24	6.06	9.06	16.10	3.31	3.76	3.98	3.98
Uzunköprü	4.01	4.01	7.54	11.06	17.97	3.31	3.76	3.98	3.98

Edirne merkez ilçe ve ilçelerinin örnek betonarme bina modeli için TBDY 2019 ve DBYHY 2007'ye göre hesaplanan eşdeğer deprem yükleri etkisinde meydana gelen tepe yer değiştirmelerinin ortalama değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7

Edirne merkez ilçe ve ilçelerinin TBDY 2019 ve DBYBHY 2007'ye göre hesaplanan tepe yer değiştirmeleri

İlçe Adı	TBDY 2019 En Büyük Yer Değiştirme (mm)					DBYBHY 2007 En Büyük Yer Değiştirme (mm)			
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	Z1	Z2	Z3	Z4
Edirne	3.50	3.56	6.43	9.61	15.79	1.66	2.08	2.42	2.42
Enez	6.71	6.84	12.13	16.38	22.65	4.99	6.23	7.26	7.26
Havsa	3.59	3.65	6.59	9.90	16.15	1.66	2.08	2.42	2.42
İpsala	5.42	5.52	9.90	13.89	20.39	3.33	4.15	4.84	4.84
Keşan	6.02	6.13	10.95	15.07	21.59	4.99	6.23	7.26	7.26
Lalapaşa	3.23	3.29	5.98	9.02	15.00	1.66	2.08	2.42	2.42
Meriç	4.14	4.24	7.60	11.21	17.67	1.66	2.08	2.42	2.42
Süloğlu	3.31	3.37	6.08	9.55	16.09	1.66	2.08	2.42	2.42
Uzunköprü	4.07	4.14	7.50	11.11	17.52	1.66	2.08	2.42	2.42

TBDY 2019 ile DBYBHY 2007'ye göre örnek betonarme çerçeve bina modelinin Edirne Merkezi ve İlçeleri için hesap edilen eşdeğer deprem yüklerinin ve tepe yer değiştirmelerinin karşılaştırılması Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8

Edirne merkez ilçe ve ilçelerinin TBDY 2019 ve DBYBHY 2007'ye göre hesaplanan (Vt/W) oranlarının ve tepe yer değiştirmelerinin karşılaştırılması

İlçe Adı	$V_{TBDY2019}/V_{DBYBHY2007}$					$\delta_{TBDY2019}/\delta_{DBYBHY2007}$				
	ZA-Z1	ZB-Z1	ZC-Z2	ZD-Z3	ZE-Z4	ZA-Z1	ZB-Z1	ZC-Z2	ZD-Z3	ZE-ZE
Edirne	1.03	1.03	1.70	2.50	4.20	2.11	2.15	3.09	3.97	6.53
Enez	0.65	0.65	1.07	1.42	1.99	1.35	1.37	1.95	2.26	3.18
Havsa	1.07	1.07	1.76	2.59	4.24	2.16	2.20	3.17	4.09	6.67
İpsala	0.79	0.79	1.32	1.82	2.64	1.63	1.66	2.39	2.87	4.17
Keşan	0.59	0.59	0.97	1.32	1.85	1.21	1.23	1.76	2.08	2.95
Lalapaşa	0.95	0.95	1.58	2.35	3.98	1.95	1.98	2.88	3.73	6.20
Meriç	1.23	1.23	2.03	2.94	4.55	2.49	2.55	3.65	4.63	7.30
Süloğlu	0.98	0.98	1.62	2.40	4.04	1.99	2.03	2.92	3.80	6.29
Uzunköprü	1.21	1.21	2.01	2.90	4.52	2.45	2.49	3.61	4.59	7.24

Tablo 5-8 incelendiğinde TBDY 2019'da betonarme bina taşıyıcı sistem elemanlarında çatlamış kesit rijitliklerinin kullanılması sebebiyle TBDY 2019'a göre elde edilen periyotlarda DBYBHY 2007'ye göre uzama olduğu, TBDY 2019'a göre bina tepe yer değiştirmelerinde Edirne'nin tüm ilçelerinde tüm zemin sınıflarında DBYBHY 2007'ye göre artış meydana geldiği görülmektedir. Tablo 6 ve Tablo 8 incelendiğinde örnek bina için TBDY 2019'a göre hesaplanan eşdeğer deprem yükünde Edirne'nin tüm ilçelerinde zayıf zemin sınıflarında (ZD, ZE) DBYBHY 2007'ye göre artış meydana geldiği, spektral ivme değerlerindeki değişime benzer şekilde DBYBHY 2007'ye göre 4. derece deprem bölgesindeki ilçelerde artış miktarı, Edirne'nin 2.ve 3. derece deprem bölgesindeki ilçelerine göre daha fazladır. Edirne Merkez, Havsa, Meriç, Uzunköprü ilçelerinde tüm zemin sınıfları için TBDY 2019'a göre hesap sonucu bulunan eşdeğer deprem yükü, DBYBHY 2007'ye göre artmış, İpsala, Lalapaşa ilçelerinde ZA, ZB sınıfı için TBDY 2019'a göre hesap sonucu bulunan eşdeğer deprem yükü DBYBHY 2007'ye göre azalırken diğer zemin sınıflarında artmış, Keşan ilçesinde ZA, ZB ve ZC sınıfı için TBDY 2019'a göre hesap sonucu bulunan eşdeğer deprem yükü DBYBHY 2007'ye göre azalırken diğer zemin sınıflarında artmıştır. Örnek bina için TBDY 2019'a göre hesaplanan eşdeğer deprem yüklerinde DBYBHY 2007'ye göre değişimin sebebi önceki bölümde verilen yatay tasarım spektrum karşılaştırmalarından görülebilmektedir. Çalışmada elde edilen yatay tasarım spektrum eğrileri Edirne merkezi ve ilçeleri için geçerli olduğundan ve eşdeğer deprem yükleri ile tepe yer değiştirmeleri örnek bina modeli için elde edildiğinden farklı bölgelerde ve farklı periyoda sahip binalar için elde edilen bu oranların değişebileceği unutulmamalıdır.

4. Sonuçlar

Edirne merkezi ve ilçelerinin tamamında TDBY 2019'a göre en büyük yer ivmesi (PGA) değerleri DBYHYHY 2007'ye göre artmıştır. DBYHBHY 2007'ye göre 4. derece deprem bölgesindeki Edirne ilçelerinde ortalama 1.66-1.99 kat artış, 3. derece deprem bölgesindeki ilçelerde ortalama 1.40 kat artış ve 2. derece deprem bölgesindeki ilçelerde ortalama 1.03-1.21 kat artış meydana gelmiştir. En büyük artışın TDBY 2007'ye deprenselliği az olan 4. derece deprem bölgesindeki ilçelerde olduğu gözlenmiştir.

TBDY 2019 yönetmeliğine göre en büyük spektral ivme değeri, Enez ilçesinde ZC sınıfında, diğer ilçelerde ise ZE zemin sınıfında görülmektedir. Spektral ivme katsayıları aynı deprem bölgesi için DBYBHY 2007'de farklı zemin sınıflarına göre değişmezken, TBDY 2019'da spektral ivme katsayıları zemin sınıfına göre değişmektedir. TBDY 2019'a göre Edirne merkezi ve ilçeleri için belirlenen tasarım spektral ivme değerleri özellikle zayıf zeminlerde DBYBHY 2007'ye göre belirlenen değerlere kıyasla artış göstermektedir.

TBDY 2019 spektral ivme değerlerinde DBYBHY 2007'ye göre artış DBYBHY 2007'ye göre 4. derece deprem bölgesinde bulunan Edirne ilçelerinde ortalama %220, 3. derece deprem bölgesindeki ilçelerde %90 ve 2. derece deprem bölgesindeki ilçelerde ise ortalama %35'tir. Spektral ivmelerdeki artışın, DBYBHY 2007'ye göre 4. derece deprem bölgesinde en fazla, 3. derece deprem bölgesinde daha az ve 2. derece deprem bölgesinde ise en az olduğu görülmektedir. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH)'na göre Edirne merkezi ve ilçelerinin tamamında yürürlükten kalkan deprem tehlike haritasına göre daha yüksek sismik tehlike öngörülmektedir. Edirne merkezi ve ilçelerinin TBDY 2019 spektral ivme değerlerinde DBYBHY 2007'ye göre meydana gelen artışın binalara etki edecek deprem yüklerini ne oranda değiştireceğinin bina özelinde çözüm yapılmadan kestirilmesi mümkün olmasa da DBYBHY 2007'ye göre 4. derece deprem bölgesinde ve zayıf zeminlerde bulunan mevcut yapı stoğunun deprem performanslarının gözden geçirilmesi gelecekte olası depremlerde mal ve can kayıplarını önlemek açısından yararlı olacaktır.

Yazar Katkıları

Burak Özşahin: Çalışmanın tüm aşamalarını gerçekleştirmiştir ve yazmıştır.

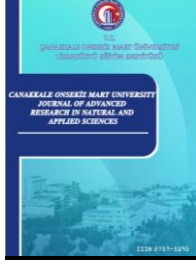
Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Kaynaklar

- Akansel, V. H., Sosyal, B. F., Kadaş, K. ve Gülkan, H. P. (2020). An evaluation of the 2018 seismic hazard map of Türkiye on the basis of spectrum intensity, *Turkish Journal of Earthquake Research*, 2(2), 115-137. <https://doi.org/10.46464/tdad.737433>
- Bozer, A. (2020). Tasarım spektral ivme katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre karşılaştırılması, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (DÜMF) Dergisi*, 11(1), 393-404. <https://doi.org/10.24012/dumf.559965>
- Coğrafya Harita (2021). Coğrafya Harita. Erişim adresi: http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari2.html. Erişim tarihi:23.07.2021
- Darılmaz, K. (2018). *Depreme dayanıklı betonarme binaların tasarımına giriş*, İstanbul: Sage Yayınevi.
- DBYBHY (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm>
- İncetaş, S. ve Tanrıku, K. (2002). Binaların birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesi. Erişim adresi: <https://fbcu.edu.tr/tr/makaleler/2001/binalarinbirinci.pdf>. Erişim tarihi: 23.07.2021
- Karaca, H., Oral, S. M. ve Erbil, M. (2020). Yapısal tasarım bağlamında 2007 ve 2019 deprem yönetmeliklerinin karşılaştırması, Niğde Örneği, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 898-903. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.667365>

- Karasin, İ. B., Işık, E., Demirci, A. ve Aydın, M. C. (2020). Coğrafi konuma özel tasarım spektrumlarının betonarme yapı performansına etkisi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(3), 1319-1330. <https://doi.org/10.24012/dumf.682377>
- Keskin, E. ve Bozdoğan, K. B. (2018). 2007 ve 2018 Deprem yönetmeliklerinin Kırklareli özelinde değerlendirilmesi, *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 74-90. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/pub/klujes/issue/37436/421614>
- Koçer, M., Nakipoğlu, A., Öztürk, B., Al-Hagri, M. H. ve Arslan, M. H. (2018). Deprem kuvvetine esas spektral ivme değerlerinin TBDY 2018 ve TDY 2007'ye göre karşılaştırılması, *Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi*, 17(2), 43-58. Erişim adresi: <http://sutod.selcuk.edu.tr/sutod/article/view/437>
- Nemutlu, Ö. F., Balun, B., Benli, A. ve Sarı, A. (2020). Bingöl ve Elazığ illeri özelinde 2007 ve 2008 Türk Deprem Yönetmeliklerine göre ivme spektrumlarının değişiminin incelenmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (DÜMF) Dergisi*, 11(3), 1341-1356. <https://doi.org/10.24012/dumf.703138>
- Özşahin, B. (2021). Türkiye bina deprem yönetmeliği 2019'a göre Kırklareli için deprem yüklerinin değerlendirilmesi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2), 836-863. <https://doi.org/10.29130/dubited.768494>
- Öztürk, M. (2018). 2018 Türkiye bina deprem yönetmeliği ve Türkiye deprem tehlike haritası ile ilgili İç Anadolu Bölgesi bazında bir değerlendirme, *Selçuk Üniversitesi Selçuk-Teknik Dergisi*, 17(2), 31-42. Erişim adresi: <http://sutod.selcuk.edu.tr/sutod/article/view/434/651>
- Seyrek, E. (2020). Yeni Türkiye sismik tehlike haritasının Ege Bölgesi için değerlendirilmesi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 414-423. <https://doi:10.28948/ngu-muh.617268>
- Sta4Cad V 14.1 (2021). Structural analysis for computer aided design program, Sta Bilgisayar Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti., İstanbul. Erişim adresi: <http://www.sta4.net/>.
- Sucuoğlu, H. (2019). 2019 Türkiye bina deprem yönetmeliğinde başlıca yenilikler, *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(1), 63-75. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tdad/issue/46355/567261>
- Sümer, Y. ve Hamsici, M. (2020). Çok katlı betonarme binalarda 2018 deprem yönetmeliği ile tanımlanan spektrum eğrilerinin etkisi, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8(2), 349-354. <https://doi.org/10.21541/apjes.641250>
- Şahin, H., Durucan, A. R. ve Durucan, C. (2020). Deprem bölgesi haritasından kontur içeren deprem tehlike haritasına geçişin çeşitli yapılarda tasarım ve analiz deprem yükü taleplerine etkisi, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(2), 325-334. <https://doi.org/10.35234/fumbd.691917>
- TBDY (2019). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1.pdf>
- T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması. Erişim adresi: <https://tdth.afad.gov.tr/>. Erişim tarihi:23.07.2021
- TS 500 (2000). *Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. Erişim adresi: <https://www.tse.org.tr/>



İş Sağlığı ve Güvenliğinde Güvenlik İkliminin Belirlenmesinde Kadercilik Algısının Rolü: Kimya Bölümü Öğrencileri Üzerine Bir Uygulama

Gülizar Hoşten¹, Necla Dalbay^{2*}

¹ İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
² İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 29.04.2021
Kabul: 24.08.2021
Yayın: 15.12.2021

Araştırma Makalesi

Öz - Çalışma alanlarında güvenli ortamların sağlanabilmesi için gerekli olan güçlü güvenlik kültürü olumlu güvenlik iklimine ihtiyaç duyar. Olumlu güvenlik iklimi güvenlikle ilgili önlemlerin önceden alınarak örgütsel, yönetsel ve sosyal alanlarda uygulanması ile gerçekleşir. Bu çalışmanın amacı; güvenlik ikliminin alt faktörlerinden biri olan kadercilik algısını, üniversitelerin kimya bölümünde eğitim alan lisans ve lisansüstü öğrencilerinin değerlendirmeleriyle açıklamaya çalışmaktır. Risk algısı kişinin tehlike veya riskle karşılaştığında yaralanma veya hastalanma ihtimalini düşündürmektedir ve daha önce yaşanan kaza tecrübelerinden etkilenecek güvenli davranışlar geliştirmesine yardımcı olur. Kadercilik algısında ise olucakların önüne geçilemeyeceği düşüncesi ön plandadır. Akademik ortamda kullanılan laboratuvarlar öğrencilerin oluşabilecek tüm tehlike ve risklere karşı üst düzeyde önlemlerin alındığı güvenli ortamlar olmasına rağmen, öğrencilerin hazır bulunurlukları mezuniyet sonrası sanayi ve endüstride görev yapacak genç kimyagerlerin sahip oldukları güvenlik anlayışlarını ve topluma nasıl yön vereceklerini anlamak açısından önemlidir. Farklı üniversitelerin kimya bölümlerinde eğitim alan öğrencilerden güvenlik algısı kapsamında toplanan verilere kadercilik alt faktörünü açıklamak ve tanımlayabilmek için faktör analizi yapılmıştır. Öğrencilerin kadercilik davranışları arasında fark olup olmadığı Pearson korelasyon yöntemi ile test edilmiştir. Seçilen demografik faktörlerin değerlendirilmesi için tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) testi kullanılmıştır. Bu çalışmada ölçülen kadercilik faktörü ortalama değeri kimya bölümü öğrencilerinin kazaları değerlendirirken kadercilik bir yaklaşım izlemediklerini ve kazaların önlenmesi konusunda yönetimi ve üniversite ortamının yanı sıra kendilerini de sorumlu olarak gördüklerini göstermektedir. Ayrıca bu çalışmada kadercilik algısı bağlamında öğrencilerin eğitim gördükleri üniversitelerden bağımsız olarak ortak bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Bu çalışmada edinilen başka bir sonuç da verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin öğrencilerin ihtiyaçlarını karşılayacak yeterli seviyede olmadığıdır.

Anahtar Kelimeler – Güvenlik iklimi, iş sağlığı ve güvenliği, kadercilik algısı, kimya bölümü, tehlike ve riskler

The Role of Perception of Fatalism in Determining the Safety Climate in Occupational Health and Safety: An Application on Chemistry Department Students

¹Occupational Health and Safety Doctorate Degree Program, Vocational School of Health Services, İstanbul Aydın University, İstanbul, Turkey
² Institute of Graduate Studies, Occupational Health and Safety Department, İstanbul Aydın University, İstanbul, Turkey

Article History

Received: 29.04.2021
Accepted: 24.08.2021
Published: 15.12.2021

Research Article

Abstract – A strong safety culture needs a positive safety climate. Positive safety climate is depending on taking precautions and applying them in organizational, administrative and social areas. The aim of this study is to explain the perception of fatalism for measuring the safety climate, with the evaluations of students who are studying in the chemistry department of universities. Risk perception is thinking of the possibility of injury or illness when the individual faced with danger and helps him develop safe behaviours by being influenced of the result of previous accident experiences. In the perception of fatalism, the idea that what will happen cannot be prevented is at the forefront. Although the academic laboratories are safe environments, the readiness of the students will show us safety perceptions of young chemists, who will work in industry, and how they will influence the society. ANOVA and a Pearson correlation were used to determine the safety behaviour and to determine whether there was a relationship between students in different universities. This study shows that the students of the chemistry department do not follow a fatalistic approach when evaluating the accidents and they see themselves as responsible for the prevention of accidents, as well as the management and the university environment. In addition, it is seen that there is loyalty among universities in the context of the perception of fatalism. Another result of this study is that the occupational health and safety trainings are not at a sufficient level to meet the needs of students.

Keywords – Safety climate, occupational health and safety, fatalism perception, chemistry department, hazards and risks

¹ ghosten@stu.aydin.edu.tr

² necladalbay@aydin.edu.tr

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author

1. Giriş

Uluslararası Çalışma Örgütü (UÇÖ) verilerine göre tüm dünyada her bir saniyede 11 iş kazası yaşanmakta ve 5 çalışan işle ilgili hastalıklara yakalanmaktadır (ILO Statistics and Database, 2020). Meslek hastalıkları ve iş kazasına uğrayan kişinin bireysel olarak çektiği acılar ve zorlukların yanı sıra ailesine, toplumdaki diğer bireylere, çalıştığı kuruma, bağlı bulunduğu sosyal güvenlik kurumuna ve devlete olan etkileri ve maliyeti de oldukça yüksektir. Bu durumun uzun vadede küresel anlamda gayri safi hasılatın %3.94 lük bir bölümünü oluşturan ciddi mali sorunlara yol açacağı öngörülmektedir. UÇÖ'nün 155 ve 161 nolu sözleşmeleri ve 89/391/EEC sayılı Avrupa Birliği Çerçeve/Konsey Direktifi ile doğru orantılı olarak çıkartılan ve 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) kanunu ile ülkemiz çalışanların güvenlikleri koruma altına alınmıştır. Uluslararası sözleşmelerin uygulanmaya başlama tarihlerine bakıldığında ülkemizle aradaki farkın 30 yıldan fazla olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye'ye bilimsel anlamda kullanabileceği yöntemler bağlamında bazı avantajlar sağlamanın yanı sıra alınacak önlemler konusunda da rol gösterici olmaktadır.

1.1. Güvenlik İklimi ve Kültürü

İş kazası ve meslek hastalığı nedeniyle sekteye uğrayacak iş süreçleri, zarar görecektir itibarları ve bütçelerinden çıkacak para yerine sahip oldukları tüm bu değerleri işlerini geliştirmek için kullanmak isteyen işverenler özellikle son yıllarda örgütsel, yönetsel ve sosyal anlamda güvenlik uygulamalarının önemini ve farkındalığını artırmaya başlamıştır. Güvenlik uygulamaları her geçen gün daha hassas, daha planlı ve önceden önlemlerin alınması ile daha güvenilir bir çalışma çevresi yaratmaktadır. Güvenlik uygulamalarını etkileyen faktörleri bulmak, onları ölçülebilir hale getirmek ve uygulama alanlarını genişletmek için sürekli olarak çalışmalar yapılmaktadır.

Bir kurum ve kuruluşun çalışanları tarafından kendilerini güvende hissederek o kurumda varlıklarını sürdürebilmeleri farklı boyutların düzenli ve birbirinin içine geçmiş şekilde birlikte var olabilmeleri ile mümkündür. Yapılan literatür çalışması bu konuda ilk çalışmalardan birinin İsraili bilim adamı Dov Zohar'a ait olduğunu ortaya koymaktadır. Zohar güvenlik algısını oluşturarak güvenliği etkileyen faktörleri güvenlik ikliminin ölçülmesinde kullanmıştır (Zohar, 1980). Önleyici bir güvenlik kültürü yaratmak için olumlu bir güvenlik iklimi kurulması gereklidir (Cheyne, Cox, Oliver ve Tomás, 1998; Wu, Chi ve Mu, 2007).

Güvenlik kültürü kavramı ilk olarak Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından 1986 yılında Çernobil Faciası kapsamında hazırlanan başlangıç raporunda kullanılmıştır (Cox ve Flin, 1998). Güvenlik kültürü değerler, inanışlar ve davranışlarla çerçevesi çizilen; kişi, iş, örgüt ve aralarındaki etkileşimler olarak tanımlanmaktadır. Güvenlik kültürünün ölçülmesi için yönetimin tutum ve davranışları, verilen eğitimler, çalışanlar ve yöneticiler arasındaki güvenlik iletişiminin yanı sıra kaza ve hastalıklarla ilgili raporlamalar da kullanılmaktadır (Cooper, 2002; Saraç, 2016; Cheyne ve Cox, 2000; Akalp ve Yamankaradeniz, 2013).

Yorulmaz ve ark. güvenlik iklimini çalışanların çalışılan çevre, çalışma ortamındaki uygulamalar ve ekonomik faktörlere göre çalışma güvenliğine karşı gösterdikleri psikolojik algı olarak tanımlamış ve iklimin algı ile kültürün ise tutumlarla ilgili olduğunu ifade etmişlerdir (Yorulmaz, Büyük ve Birgün, 2016). Cooper, yönetici ve uygulayıcıların bakış açısıyla güvenlik iklimini "güvenliğin gelişimi için uygulayıcı kontroller ve politikalarla önceden belirlenmiş işlemlere sahip olmak" olarak ifade etmiştir (Cooper, 2002). Ceyhun ise güvenlik iklimini; bir işyerinde çalışanların o iş yeri ile ilgili olarak paylaştıkları iş çevresi, çalışma ortamı ve çalışmaları sırasında karşılaştıkları riskler gibi paylaştıkları algılar olarak tanımlar (Ceyhun, 2014). Neal ve Griffin güvenlik iklimi algısı ve çalışanların beyan ettikleri güvenli davranışlar arasında aynı yönlü ve bunlarla iş yeri kazaları arasında ters yönlü bir ilişki olduğu ve kaza geçiren çalışanların kendilerini daha az güvende hissettikleri için güvenlik ikliminin son derece yetersiz olduğunu rapor ettiklerini söylerler (Neal ve Griffin, 2006). Bireysel tavır ve davranışları güvenlik ikliminin bir parçası olarak değerlendirmeyen Kines ve ark. güvenlik iklimini sosyal birimlerin, yönetimin ve çalışma gruplarının güvenlik politikaları, süreçleri ve uygulamaları, belirli bir zamanda paylaştıkları algı olarak tanımlarlar (Kines vd., 2011). Güvenlik ikliminin amacının oluşacak güvenlik kapsamında ortaya çıkacak olan sorunları önlemek olduğunu ifade eden Özdemir

ve ark. güvenlik algılarının olumlu olmasının çalışanların iş performanslarını olumlu etkilediğinin ortaya koymuşlardır (Özdemir, Erdem ve Kalkın, 2016). Çalışma ortamındaki güvenlik iklimini etkileyen ve iş yerindeki kazaların oluşmasıyla arasında doğru orantı olan örgüt veya işyeri stresi, çalışanların psikolojik olarak verdikleri karşılığı olumsuz olarak etkilemektedir. Bu olumsuzluklar da hipertansiyon, kalp ve dolaşım sistemi problemleri, baş ağrısı, dikkat eksikliği gibi fiziksel rahatsızlıklara dönüşmektedir (Woo, Park, Lim ve Cho, 2017; Şimşek ve Derin, 2018). Genellikle baskın mühendislik önlemlerle yönetilen güvenlik yönetiminin rotasının güvenlik iklimi olduğunu, güvenliğin gelişiminde kaza oranları, kaza ve ramak kala olaylarını reaktif yaklaşımdan proaktif yaklaşıma dönülmek için kullanıldığını söylemektedirler (Kines vd., 2011).

Zohar'ın güvenlik iklimi alt faktörlerinden birisi olan kadercilik bireyin gelecek ile ilgili hiçbir şey yapamayacağı inancından yola çıkar (Taylor, 1962). Kadercilikte kazalar ve yaralanmalar kaçınılmaz ve önlenemezdir. Kadercilik çalışma güvenliğini olumsuz etkileyen kendine güveni az olan çalışanın güçsüzlük ve umutsuzluğunun sonucu ortaya çıkmasına rağmen iş yeri eğitimleri ve alınan doğru önlemlerle pozitif yönlü değiştirilebilir (Kiani ve Khodabakhsh, 2013).

1.2. Üniversitelerin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Üniversiteler ve meslek yüksekokulları sadece eğitim verilen yerler değil aynı zamanda içinde buldukları toplumun ve yetiştirdiği insanlarla da gelecekte içinde yaşanacak toplumun şekillendirilmesinde önemli görevleri olan kurumlardır.

Güvenlik kültürü ve güvenlik iklimi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde çoğunlukla endüstri ve sanayi çalışanları arasında çalışmaların sürdürüldüğü görülmektedir. Yükseköğretim kurumları yapısal ve işlevsel olarak bu kurumlardan daha farklıdır. Kamu hizmeti sağlayan eğitim kurumlarındaki ulusal ve uluslararası rekabet, gelişmekte olan bu pazarda yer edinmek ve edinilen yerin kalıcılığını sağlamak için gerekli olan sürekli iyileştirme, yeniden modelleme, kalıcı kurumsal ve örgütsel yenilik yoluyla gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Diğer alanlardan en büyük farkı ise devletlerin dinamikleri ve değişimlerinin yanı sıra sanayi davranışları ve ekonomik işlemlere yön vermedeki rolü, iş fırsatları yaratma ve diğer sektörlerle olan ilişkilerinin sonucu ortaya çıkan kompleks bir yapı olmasıdır (Ball, 2009). Üniversiteler endüstri ve sanayi iş kolları ile kıyaslandığında; geleneksel bakış açısıyla akademik personelin esnek çalışma saatleri, hafif iş yükü, konferans amaçlı yurt içi ve yurt dışı gezilere katılımları nedeniyle avantajlı ve düşük stresli iş kolu olarak değerlendirilirken, modern dünyada hızla büyüyen, farklı ülkelerden insanları ve kültürleri bünyesinde barındırmaları nedeniyle farklı örgüt kültürüne sahip ve farklı riskleri içinde barındıran kurumlar olarak tanımlanırlar (Gillespie, Walsh, Winefield, Dua ve Stough C, 2001; Venables ve Allender, 2006). Wu vd. üniversitelerde ve yüksekokullarda öğrenim gören öğrencilerin teorik bilgilerin yanı sıra uygulamalarda kullandıkları deney ve uygulama laboratuvarları, test alanları, akademik personelin kullandığı araştırma laboratuvarlarının sahip oldukları riskler açısından tehlikeli yerler olduğunu ifade ederler (Wu, Chi ve Mu, 2007). Ülkemizde üniversiteler iş sağlığı ve güvenliği açısından az tehlikeli iş yerleri olarak tanımlanırlar.

Üniversitelerin sürdürülebilir olması sadece ulusal değil uluslararası öğrenci, program ve kurumsal hareketlilik ile mümkün olabilmekte ve ortak kalite anlayışı ile güvence altına alınmaktadır. Bu kalite anlayışı her bir çalışan ve eğitim gören öğrenci için iş sağlığı ve güvenliğinin temelini oluşturmaktadır.

Bu çalışma ülkemizde farklı şehirlerde eğitim veren fen fakültelerinin kimya bölümlerinde yürütülmüştür. Maddenin temel yapı taşları olan atom, moleküller ve benzeri tüm bileşiklerin analizi, sentezi ve diğer maddeler ile olan etkileşimini inceleyen kimya temel bir bilim dalıdır. Kimya bilimi kendi nesnesini oluşturan tek temel bilim olma özelliği nedeniyle diğer bilimlerden ayrılır. 4 yıllık kimya eğitimi sonucunda kimyagerlik unvanı alan kişiler bilimsel araştırma yapmak için eğitilirler. Bilimsel araştırmaları sırasında tıp, eczacılık, savunma sanayi, gıda, çevre, arkeoloji ve tüm mühendislik dallarıyla ortak çalışmalar yürütmeleri gerekir. Kimyagerler sanayi alanında ise kimyasal analiz gerektiren kalite kontrol veya kimyasal üretim alanlarında görev yapar (chem.metu.edu.tr/prospective).

Tüm dünyada kullanılan, üretilen veya başka bir maddeyi üretmek için kullanılan malzemelerin yapısının kimyasal maddeler olduğu düşünülürse en baştan kazaları engellemenin önemi zaten ortaya konulmuş olacaktır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tehlikeli maddeler bulunduran kuruluşlarda büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve muhtemel kazaların insanlara ve çevreye olan zararlarının en aza indirilmesi amacıyla, yüksek seviyede, etkili ve sürekli korumayı sağlamak için alınması gerekli önlemler ile ilgili usul ve esasları belirlemek için gerekli olan yasal düzenlemeler yapılmıştır. Tehlikeli kimyasallar patlayıcı, oksitleyici, çok kolay alevlenir, kolay alevlenir, alevlenir, toksik, çok toksik, zararlı, aşındırıcı, tahriş edici, alerjen, kanserojen, mutajen, üreme için toksik ve çevre için tehlikeli özelliklerden bir veya birkaçına sahip madde ve/veya karışımları kapsamaktadır. Ayrıca ülkemizde kullanılan kimyasal maddelerin depolanması ve bulundurulmalarıyla ilgili olarak çıkartılan yönetmelikle de üniversite kampüslerinde kullanılan kimyasallar da dahil olmak üzere tüm kurumlarda kullanılan ve/veya depolanan kimyasalların güven altına alınması sağlanmaktadır (Resmi Gazete T:12.08.2013, S:28733; Resmî Gazete T:02.03.2019, S: 30702). 19. yüzyılın ortalarından itibaren laboratuvar metodu fen bilimleri öğretiminin temel öğelerinden biri olarak kabul edilmiştir (Alipaşa, Karamustafaoglu, Sevim ve Karamustafaoglu, 2002). Kimya laboratuvarları kimyasallar, cam malzemeler, elektrikli veya elektronik cihazlar gibi farklı birçok malzemenin aynı anda kullanıldığı dinamik ortamlardır. Gaz ocakları, yüksek hızlı santrifüjler, yüksek basınçlı cihazlar, yüksek ısı kullanan fırınlar bunlara verilebilecek en temel örneklerdir. Kimya Laboratuvarları; patlamalar, aşındırıcı, tahriş edici, oksidan veya toksik kimyasalların kullanıldığı ortamlardır. Diğer yandan, kimyasalların yaptıkları kontrolsüz bileşikler sonucu ortaya çıkan gazlar gibi yaşanabilecek aksilikler ile laboratuvarlarda çalışanların sadece kendilerine ve çalışma arkadaşlarına değil doğaya da verebilecekleri olası zararlar nedeniyle çok dikkatli çalışma yapılması gereken yerlerdir (Marin, Muñoz-Osuna, Arvayo-Mata ve Álvarez-Chávez, 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde bağımsız bir devlet kurumu olan Kimyasal Güvenlik ve Tehlike Araştırma Kurulu (U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board/CSB) büyük endüstriyel kazaların kök sebeplerinin akademik laboratuvarlarda olan güvenlik açıklarını işaret ettiğini söylemektedir (Marin vd., 2019).

Ülkemizde çalışanların yanı sıra stajyer öğrencilerin de İş sağlığı ve Güvenliği eğitimi yönetmeliklerle güvence altına alınan zorunlu bir eğitimidir (Resmî Gazete T:15.05.2013, S:28648). Kimya bölümlerinde eğitim gören öğrenciler zorunlu staj eğitimlerinden önce iş ortamında karşılaşabilecekleri tehlikelere karşı kendilerini korumaları için iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almış olmaları önemlidir. Ayrıca laboratuvar çalışmalarından önce de akademik personel tarafından kimyasal güvenliğinin yanı sıra iş güvenliği ile ilgili de genel kurallar bütün öğrencilere anlatılarak gerekli önlemleri almaları sağlanır.

Amerikan Kimya Derneği Kimya Güvenliği Komitesi (CCS) raporlarında üniversite öğrencilerinin korunması için güçlü güvenlik kültürü gelişiminin önemini vurgulamaktadır (Marin vd., 2019). Wu vd., önleyici bir güvenlik kültürü yaratmak için olumlu bir güvenlik iklimi kurulması ve üstün güvenlik performansları sergilenmesi gerektiğini belirtirken, sadece finansal kaynaklar kullanılarak ve mühendislik yöntemleriyle işyeri güvenliğini sağlamaya çalışan kurumların güvenlik anlamında plato seviyesinde kalacağını, davranışsal ve yönetsel güvenlik problemlerini çözmekte mühendislik yöntemlerinin yetersiz kalacağını ifade ederler (Wu vd., 2007). Akademisyenler ve uygulayıcıların uygulamalı psikoloji kullanarak çözüm üretmeye çalıştıkları güvenlik problemlerinde güvenlik iklimi anketleri güvenlik programlarının değerlendirilmesi ve güvenlik performanslarının geliştirilmesinde önemli bir araçtır (Wu, Chen ve Li, 2008).

Bu çalışmanın temel amacı; farklı şehirlerde bulunan devlet üniversitelerinin kimya bölümlerinde öğrenim gören lisans ve lisansüstü öğrencilerinin güvenlik seviyelerini güvenlik ikliminin yedi boyutundan kadercilik alt faktörü üzerinden değerlendirmeye çalışmaktır (ÇASGEM, 2017). Bu alanın seçilmesinin asıl sebebi her zaman tehlike ve riskleri bünyesinde barındıran kimya bölümünün hazır bulunurlukları bize mezuniyet sonrası sanayi ve endüstride görev yapacak genç kimyagerlerin nasıl bir güvenlik anlayışına sahip olduğunu ve topluma nasıl yön vereceklerini gösterecektir.

2. Materyal ve Yöntem

Fen fakültesi kimya bölümlerinde eğitim gören öğrencilerin iş sağlığı ve güvenliği bağlamında güvenlik ikliminin belirlenmesinde kadercilik algısının rolü belirlenecek ve güvenlik ile ilgili düşünce ve davranış profillerine göre ölçülen güvenlik algılarının farklı üniversitelerde eğitim gören öğrenciler arasında benzerlik ve farklılık gösterip göstermediği ortaya çıkarılacaktır. Araştırmanın yöntemi veri seçimi, veri toplama araçları ve veri analizi basamaklarını içermektedir.

2.1. Veri Seçimi

Anket çalışması, Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) tarafından yapılan üniversite giriş ve yerleştirme sınavının 2019 yılı taban puanları sonuçlarına göre devlet üniversiteleri arasında en çok tercih edilen ilk on üniversite içinde yer alan ve Türkiye'nin iki büyük şehri olan İstanbul ve Ankara'da yer alan üç üniversitede gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan üniversitelerden Orta Doğu Teknik Üniversitesi 4. sırada İngilizce, İstanbul Teknik Üniversitesi 6. sırada Türkçe ve Ankara Üniversitesi 10. sırada İngilizce eğitim vermektedir. Ankette kullanılacak ölçek için İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne başvurularak 31.12.2019 tarih ve 2019/22 sayılı etik kurul onayı alınmış ve rektörlük kanalıyla çalışma yapılacak olan üniversitelerin ilgili bölümlerine gönderilmiştir. Üniversitelerden gelen izinler doğrultusunda elektronik ortamda ve yüz yüze anket yöntemleri kullanılarak anket çalışması başlatılmıştır. Bu Üniversitelerde öğretim gören toplam öğrenci sayısı 1494'tür (YÖK Atlas, 2019). Yapılan anket çalışmalarına 165 öğrenci katılmıştır. Araştırmada basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

2.2. Veri Toplama Araçları

Öğrencilerin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında güvenlik iklimi alt faktörü kadercilik algısını değerlendirildiği çalışmamızda Demirbilek (2005) tarafından oluşturulan 15 demografik soru kullanılmıştır (Demirbilek, 2005). Ankette kadercilik algısını ölçmek için kullanılan sorular Zohar (1980) tarafından geliştirilen güvenlik iklimi ölçeğine dayanmaktadır. Bu çalışmada Tüzüner ve Özarslan (2011) tarafından Türkçeye uyarlanan ve daha önce ÇASGEM (2017) tarafından ülkemizde "Türkiye İstatistik Bölge Birimleri Sınıflandırması Düzey-1" olarak adlandırılan 12 şehirde farklı sektörlerde faaliyet gösteren kurumların 2018 çalışanına uygulanan anket soruları kullanılmıştır (Tüzüner ve Özarslan, 2011; ÇASGEM, 2017).

Ölçekte kullanılan ifadeler 5'li Likert ölçeğine göre hiç katılmıyorum, biraz katılıyorum, orta derecede katılıyorum, çok katılıyorum ve tamamen katılıyorum olarak ölçeklenmiştir. Çalışmanın geçerliliği Tüzüner ve Özarslan tarafından 2011 yılında gerçekleştirildiği için tekrar test edilmemiştir (Tüzüner ve Özarslan, 2011) Ölçeğin Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı 0.927 olarak belirlenmiştir. İki yarı form arasında korelasyon, 0.74 olarak hesaplanmıştır). Veriler SPSS19 programı kullanılarak analiz edilmiş olup, %95 güven aralığında %5 hata payı ile çalışılmıştır.

Veriler basit tesadüfi yöntem kullanılarak gönüllü öğrencilerin katılımıyla yüz yüze ve elektronik ortamda Google anket yardımıyla toplanmıştır.

2.3. Veri Analizi

Bu çalışmada veri setinin daha iyi anlaşılabilmesi için tanımlayıcı istatistik yöntemler kullanılmıştır. Normal dağılıma uygunluğu test edilen verilerin tanımlanabilmesi ve açıklanabilmesi için ANOVA ve Ki-kare testleri uygulanmıştır. Ayrıca veriler faktör analizine tabii tutularak açıklayıcı ve tanımlayıcı analizlerin yapılması sağlanmıştır. Veriler SPSS 19 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Anlamlılık düzeyi 0.5 olarak kabul edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Demografik Bulgular

Üç üniversiteden Fen Fakültesi Kimya bölümünde eğitim gören toplam 165 öğrenci çalışmaya katılmıştır. Araştırma sonuçlarının bilgileri **Tablo 1**'de özetlenmiştir. Araştırmaya katılan öğrencilerin %66.7'i kadın ve %33.3'ü erkektir. Öğrencilerin %81.2'si 18-23 yaş aralığı içindedir. %17.6 öğrenci 24-29; %0.6 öğrenci 30-35 ve %0.6 öğrenci de 36-40 yaş grubundadır. Öğrencilerin %43'ü 1. sınıf; %29.1'i 2. sınıf; %7.9'ü 3. sınıf; %12.1'i 4. sınıf; %5.5'i yüksek lisans ve %2.4'ü doktora öğrencisidir.

Daha önce İSG eğitimi alan öğrencilerin oranı %37 ve eğitim almayanların oranı %63'tür. İSG eğitimi alanların içinde aldıkları eğitimi yeterli bulan öğrenci oranı %37.2'dir. Bu öğrencilerin %61.5'i aldıkları eğitimi yeterli bulmadığını ifade etmişlerdir.

İş kazalarının nedenlerine bakıldığında; öğrencilerin %64.2'si iş kazalarına sebep olarak diğer öğrencilerin uygun olmayan davranışlarını göstermektedir. Öğrencilerin %18.2'si üniversite ortamının uygun olmamasını ve %17.6'sı her iki durumun da etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 1
Çalışma grubu bilgileri

Cinsiyet	N	%
Kadın	110	%66.7
Erkek	55	%33.3
Eğitim durumları		
1. sınıf	71	%43.1
2. sınıf	48	%29.1
3. sınıf	13	%7.9
4. sınıf	20	%12.1
Yüksek lisans	9	%5.5
Doktora	4	%2.4
İSG eğitimi aldınız mı?		
Evet	61	%37
1. sınıf	17	%2.9
2. sınıf	20	%41.7
3. sınıf	8	%61.5
4. sınıf	8	%40
Yüksek lisans	5	%55.6
Doktora	3	%75
Hayır	104	%63
Aldığınız İSG eğitimi yeterli mi?		
Evet	23	%37
1. sınıf	6	%37
2. sınıf	7	%36
3. sınıf	1	%14.3
4. sınıf	2	%30
Yüksek lisans	4	%50
Doktora	3	%100
Hayır	37	%63
Eğitim gördüğünüz üniversitede hiç iş kazası geçirdiniz mi?		
Evet	21	%12.7
1. sınıf	6	%28.6
2. sınıf	4	%19
3. sınıf	3	%14.3
4. sınıf	7	%33.3
Yüksek lisans	0	%0

Tablo 1'in Devamı.

Doktora	1	%4.8
Hayır	144	%87.3
İSG eğitimi aldıktan sonra iş kazası geçirdiniz mi?		
Evet	9	%40
Hayır	12	%60
İş kazası geçirenlerin uzak kaldığı süre (65 kişi)		
Uzak kalmadım	57	%57
1-3 gün	4	%4
4-7 gün	1	%1
8-14 gün	-	-
15-21 gün	3	%3
İş kazası geçirme nedenleri		
Öğrencilerin uygun olmayan davranışları	106	%64.2
Üniversitenin ortamının uygun olmaması	30	%18.2
İkisi birlikte	29	%17.6
Üniversitede mobinge uğradınız mı?(40 öğrenci)		
Evet	40	%24.4
Hayır	125	%75.6
Kim tarafından mobinge uğradınız:		
Yöneticiler (4öğrenci)	4	%10
Akademik Personel (11 öğrenci)	11	%27.5
Diğer Öğrenciler (12 öğrenci)	12	%30
Akademik Personel ve Diğer Öğrenciler (5 öğrenci)	5	%12.5
Yöneticiler ve Akademik Personel (3 öğrenci)	3	%7.5
Yöneticiler ve Diğer Öğrenciler (2 öğrenci)	2	%5
Hepsi (3 öğrenci)	3	%7.5

Bu bölümde öğrencilerin güvenlik iklimini değerlendirmelerinin yaş, cinsiyet, öğrenim gördükleri üniversite, eğitimleri süresince geçirdikleri ramak kala olay ve/veya kaza, eğitim gördükleri üniversiteye olan bağlılıkları; tercih sıraları, eğitim gördükleri üniversiteden memnuniyetleri, üniversitede mobinge maruz kalma ve aralarındaki ilişkiler analiz edilmiştir. Analizlerde iki kategorik verinin test edilmesini sağlayan ki-kare (Pearson's chi-square) testi kullanılmıştır.

Ankete katılan kadın öğrencilerin %43'ü ve erkek öğrencilerin %22'si iş kazası geçirmişlerdir. Ki kare (Pearson chi-square) testine göre iş kazası geçirmekle cinsiyet arasında herhangi bir ilişki yoktur ($p=0.910$). Ankete katılan kadın öğrencilerin %61'i ve erkek öğrencilerin %31'i eğitim gördükleri üniversitede ramak kala olay yaşamışlardır. Yine (Pearson chi-square) ki-kare testine göre ramak kala olay ve cinsiyet arasında herhangi bir ilişki yoktur ($p=0.912$). Ankete katılan kadın öğrencilerin %13'ü ve erkek öğrencilerin %8'i eğitim gördükleri üniversitede iş kazası geçirmişlerdir. Aynı şekilde eğitim gördükleri üniversitede iş kazası geçirmeleri ile de cinsiyet arasında bir ilişki yoktur ($p=0.620$).

Ki-kare testine (Pearson chi-square) göre İSG eğitimi alanların %40'ı iş kazası geçirmiştir ve eğitim alanlarla kaza geçirenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur ($p=0.516$). Bunun nedeni öğrencilerin aldıkları eğitimin yetersiz olması olabilir.

3.2. Faktör Analizi

Ankete kadercilik ile ilgili soruların faktör analizine uygun olup olmadığını değerlendirmek amacıyla KMO ve Barlett's testi uygulanmıştır. Tablo 2'de gösterilen KMO değeri 0.5'ten büyük ve Barlett testi 0.01'den küçük olduğu için faktör analizine uygundur. 35. soru çıkarılarak yapıldığında KMO ve Barlett testine göre KMO=0.889 ve Barlett sig=0.000 için anket sonuçları faktör analizi yapmak için uygundur. Çalışmada

kullanılan ölçeğin çalışmanın %59'unu açıkladığı görülmüştür. Ölçeğin Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı, 0.923'tür.

Tablo 2

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örnekleme uygunluk ölçüsü ve Bartlett küresellik testi

KMO ve Bartlett Küresellik Testi			
Kaiser-Meyer-Olkin Örnekleme Uygunluk Ölçüsü			0,889
Bartlett Küresellik Testi	Yaklaşık Ki-kare test istatistiği		4842.567
	df (serbestlik derecesi)		1275
	Sig. (p)		0,000

Bu çalışmada ölçülmek istenen “İş sağlığı ve güvenliği konusundaki kadercilik yaklaşım” 6 soru ile ölçümlenmiştir.

Verilerin yorumlanabilmesi ve daha iyi özetlenebilmesi için tanımlayıcı analizler (descriptive statistics) kullanılarak ortalama ve standart sapmasını hesaplanmış ayrıca faktör yük değerleri ölçülerek maddelerin faktörle olan ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Tablo 3’de faktör yüklerine bakıldığında S1., S2. ve S3. soruların yüklerinin 0.60’dan büyük olduğu için yüksek yük gücüne; S4., S5. ve S6. soruların orta yük gücüne sahip oldukları görülmüştür.

Tablo 3

Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğrencileri için iş sağlığı ve güvenliği güvenlik düzeyi ölçeği faktör analiz sonuçları (pattern matrix)

Faktör adı	%	İfade	Faktör yükü
Faktör Kadercilik	7.913	S1: İşimde (laboratuvardaki deneyler sırasında) risk almaktan kaçınmam	0.691
		S2: Üniversitede işlerin en kısa yoldan yapılması önemlidir.	0.666
		S3: Ne yaparsam yapayım kazaların gerçekleşmesini engelleyemem.	0.656
		S4: Kazalar öğrenciliğin bir parçası olarak hoş görülür	0.565
		S5: Üniversitede iş sağlığı ve güvenliğini geliştirmek için hiç bir şey yapamam.	0.540
		S6: Üniversitede sadece birkaç kişi iş sağlığı ve güvenliği ile ilgilenir	0.519

Üniversitelerin kadercilik faktörü karşısında birbirleriyle olan ilişkilerini değerlendirmek amacıyla tek yönlü ANOVA (one-way ANOVA) analizi kullanılmıştır. Kadercilik algısı açısından Tablo 4’e göre:

H_0 = Üniversiteler kadercilik algısı açısından birbirlerinden bağımsızdırlar.

H_1 = Üniversiteler kadercilik algısı açısından birbirlerine bağımlıdırlar.

Tablo 4

ANOVA analizi

Faktör	Karelerin Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.	Hipotez Durumu
FAC						
Between Groups	301787	2	150894	7265	0.001	H_0 reddedildi
Within Groups	3364540	162	20769			
Total	3666327	164				

Üniversite öğrencilerinin kadercilik anlayışı incelendiğinde üniversitelerin birbirlerine bağlı oldukları yani öğrencilerin eğitim gördükleri üniversitelerden bağımsız olarak ortak bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Bu durum örgütsel iklimde farklı kurumlarda çalışanlar güvenlik anlamında ortak bakış açlarına sahiptirler savını da desteklemektedir (Zohar, 1980).

Öğrencileri kadercilik anlayışının istatistiksel olarak yorumlanabilmesi için Tablo 5'te gösterilen frekans tablosu elde edilmiştir. Faktör yükü en yüksek olan sorudan en düşük olan soruya göre hazırlanan Tabloda öğrencilerin sorulara katılım oranları analiz edilmiştir.

Tablo 5
Kadercilik anlayışı istatistiksel analizi

Faktör Kadercilik	Hiç katılmıyorum Öğrenci sayısı %	Biraz katılıyorum Öğrenci sayısı %	Orta derecede katılıyorum Öğrenci sayısı %	Çok katılıyorum Öğrenci sayısı %	Tamamen katılıyorum Öğrenci sayısı %
S1: İşimde (laboratuvardaki deneyler sırasında) risk almaktan kaçınamam.	53 32.1	38 23	47 28.5	13 7.9	14 8.5
S2: Üniversitede işlerin en kısa yoldan yapılması önemlidir.	25 15.2	47 28.5	48 29.1	20 12.1	25 15.2
S3: Ne yaparsam yapayım kazaların gerçekleşmesini engelleyemem.	56 33.9	44 26.7	43 26.1	9 5.5	13 7.9
S4: Kazalar öğrenciliğin bir parçası olarak hoş görülür.	54 32.7	40 24.2	40 24.2	19 11.5	12 7.3
S5: Üniversitede iş sağlığı ve güvenliğini geliştirmek için hiç bir şey yapamam.	74 44.8	30 18.2	43 26.1	10 6.1	8 4.8
S6: Üniversitede sadece birkaç kişi iş sağlığı ve güvenliği ile ilgilenir.	53 32.1	28 17	57 34.5	18 10.9	9 5.5

Faktör yükü en yüksek olan 1. soruda öğrencilerin sadece %32.1'i deneyler sırasında risk almaktan kaçınmayacağını düşünüyor bu da öğrencilerin %67.9'u ciddi herhangi bir risk gerçekleşeceğinde o riski almayacağını göstermektedir. Öğrencilerin %37.3'ü üniversitede işlerin en kısa yoldan yapılması çok önemlidir derken %15.2'si bu düşünceye hiç katılmamaktadır. Kazaların gerçekleşmesine engel olamayacağını düşünen öğrencilerin oranı orta, çok ve tamamen katılıyorum toplamında %40'tır. Öğrencilerin sadece %8'i kazaların önüne geçilemeyeceğini düşünmektedir. Yine aynı şekilde kazaların öğrenciliğin bir parçası ve tamamen hoş karşılanan bir durum olduğunu düşünenlerin oranı sadece %7.3'tür. Öğrencilerin %32.7'si bu duruma hiç katılmazken sadece %35'i orta ve çok derecede katılmaktadır. Öğrenciler kazaların önüne geçebilecekleri ve güvenliklerini koruyup korumadıklarını test eden 5. soru ile iş sağlığı ve güvenliğini geliştirmek için uğraştıklarını ifade etmektedirler. Öğrencilerin sadece %11'i iş kazalarını engellemek için iş sağlığı ve güvenliği konusunda fazla bir şey yapmadığını ifade etmiştir. Öğrencilerin kendileri gibi iş kazalarının engellenmesi için yönetimi değerlendirdikleri 6. soruda öğrencilerin %49'unun yönetimin sadece birkaç kişiyle iş sağlığı ve güvenliği ile ilgilendiğini ifade ettikleri görülmüştür. Bu sonuçlar

değerlendirildiğinde çok tehlikeli alanda eğitim alan Kimya bölümü öğrencilerinin kadercilik anlayışının düşük olduğu; iş kazalarının önüne geçileceğinin düşünüldüğünü anlaşılmaktadır. Bu durum tehlikeli iş grubu olan marangozlarla Gökçe tarafından yapılan araştırmayla da desteklenmektedir (Gökçe, 2020). Yine AFAD ve itfaiye çalışanları ile yapılan başka bir çalışmada da çok tehlikeli olan bu gruplarda da iş güvenliği konusunda kaderciler çalışmadıkları tespit edilmiştir (Motorcu ve Yılmaz, 2020). Kadercilik anlayışının eğitim seviyesi yükseldikçe düştüğü daha önce yapılan araştırmalarla da desteklenmektedir (Yıldırım, Akyüz, Aydın ve Alevli, 2015).

4. Sonuçlar

Bu çalışmada büyük endüstriyel kazaların önlenmesinde en önemli rolü oynayan Fen Fakülteleri Kimya bölümü öğrencilerinin eğitim gördükleri üniversitelerdeki güvenlik iklimi algıları güvenlik ikliminin alt faktörlerinden kadercilik ile iş kazaları, risk ve İSG eğitimi üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. Kadercilik anlayışı güvenliğe verilen önemi ve kontrol edilebilirlik algısını yansıtır. Güvenlik iklimini etkileyen diğer faktörlerden farklı olarak kadercilik anlayışı kaza geçirenlerin yaşadığı tecrübelerden veya işyeri hakkında farklı algılara sahip olan çalışanlarda değişiklik göstermez; kadercilik tüm bunlardan bağımsız olarak değişime direnç gösterir (Williamson, Feyer, Cairns ve Biancotti, 1997). Kadercilik faktörü ortalama değeri kimya bölümü öğrencilerinin kaderciler yaklaşımıyla kazaları değerlendirmediklerini ve kazaların önlenmesi konusunda kendilerini, yönetimi, üniversitenin ortamını da sorumlu gördüklerini göstermektedir. Bu durum kaza nedenleri ile doğru orantılıdır. Tablo 1.'e göre de öğrenciler kaza nedenlerinde %64.2 oranında diğer öğrencilerin güvensiz davranışlarına, %18.2'sini üniversitenin ortamının uygun olmamasına ve %17.6'sını da her iki etmene birden bağlamışlardır. Yapılan literatür çalışmalarında eğitim seviyesi ve kadercilik arasında ters orantılı anlamlı farklar olduğu bilinmektedir. Eğitim seviyesi yükseldikçe kadercilik algısı azalmaktadır (Yıldız ve Yılmaz, 2017; Yıldırım vd., 2015; Gökçe, 2020; Motorcu ve Yılmaz, 2020; Ruiu, 2012). İşyeri İSG eğitimlerinin de iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önüne geçilmesi için önemli olduğu bilinmesine rağmen yapılan literatür çalışmalarında üniversite öğrencilerine verilen İSG eğitimlerinin güvenlik algılarını değişmesini sağlamadığı görülmektedir (Topgül ve Alan, 2017; Sivrikaya ve Üzüm, 2018). Bu çalışmada da İSG eğitimi alan öğrencilerle iş kazası geçirme arasında anlamlı bir fark olmaması bu savı desteklemektedir. Araştırmanın, endüstride özellikle çok tehlikeli sınıfta yer alan sektörlerde insan kaynağı yetiştiren farklı teknik bölümler için genişletilmesi literatüre önemli katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Dr. Öğr. Üyesi Özge EREN'e çalışmaya olan katkılarından dolayı çok teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Gülizar Hoşten: Verileri toplamış ve istatistiksel analizini yapmış, makaleyi yazmıştır.

Necla Dalbay: Çalışmayı ve analizlerini planlamış, makalenin düzenlenmesine katkı sağlamıştır. Çalışmanın genel kontrolünü gerçekleştirmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Akalp, G. ve Yamankaradeniz, N. (2013). İşletmelerde güvenlik kültürünün oluşumunda yönetimin rolü ve önemi. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 3(2), 96-109. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/282936>
- Alipaşa, A., Karamustafaoğlu, S., Sevim, S. ve Karamustafaoğlu, O. (2002). Genel kimya laboratuvar uygulamalarının öğrenci ve öğretim elemanı gözüyle değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2002(23), 50-56. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/87917>

- Ball, S. J. (2009). Privatising education, privatising education policy, privatising educational research: Network governance and the competition state. *Journal of Education Policy*, 24(1), 83-99. <https://doi.org/10.1080/02680930802419474>
- Ceyhun, G. Ç. (2014). Güvenlik iklimi ve iş-aile çatışmasının yorgunluğa etkileri: Türk kılavuz kaptanlar üzerine bir araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 91-105. Erişim adresi: https://www.isarder.org/2014/vol.6_issue.2_full_issue.pdf#page=92
- Chem.metu.edu, Erişim adresi: <http://chem.metu.edu.tr/prospective>, Aday Öğrenci. Erişim tarihi: Mayıs, 2020
- Cheyne, A., Cox, S., Oliver, A. ve Tomás, J. M. (1998). Modelling safety climate in the prediction of levels of safety activity. *Work and Stress*, 12(3), 255–271. <https://doi.org/10.1080/02678379808256865>
- Cheyne, A. J. T. & Cox, S. J. (2000). Assessing safety culture in offshore environments. *Safety Science*, 34(1-3), 111–129. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00009-6)
- Cooper, D. (2002). Safety culture: A model for understanding and quantifying a difficult concept. *Professional Safety*, 30–36. Erişim adresi: https://www.behavioural-safety.com/articles/safety_culture_understanding_a_difficult_concept.pdf
- Cox, S. ve Flin, R. (1998). Safety culture: Philosopher's stone or man of straw?. *Work and Stress*, 12(3), 189–201. <https://doi.org/10.1080/02678379808256861>
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi. (2017). Türkiye'de iş sağlığı güvenliği algısı, *ÇASGEM Rapor*, Ankara. Erişim adresi: https://www.csgb.gov.tr/media/3234/turkiyede_issagligi.pdf
- Demirbilek, T. (2005). İş güvenliği kültürü. *Dokuz Eylül Yayınları*, 1. Baskı, İzmir
- Gillespie, N. A., Walsh, M., Winefield, A. H., Dua, J. ve Stough C. (2001). Occupational stress in universities: Staff perceptions of the causes, consequences and moderators of stress. *Work & Stress*, 15(1), 53–72. <https://doi.org/10.1080/026783701117944>
- Gökçe, A. (2020). İş sağlığı ve güvenliği açısından iş güvenliği kültürünün önemi üzerine bir odak grup çalışması. *Ergonomi*, 3(2), 82-95. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.749138>
- ILO, ILO Statistics and databases, Erişim adresi: <http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang-en/index.htm>.
- Kiani, F. ve Khodabakhsh, M. R. (2013). The relationship between safety climate with fatalism and perceived helplessness among workers: Implication for health promotion. *Journal of Community Health Research*, 2(3), 196-207. Erişim adresi: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=452967>
- Kines, P. Lappalainen, J., Mikkelsen, K. L., Olsen, E., Pousette, A., Tharaldsen, J., Tómasson K. ve Törner, M. (2011). Nordic safety climate questionnaire (NOSACQ-50): A new tool for diagnosing occupational safety climate. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(6), 634–46. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.08.004>
- Marin, L. S., Muñoz-Osuna, F. O., Arvayo-Mata, K. L. ve Álvarez-Chávez, C. R. (2019). Chemistry laboratory safety climate survey (CLASS): A tool for measuring students' perceptions of safety. *Journal of Chemical Health & Safety*, 26(6), 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2019.01.001>
- Motorcu, A. R. ve Yılmaz, K. (2020). Investigation of the effects of occupational safety supervisions on firefighting and AFAD teams' occupational safety cultures. *International Marmara Sciences Congress, Kocaeli, Turkey, Proceedings e-book*, 638-645. Erişim adresi: http://imascon.com/dosyalar/imascon2020bahar/imascon_fen_bildiriler_tammetin_bahar_2020.pdf
- Neal, A. ve Griffin, M. A. (2006). A study of the lagged relationships among safety climate, safety motivation, safety behavior, and accidents at the individual and group levels. *Journal of Applied Psychology*, 91(4), 946–53. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1037/0021-9010.91.4.946>
- Özdemir, L., Erdem, H. ve Kalkın, G. (2016). Kamu çalışanlarının güvenlik iklimi algılarının tatmini ve iş performansı üzerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 7(15), 59–69. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.252106>
- Resmî Gazete (T:15.05.2013, S:28648). Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin usul ve esasları hakkında yönetmelik. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/05/20130515-1.htm>
- Resmî Gazete (T:12.08.2013, S:28733). Kimyasal maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelik. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18709&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Resmî Gazete (T: 02.03.2019, S:30702). Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması hakkında yönetmelik. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/03/20190302-1.htm>

- Ruiu, G. (2012). Is fatalism a cultural belief? An empirical analysis on the origin of fatalist tendencies. *Munich Personal RePEc Archive*, MPRA Paper No. 41705. Erişim adresi: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/41705/>
- Saraç, Ç. K. (2016). *İş sağlığı ve güvenlik kültürü algısının iş tatmini ile ilişkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi No: 438393). Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Sivrikaya Özkurt, S. ve Üzüm, B. (2018). Öğrencilerin işçi sağlığı ve güvenliğine yaklaşımları (Kocaeli MYO örneği). *International Journal Of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies*, 4(7), 2587-2168. Erişim adresi: <http://doi.org/10.26728/ideas.85>
- Şimşek, I. N. ve Derin, N. (2018). Güvenlik iklimi ve iş tatmini ilişkisinde birey-örgüt uyumunun aracı rolü. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(2), 231-245. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/473664>
- Taylor, R. (1962). Fatalism. *The Philosophical Review*, 71(1), 56-66. <https://doi.org/10.7312/wall15156-011>
- Topgül, S. ve Alan Ç. (2017). Öğrencilerin iş güvenliği ve iş güvenliği eğitimi algısının değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 22(2), 587-598. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1004631>
- Tüzüner, V. ve Özasan, B. (2011). Hastanelerde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının değerlendirilmesine yönelik bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 40(2), 138-154. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/98182>
- Venables, K. M. ve Allender, S. (2006). Occupational health needs of universities: A review with an emphasis on the United Kingdom. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(3), 159-67. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2005.022145>
- Williamson, A. M., Feyer, A. M., Cairns, D. ve Biancotti, D. (1997). The development of a measure of safety climate: the role of safety perceptions and attitudes. *Safety Science*, 25(1-3), 15-27. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00020-9](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00020-9)
- Woo, K. K., Park, S. J., Lim, H. S. ve Cho, H. H. (2017). Safety climate and occupational stress according to occupational accidents experience and employment type in shipbuilding industry of Korea. *Safety and Health at Work*, 8(3), 290-295. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.08.002>
- Wu, T. C., Chi W. L. ve Mu C. L. (2007). Safety climate in university and college laboratories: Impact of organizational and individual factors. *Journal of Safety Research*, 38(1), 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.01.003>
- Wu, T. C., Chen, C. H. ve Li, C. C. (2008). A correlation among safety leadership, safety climate and safety performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21(3), 307-318. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2007.11.001>
- Yorulmaz, M., Büyük, N. ve Birgün, S. (2016). Tersane işletmelerinde örgütsel güvenlik ikliminin incelenmesi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 5(46), 303-317. <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2020.4043>
- Yıldırım, İ., Akyüz, K., Aydın, A. ve Alevli, C. (2015). Akdeniz bölgesi orman ürünleri sanayi çalışanlarının iş güvenliği algılarının belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 213-222. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/195452>
- Yıldız, S. ve Yılmaz, M. (2017). Türk inşaat sektöründe çalışanların güvenlik kültürü düzeyinin ve güvenlik performansı ile ilişkisinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 20(1), 137-149. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/467134>
- YÖK Atlas, (2019). Erişim adresi: <https://yokatlas.yok.gov.tr/>, Erişim tarihi: Ekim 2019
- Zohar, D. (1980). Safety climate in industrial organizations: Theoretical and applied implications. *Journal of Applied Psychology*, 65(1), 96-102. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.65.1.96>