

Owner:

Dr. Hamza KANDEMİR

Editor in Chief:

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Co-Editor:

Prof. Dr. Alireza HEIDARI
Asst. Prof. Dr. Mustafa KARABOYACI

Technical Editors:

Res. Asst. Abdullah BERAM
Instructor Serkan ÖZDEMİR

Technical Assistant:

Alican ÇIVGA
Aslan MERDİN
Tunahan ÇINAR
Uysal Utku TURHAN
Ahmet ACARER
Hasan ÇULHACI

Office Work:

Instructor Doğan AKDEMİR

Cover designer:

Instructor Serkan ÖZDEMİR

Press:

Copy32 press-Isparta

Contact:

Kutbilge Association of Academicians,
32040, Isparta, TURKEY

Web : dergipark.gov.tr/bilgesci

E-mail : kutbilgescience@gmail.com

Editorial Advisory Board:

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.
Akdeniz University, Turkey

Amer KANAN, Prof. Dr.
Al-Quds University, Palestine

Cüneyt ÇIRAK, Prof. Dr.
Ondokuz Mayıs University, Turkey

Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.
İstanbul University, Turkey

Gülcan ÖZKAN, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

İbrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Kari HELİÖVAARA, Prof. Dr.
University of Helsinki, Finland

Kırali MÜRTEZAOĞLU, Prof. Dr.
Gazi University, Turkey

Mehmet KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Mehmet KİTİŞ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Mohamed Lahbib BEN JAMAA, Prof. Dr.
INRGREF, Tunisia

Rene van den HOVEN, Prof. Dr.
University of Vet. Med. Vienna, Austria

Semra KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Steve WOODWARD, Prof. Dr.
University of Aberdeen, United Kingdom

Editorial Board:

Ali Cesur ONMAZ, Assoc. Prof. Dr.
Erciyes University, Turkey

Asko Tapio LEHTIJÄRVİ, Assoc. Prof. Dr.
Bursa Technical University, Turkey

Halil GÖKÇE, Assoc. Prof. Dr.
Giresun University, Turkey

Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Assoc. Prof. Dr.
Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey

Ahmet MERT, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Ayşe KOCABIYIK, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Aziz ŞENCAN, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Fecir DURAN, Asst. Prof. Dr.
Gazi University, Turkey

Kubilay TAŞDELEN, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Nuri ÖZTÜRK, Asst. Prof. Dr.
Giresun University, Turkey

Ramazan ŞENOL, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Şule Sultan UĞUR, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

İmtiyaz Sahibi:
Dr. Hamza KANDEMİR

Editör:
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Yardımcı Editörler:

Prof. Dr. Alireza HEIDARI
Yrd. Doç. Dr. Mustafa KARABOYACI

Teknik Editörler:
Arş. Gör. Abdullah BERAM
Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR

Teknik Yardımcılar:

Alican ÇIVGA
Aslan MERDİN
Tunahan ÇINAR
Uysal Utku TURHAN
Ahmet ACARER
Hasan ÇULHACI

Büro İşleri:

Öğr. Gör. Doğan AKDEMİR

Kapak Tasarım:

Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR

Baskı:

Copy32 Matbaa-Isparta

İletişim:

Kutbilge Akademisyenler Derneği,
32040, Isparta, TÜRKİYE

Web : dergipark.gov.tr/bilgesci

E-mail : kutbilgescience@gmail.com

Danışma Kurulu:

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.
Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

Amer KANAN, Prof. Dr.
Al-Quds Üniversitesi, Filistin

Cüneyt ÇIRAK, Prof. Dr.
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.
İstanbul Üniversitesi, Türkiye

Gülcan ÖZKAN, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

İbrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Kari HELİÖVAARA, Prof. Dr.
Helsinki Üniversitesi, Finlandiya

Kırali MÜRTEZAOĞLU, Prof. Dr.
Gazi Üniversitesi, Türkiye

Mehmet KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Mehmet KİTİŞ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Mohamed Lahbib BEN JAMAA, Prof. Dr.
INRGREF, Tunus

Rene van den HOVEN, Prof. Dr.
Viyana Veterinerlik Üniversitesi, Avusturya

Semra KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Steve WOODWARD, Prof. Dr.
Aberdeen Üniversitesi, Birleşik Krallık

Editör Kurulu:

Ali Cesur ONMAZ, Doç. Dr.
Erciyes Üniversitesi, Türkiye

Asko Tapio LEHTIJÄRVİ, Doç. Dr.
Bursa Teknik Üniversitesi, Türkiye

Halil GÖKÇE, Doç. Dr.
Giresun Üniversitesi, Türkiye

Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Doç. Dr.
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye

Ahmet MERT, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Ayşe KOCABIYIK, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Aziz ŞENCAN, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Fecir DURAN, Yrd. Doç. Dr.
Gazi Üniversitesi, Türkiye

Kubilay TAŞDELEN, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Nuri ÖZTÜRK, Yrd. Doç. Dr.
Giresun Üniversitesi, Türkiye

Ramazan ŞENOL, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Şule Sultan UĞUR, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

CONTENTS

Research

- Evaluation of Electric Field Pollution from 132 kVA Power Transmission Lines to Proximity of Infrastructures in Ibadan, Nigeria
Rahmon A. Badru, Kayode P. Olorunyomi, Ayodeji O. Salau, Oluwatosin I. Akinwale, Joshua Alwadood, Abimbola O. Atijosan 46-58
- The Effect of Elevated Temperature on the Lightweight Concrete Produced by Expanded Clay Aggregate and Calcium Aluminate Cement
Kubilay Akçaözöglü, Semiha Akçaözöglü 59-70
- Optimization of Composite Couplings in Helicopter Rotor Blade Spar Using Hybrid Particle Swarm-Gradient Algorithm
Hacer Ariol Taymaz 71-78
- A Novel Approach for Improving Wrinkle Resistance and Flame Retardancy Properties of Linen Fabrics
Şule Sultan Uğur, Mevlüde Bilgiç 79-86
- Investigation of Dyes Adsorption with Activated Carbon Obtained from *Cordia myxa*
Mehmet Kılıç, Amjed S.K. Janabi 87-104
- Goal Programming Solution of the Examiner Assignment Problem
Emre Varlı, H. Mehmet Alağuş, Tamer Eren, Emir H. Özder 105-118
- Essential Oil Yield and Components of Juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) Leaves
Serkan Gülsoy, Aslan Merdin 119-128
- Determination the Effect of Plant Activator Applications on Tomato Pollen Formation
Mehmet A. Aşkın, Fathia A. A. Hussein 129-134
- Modelling Habitat Suitability for Red Deer (*Cervus elaphus* L.) Using Environmental Variables in Çatacık Region, Eskişehir
M. Serdar Oruç, Ahmet Mert, İbrahim Özdemir 135-142
- Flora of Beydere Village (Manisa)
Yasin Altan, Kamuran Aktaş, Yeliz Metin Suveren 143-154
- Morphological and Palynological Properties of Endemic *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. (Rutaceae)
Kamuran Aktaş 155-159

Review

- Plants Considered as Non-Wood Forest Products (NWFPs) Around Central Anatolia: Eskişehir Example
Gülçin Işık, Ersin Yücel 160-166
- Different Mathematical Models for Entropy in Information Theory
Faruk Bulut 167-174

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Evaluation of Electric Field Pollution from 132 kVA Power Transmission Lines to Proximity of Infrastructures in Ibadan, Nigeria
Rahmon A. Badru, Kayode P. Olorunyomi, Ayodeji O. Salau, Oluwatosin I. Akinwale, Joshua Alwadood, Abimbola O. Atijosan 46-58
- The Effect of Elevated Temperature on the Lightweight Concrete Produced by Expanded Clay Aggregate and Calcium Aluminate Cement
Kubilay Akçaözoğlu, Semiha Akçaözoğlu 59-70
- Optimization of Composite Couplings in Helicopter Rotor Blade Spar Using Hybrid Particle Swarm-Gradient Algorithm
Hacer Ariol Taymaz 71-78
- A Novel Approach for Improving Wrinkle Resistance and Flame Retardancy Properties of Linen Fabrics
Şule Sultan Uğur, Mevlüde Bilgiç 79-86
- Investigation of Dyes Adsorption with Activated Carbon Obtained from *Cordia myxa*
Mehmet Kılıç, Amjed S.K. Janabi 87-104
- Sınav Görevlisi Atama Probleminin Hedef Programlama Yöntemiyle Çözümü
Emre Varlı, H. Mehmet Alağaç, Tamer Eren, Emir H. Özder 105-118
- Boylu Ardiç (*Juniperus excelsa* Bieb.) Türünün Yapraklarında Uçucu Yağ Miktarı ve Bileşenleri
Serkan Gülsoy, Aslan Merdin 119-128
- Bitki Aktivatörü Uygulamalarının Domateste Polen Oluşumu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi
Mehmet A. Aşkın, Fathia A. A. Hussein 129-134
- Eskişehir Çatacak Yöresinde, Çevresel Değişkenler Kullanılarak Kızılgeyik İçin (*Cervus elaphus* L.) Habitat Uygunluğunun Modellenmesi
M. Serdar Oruç, Ahmet Mert, İbrahim Özdemir 135-142
- Beydere Köyü (Manisa) Florası
Yasin Altan, Kamuran Aktaş, Yeliz Metin Suveren 143-154
- Endemik *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. (Rutaceae)'un Morfolojik ve Palinolojik Özellikleri
Kamuran Aktaş 155-159

Derleme

- Plants Considered as Non-Wood Forest Products (NWFPs) Around Central Anatolia: Eskişehir Example
Gülçin Işık, Ersin Yücel 160-166
- Bilgi Kuramındaki Entropi Kavramıyla İlgili Farklı Matematiksel Modeller
Faruk Bulut 167-174

BİLGE INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH

ISSN: 2587-0742
e-ISSN: 2587-1749

A peer reviewed journal, published biannually by
Kutbilge Association of Academicians.

Yılda iki sayı olarak yayımlanan hakemli bir dergidir.
Kutbilge Akademisyenler Derneği tarafından
yayımlanmaktadır.

Year/Yıl: 2017, Volume/Cilt: 1, Issue/Sayı: 2

The journal is indexed in Researchbib, AcademicKey, International Institute of Organized Research (I2OR),
Cosmos Index, Google Scholar, Journal Factor, Index Copernicus, JIFACTOR, Science Library Index,
Sindex, Rootindexing, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), Directory of Research Journals Indexing
(DRJI).

Dergimiz Researchbib, AcademicKey, International Institute of Organized Research (I2OR), Cosmos Index,
Google Scholar, Journal Factor, Index Copernicus, JIFACTOR, Science Library Index, Sindex,
Rootindexing, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), Directory of Research Journals Indexing (DRJI) 'de
taranmaktadır.





Evaluation of Electric Field Pollution from 132 kVA Power Transmission Lines to Proximity of Infrastructures in Ibadan, Nigeria

R. A. Badru^{1*}, K. P. Olorunyomi², A. O. Salau³, O. I. Akinwale², J. Alwadood¹, and A. O. Atijosan¹

Abstract: Electrical Power Transmission Lines (PTL) generate electromagnetic field while carrying electrical energy from power generating stations to the electrical power distribution systems. Due to increase in population, infrastructures are being built close to or under the power lines; thus, violating the range of the tower setback. This exposes nearby residence to electric field pollution. In this paper, we present an evaluation of the electric field pollution from the 330/132kVA power transmission lines in Ibadan (Ido local government), Oyo state Nigeria. we measured the electric field of the power transmission line of the closest proximity to the nearest infrastructure using electromagnetic tester (model 3120-EN-00). Evaluation of spatial distance between the nearest infrastructure and the transmission lines was done by obtaining the spatial position of the transmission tower and the infrastructure using Global Positioning System (GPS) receiver (model GPSMAP 78 Series) satellite system. The sets of data obtained were processed in ARCGIS environment and the distance from the transmission tower to the nearest infrastructure was obtained. Also, the range between the tower with reference to a particular tower was obtained using analytical techniques. The ICNIRP standards were used to evaluate the result. The results showed that the electric field strength is below the standard limit. Regulatory bodies like the Power Holding Company of Nigeria (PHCN), Occupational Health and Safety Code (OHSC) and Lagos State Urban and Regional Planning (LSURP) regulations legislated a minimum setback of every infrastructures proximity to power lines. These regulations were used to evaluate infrastructures violating the rules. 12.5% of the infrastructures assecible complied with the PHCN regulation, 56.85% complied with the LSURP regulation and 78.12% compiled with the OHSC regulation.

Keywords: Electric Power Transmission, ARCGIS, ICNIRP, GPS, Safety Distance, Electric field Pollution, Occupational and General Public Exposure

1. Introduction

Electric power transmission and distribution is key to the successful transportation of electrical power from its generation site to the user locations. Electric power transmission lines generate electric and magnetic field around the power lines used to transmit electric power. An electric field is the force that fills the space around any electric charge or group of charges which are caused by electrical forces (James, 2017). Electric fields are analogous to magnetic fields resulting from forces acting

upon magnetic substances or magnet poles (Semat and Katz, 1958). Electric fields converge and diverge at electric charges and can be induced by time-varying magnetic fields. It exists whenever positive or negative electrical charges are present, they exert forces on other charges within the field. The higher the voltage the stronger the electric field at any distance from the wire and strength of electric field is typically measured in volts per meter (V/m) or in kilovolt per meter (kV/m) (Glover et al., 2012). Increase in population and development within the cities have made people to

¹Obafemi Awolowo University, Cooperative Information Network (COPINE), National Space Research and Development Agency, Ile-Ife, Nigeria.

²Obafemi Awolowo University, African Regional Centre for Space Science Education in English, Ile-Ife, Nigeria.

³Department of Electronic and Electrical Engineering, Obafemi Awolowo University, Faculty of Technology, Ile-Ife, Nigeria.

*Corresponding author (iletisim yazari): olasunkonmi@yahoo.com

Citation (Atıf): Badru, R.A., Olorunyomi, K.P., Salau, A.O., Akinwale, O.I., Alwadood, J., Atijosan, A.O. (2017). Evaluation of Electric Field Pollution from 132 kVA Power Transmission Lines to Proximity of Infrastructures in Ibadan, Nigeria. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(2): 46-58.

build houses, workshops, religious centre, schools and farms, close to/under power transmission lines. The development of rural areas to urban communities has social and environmental impact; the growth of urban populations and associated industrialization has resulted in a range of detrimental and often de-humanizing outcomes (Baker, 1974; Olamiju and Oyinloye, 2015). The electric field generated around a wire by the flow of current has adverse biological effects on human neurological system, causes cardiovascular disorders, low sperm counts and many other effects on workers who regularly service the lines (Aliyu and Ali, 2011; Aliyu et al., 2012). Also, these adverse effects affect people who stay for long periods without shielding near/under power transmission lines. There are simple ways to reduce human exposure. The effects of Electric fields decrease rapidly as human beings move away from the source. This means that increasing the distance between human beings and a source of extremely low frequencies (ELFs) which can be generated from power lines or electrical appliances will easily reduce the level of exposure to ELFs. One of the best ways to reduce exposure is to spend less time close to large sources of ELFs such as places near or under high-voltage transmission lines (hydro corridors) and transformers (Anderson, 1993).

2. Related Work

Several studies have been carried out on the effects/dangers of electric field pollution generated from power transmission lines on lives and property. This section gives an overview of related works in this area. Petkovic *et al.* (2006) worked on the effect of the electric component of an electromagnetic field of 50 Hz, originating from over ground 110 kV power line, on humans in its immediate vicinity. In their paper, the electric field which penetrates the human body was calculated with the help of a human model. This model, contained blocks which represent different human organs or body parts (e.g. brain, lungs, digestive organs, etc.). Their response to electromagnetic features such as conductivity, electric and magnetic permittivity was obtained. In this case, the distribution of the electric field surrounding humans is given, as well as the values of the field which penetrates humans. In evaluating their results, a comparison was made between calculated values and the values obtained through the usage of adequate software solutions. Aliyu et al. (2012) worked on the Analysis of

Electromagnetic Pollution due to High Voltage Transmission Lines. The research work examined the field pollution from 132kV and 330kV lines in Bauchi/Gombo areas in Nigeria as the case study. The evaluation was based on the safety limits recommendations of ICNIRP. When the measurements were being carried out, Tri-field meter was used to measure the fields in the vicinity of the lines with horizontal distance ranging from 0 – 450 m and vertical distance of 1.5m. In the assessment, general public and occupational exposure levels from the power lines were sampled. For the general public, the highest magnetic flux density and electric field strength measured is 45 mG and 130 V/m which is 4.5 % and 2.6 % of the CNIRP, 1998 exposure limit. The highest magnetic flux density and electric field strength measured is 100 mG and 130 V/m respectively which correspond to 2 % and 1.3 % of the ICNIRP (1998) exposure limit for the occupational worker. The result showed that the measured fields are within the required safety limits.

Table 1: ICNIRP (1998, 2010) and Council for European Union (2004) exposure guideline

Exposure limits	Magnetic Field (μT)	Electric Field (V/m)
Public	100	5000
Occupational	500	10000

A. Electrical power transmission lines

Electrical Power Transmission Lines are wired conductors that carry electric power from generating plants to the substations that deliver power to customers.

B. Interaction of human body with electric and magnetic fields of power lines

Electric and magnetic fields generated by electric power transmission lines are harmful to the human body. Exposure to these fields causes damages to the body tissues. For the electric field generated, Ohm's Law relates the current density (J) and electric field (E) (ICNIRP, 1998) as shown in equation (1).

$$J = \sigma E \quad (1)$$

Rachedi et al. (2014) studied the behavior of the electric field exposure on human beings. They

observed that at certain distances human are mostly likely to experience these health treats: the ground (0 m), exposure of the heart (1, 5m) and brain exposure (1.8m).

3. Material and Method

In this section we present the materials and methods used to carry out this work.

A. Satellite imagery for the study area

Satellite imagery of high resolution were processed in ARCGIS environment to map out Oyo State from the map of Nigeria. Thereafter, Ibadan which is the study area was mapped out. Fig. 1a shows the map of the study area and the satellite imagery of power transmission lines in Ido local government area is shown in Fig. 1b.

B. Data acquisition and ground trothing

Primary and secondary data were collected for this work. Data that were retrieved from the field work include values of the electric field and GPS points where readings of the electric field were taken down at the power lines as shown in the study area, Fig. 1b.

C. Instrumentation systems for the research

The GPS coordinates (Longitude, Latitude and Height) of the spatial locations were obtained using satellite Global Positioning System (GPS) receiver with following characteristics; model GPSMAP 78 Series and error margin of 3 metres. GPS values of strategic ARCGIS environment were used to map Ibadan metropolis which is the study area of this work. The power lines along the residential areas were mapped out in a straight line and a buffering of 500 m was created along the power lines as shown in Fig. 3.

The electric field strength was obtained using a Field Test Meter with the following specifications: model 3120-EN-00 as shown in Fig. 2b and measuring capacity from 0.01 V/m to 1999.99 V/m. The electric field strength of strategic points were taken, such as at the infrastructure closest to the left and right side of the power line tower and GPS point under the power line tower itself. The secondary data were used to extract road network information and also to identify infrastructures that were located around the power lines in the study area. The number of infrastructures under power lines were obtained. The GPS device used is shown in Fig. 2a.

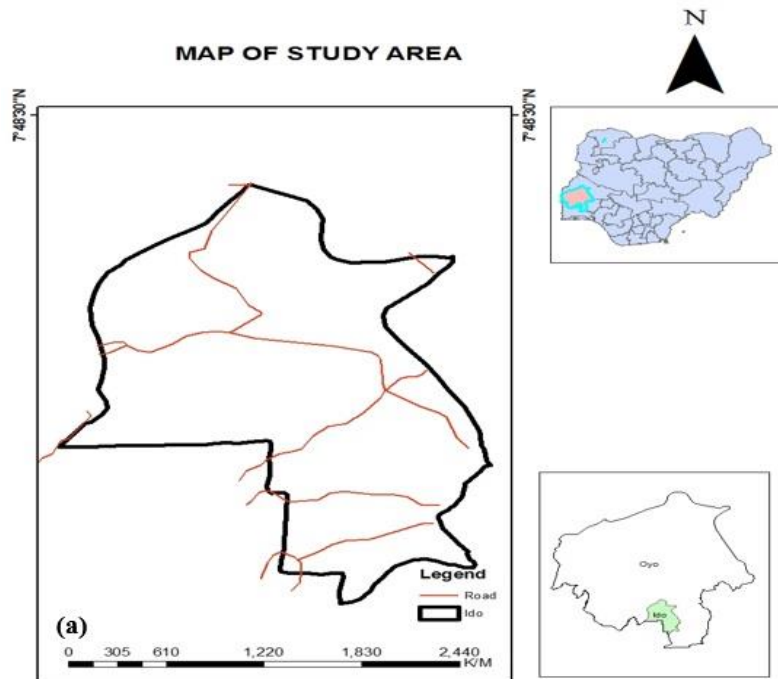




Figure 1: (a) Map of study area; (b) Satellite imagery of study area showing 330/220 kV Power Transmission Lines along Ibadan Metropolis.

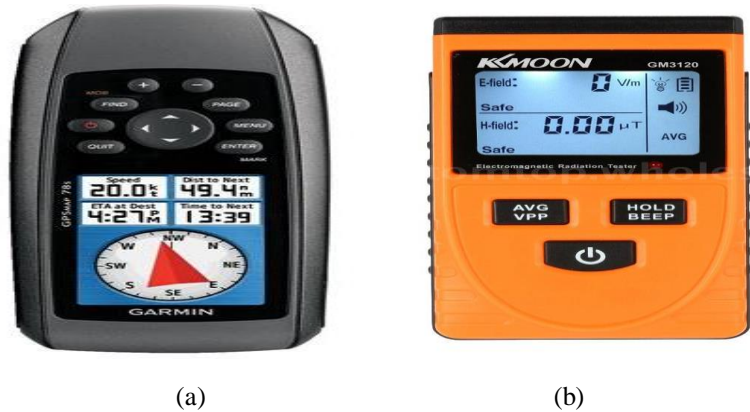


Figure 2: Measurement devices; (a) GPS Receiver (model GPSMAP 78 Series) and (b) Electromagnetic tester (Model 3120-EN-00)

Points were collected for infrastructure closest to the left and right side of the power line tower and under the power line tower itself. All measurements were taken at 1.04m from the ground surface. The measurements taken were recorded into a spread sheet on Microsoft Office Excel. The comparative analysis of the results of electric field strength at nearest infrastructure to right, left and under the tower were recorded into a spread sheet on Microsoft Office Excel. The waveforms for all the results were generated

using Microsoft Office Excel tools. After the distances have been recorded, a waveform of the spatial location's distance in metres to nearest Infrastructure from the 330 kVA transmission lines was plotted and another waveform showing the spatial location's distance (m) of nearest infrastructure from the 132 kVA transmission lines was plotted. A graph showing the frequency and percentage of different Infrastructure located close to power lines were plotted.

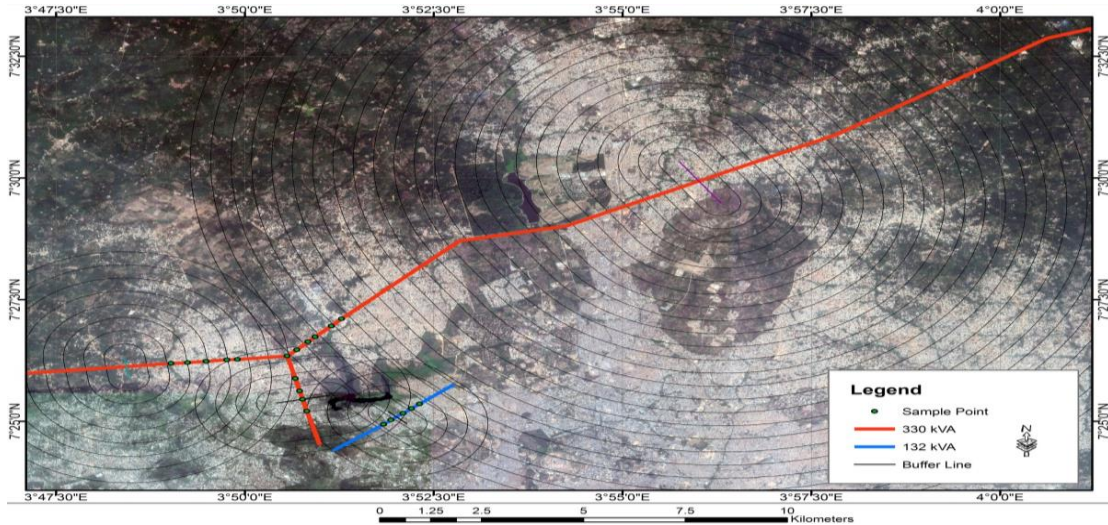


Figure 3: Buffering at 500 m along Ibadan Metropolis

D. Measurement of electric field from transmission line to infrastructure

The measurement of electric field strength under the transmission lines were taken with the electromagnetic tester, while that of the left and right side of the transmission line were taken with the use of gauss meter, and the corresponding GPS points of the tower were recorded. All measurements were taken at 1.04m from the ground surface.

The measurements taken were recorded into a spread sheet on Microsoft Office Excel. The comparative analysis of the results of electric field strength at nearest infrastructure to right, left and under the tower were recorded into a spread sheet on Microsoft Office Excel. The waveforms for all the results were generated using Microsoft Office Excel tools. After the distances have been recorded, a waveform of the spatial location’s distance in metres to nearest Infrastructure from the 330 kVA transmission lines was plotted and another waveform showing the spatial location’s distance (m) of nearest infrastructure from the 132 kVA transmission lines was plotted. A graph showing the frequency and percentage of different Infrastructure located close to power lines were plotted. The range of each point was calculated making the first GPS value where the reading started as the reference point (0 Ref. pt).

The range R was obtained using the equation (2):

$$R^2 = (x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2 \quad (2)$$

The ranges of each point were calculated with equation 3.1 using the first GPS value, where the reading started as the reference point. Therefore, from table 4.1, $x_A = 591775$, $y_A = 822236$, $z_B = 242$.

where A and B represent two points in the rectangular coordinate system and x , y and z represent the latitude, longitude and altitude (height) of the points. The measurements were recorded into a spread sheet on Microsoft Office Excel. Afterwards, waveforms were generated from the results on the table using Microsoft Office Excel tools.

E. Comparative analysis of the electric field based on standard and regulations

There are different regulatory standards on limits of human exposure to electric field resulting to the guidelines which state the minimum distance which an infrastructure can be located close to a power lines. The results of the electric field experienced were obtained and a comparative analysis of all the measurement of electric field strength recorded around the power line based on the guidelines of the Power Holding Company of Nigeria (PHCN), Lagos State Urban and Regional Planning (LSURP), Occupational Health and Safety Code (OHSC) and International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection guidelines (ICNIRP) was made. Furthermore, the waveforms to show the comparison were plotted.

Table 2: Percentage of compliance to regulations and standards

S/N	Organisation	Power Transmission Rating	Regulation and Standards	Compliance
1.	PHCN	330kVa	50 m pathway proximity	12.5%
2.	LSURP	330kVA	22.5m pathway proximity	56.85%
3.	OHSC	230kVA, 500kVA	5 – 7 m pathway proximity	78.12%

Table 3: Infrastructures under power lines

S/N	Infrastructure	Under Lines	Left to Lines	Right to Lines	Frequency	Percentage
1	Workshop/Shop	4	4	5	13	27.1
2	Church/Mosque	1	2	3	6	12.5
3	Crop Farm	1	0	0	1	2.1
4	House	0	12	11	23	47.9
5	Block Industry	2	0	1	3	6.2
6	School	0	0	2	2	4.2
					48	100%

Table 4: Results of electric field under transmission tower

Point on Ground surface	Electric field @ Infrastructure H_T (V/m)	Values of GPS @Towers			Range (m)	
		X_{UT} (N) Latitude	Y_{UT} (E) Longitude	Z_{UT} (m) Height	R_{UT} (m)	
1	1680	591775	822236	242	0(Ref. Pt)	
2	707	591517	822221	225	258.99	
3	2000	591009	822217	206	767.08	
4	2000	590562	822114	216	1219.4	
5	2000	590159	822086	202	1623.44	
6	2000	593186	821522	218	1581.55	
7	2000	593292	821047	220	1927.44	
8	2000	593368	820732	223	2190.9	
9	2000	593470	820286	204	2583.71	
10	2000	592986	822370	207	1218.89	
11	2000	594308	823779	210	2958.56	
12	2000	594061	823510	200	2617.37	
13	2000	593667	823099	207	2079.82	
14	2000	593494	822910	225	1846.49	
15	2000	593221	822604	216	1492.32	
16	934	595341	819790	206	4324.42	
17	679	595520	819955	208	4385.1	
18	48	595817	820208	193	4522.49	
19	2000	596019	820390	204	4628.25	
20	1070	596215	820563	207	4744.87	

The electric field generated closestis measured. In Tables 4, 5, 6 and 7, XUT, YUT and ZUT represent the values obtained with the GPS device under the tower. Where UT means under tower,

LT means left of the tower, RT means right of the tower and X, Y, Z represent the latitude, longitude and height respectively.

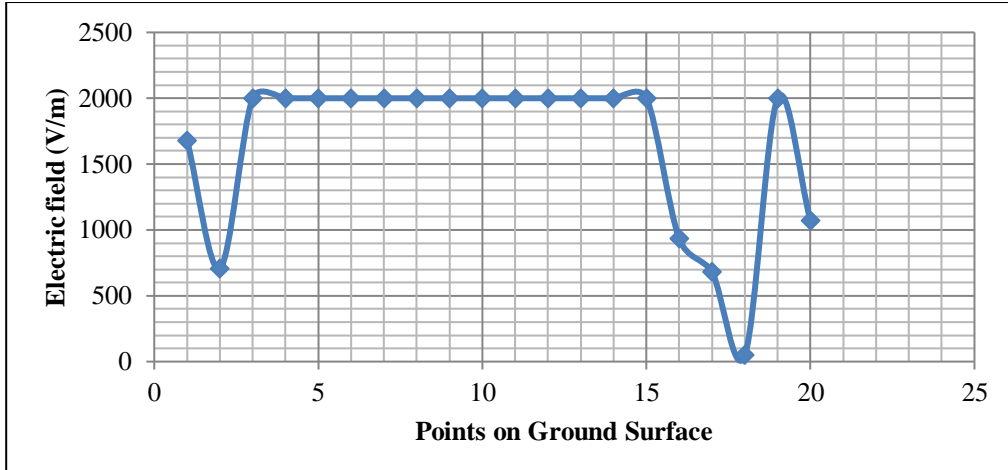


Figure 4: Waveform of the electric field strength under the transmission tower

Table 5: Results of electric field at nearest infrastructure to left side of tower

Point on Ground surface	Electric field H_{LT} (V/m)	GPS Values left side@ Towers			Range (m)	
		X_{LT} (N) Latitude	Y_{LT} (E) Longitude	Z_{LT} (m) Height	R_{LT} (m)	
1	379	591754	822285	241	0	
2	2000	591524	822251	225	233.04	
3	2000	591046	822210	210	712.64	
4	175	590548	822169	214	1211.87	
5	2000	590165	822113	204	1598.71	
6	2000	593194	821559	221	1612.79	
7	2000	593315	821063	218	1982.56	
8	1609	593380	820740	229	2242.99	
9	2000	593496	820292	203	2647.27	
10	2000	593016	822333	205	1263.43	
11	2000	594324	823762	210	2964.35	
12	2000	594088	823497	197	2630.29	
13	2000	593684	823076	212	2086.00	
14	2000	593502	822877	223	1845.61	
15	2000	593216	822578	215	1491.29	
16	0	595336	819804	204	4357.46	
17	-	-	-	-	-	
18	0	595817	820214	192	4560.64	
19	25	596015	820394	205	4661.90	
20	0	596212	820570	208	4776.62	

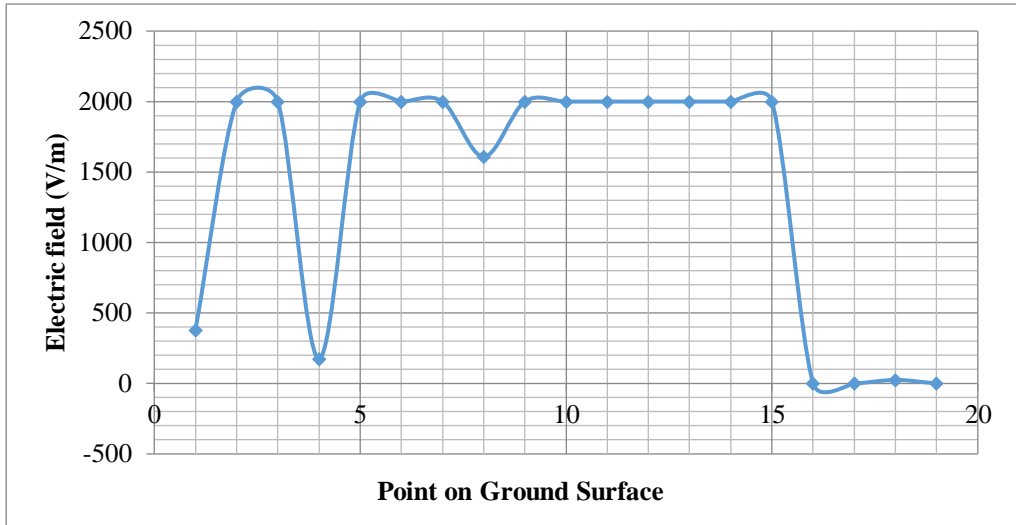


Figure 5: Waveform of the electric field strength the left side of transmission tower

Table 6: Results electric field strength at nearest infrastructure to right side of tower

Point on Ground Surface	Electric Field H_{RT} (V/m)	GPS Values at right side @ Towers			Range (m)
		X_{RT} (N) Latitude	Y_{RT} (E) Longitude	Z_{RT} (m) Height	R_{RT} (m)
1	2000	591756	822215	246	0(Ref. Pt)
2	0	591515	822185	223	243.95
3	2000	591041	822143	203	719.90
4	946	590553	822086	215	1219.74
5	2000	590234	822059	205	1539.23
6	2000	593156	821490	216	1576.87
7	2000	593270	821042	217	1773.35
8	2000	593341	820714	224	2183.05
9	2000	593458	820291	206	2569.08
10	2000	592979	822391	211	1236.10
11	2000	594289	823791	208	2983.50
12	2000	594044	823529	200	2638.87
13	2000	593646	823121	208	2096.30
14	2000	593474	822933	225	1862.11
15	2000	593212	822633	216	1515.11
16	0	595500	819964	208	4368.75
17	0	595500	819900	203	4402.11
18	0	595820	820202	192	4535.54
19	0	596037	820386	208	4655.50
20	0	596222	820559	211	4763.26

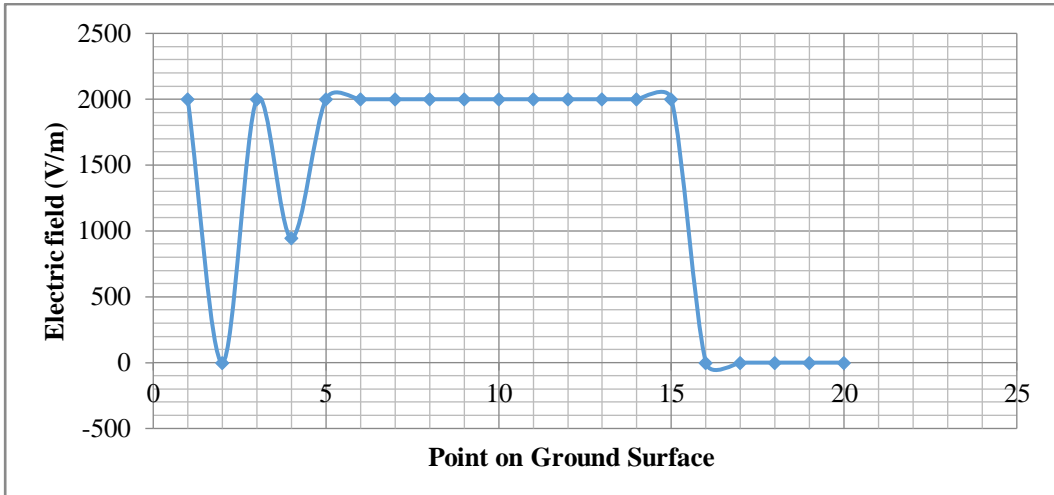


Figure 6: Waveform of the electric field strength @ the right side of transmission tower

Table 7: Comparative results of electric field strength at nearest infrastructure to right, left and under the tower

Point on Ground Surface	Electric Field			Range(m)		
	H _T (V/m)	H _{LT} (V/m)	H _{RT} (V/m)	R _{UT} (m)	R _{LT} (m)	R _{RT} (m)
1	1680	379	2000	0(Ref. Pt)	0(Ref. Pt)	0(Ref. Pt)
2	707	2000	0	258.99	233.04	243.95
3	2000	2000	2000	767.08	712.64	719.90
4	2000	175	946	1219.4	1211.87	1219.74
5	2000	2000	2000	1623.44	1598.71	1539.23
6	2000	2000	2000	1581.55	1612.79	1576.87
7	2000	2000	2000	1927.44	1982.56	1773.35
8	2000	1609	2000	2190.90	2242.99	2183.05
9	2000	2000	2000	2583.71	2647.27	2569.08
10	2000	2000	2000	1218.89	1263.43	1236.10
11	1344	2000	2000	2958.56	2964.35	2983.50
12	2000	2000	2000	2617.37	2630.29	2638.87
13	2000	2000	2000	2079.82	2086.00	2096.30
14	2000	2000	2000	1846.49	1845.61	1862.11
15	2000	2000	2000	1492.32	1491.29	1515.11
16	934	0	0	4324.42	4357.46	4368.75
17	679	0	0	4385.10	-	4402.11
18	48	0	0	4522.49	4560.64	4535.54
19	2000	25	0	4628.25	4661.90	4655.50
20	1070	0	0	4744.87	4776.62	4763.26

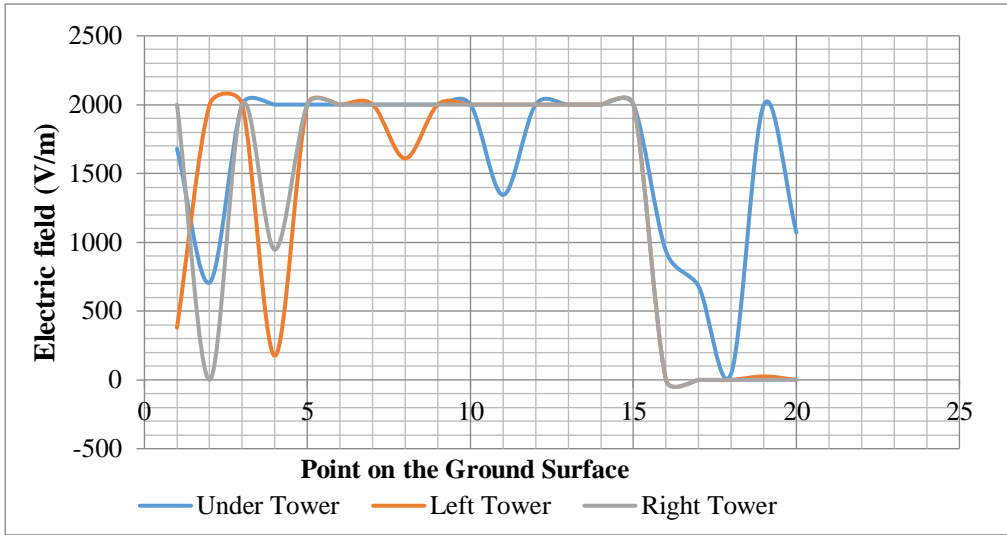


Figure 7: Comparative analysis of values of the electric field strength

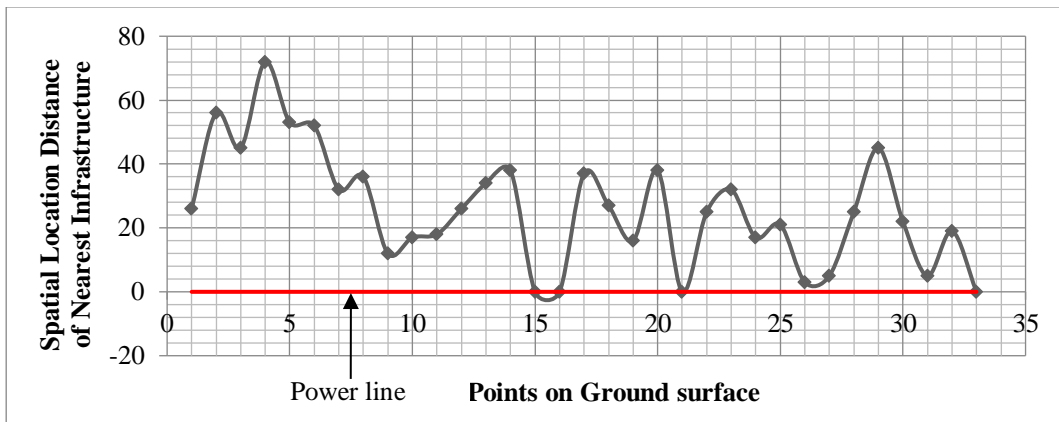


Figure 8: Spatial location's distance (m) of nearest infrastructure from 330 kVA transmission lines

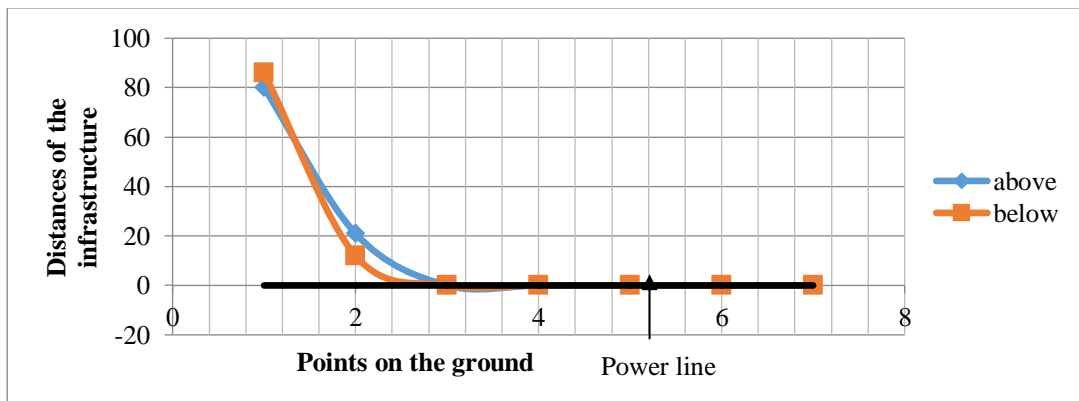


Figure 9: Spatial location's distance (m) of nearest infrastructure from 132 kVA transmission lines

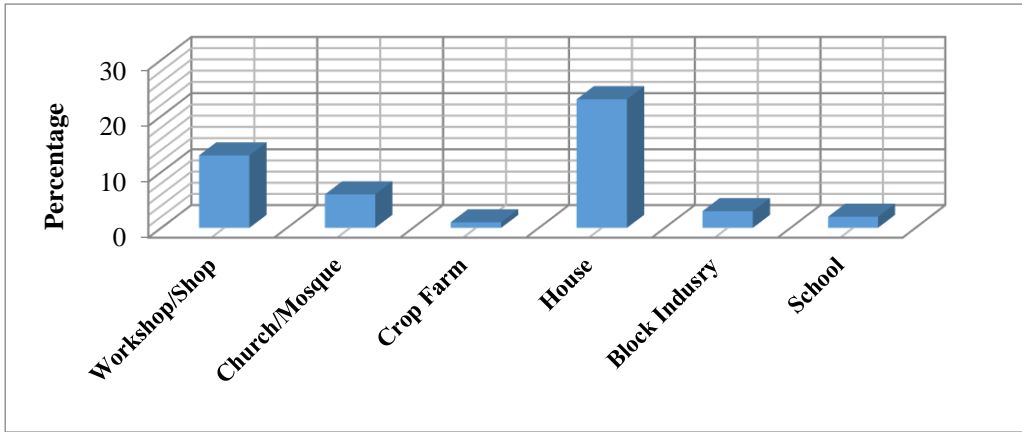


Figure 10: Percentage of the frequency of different Infrastructure located close to power lines

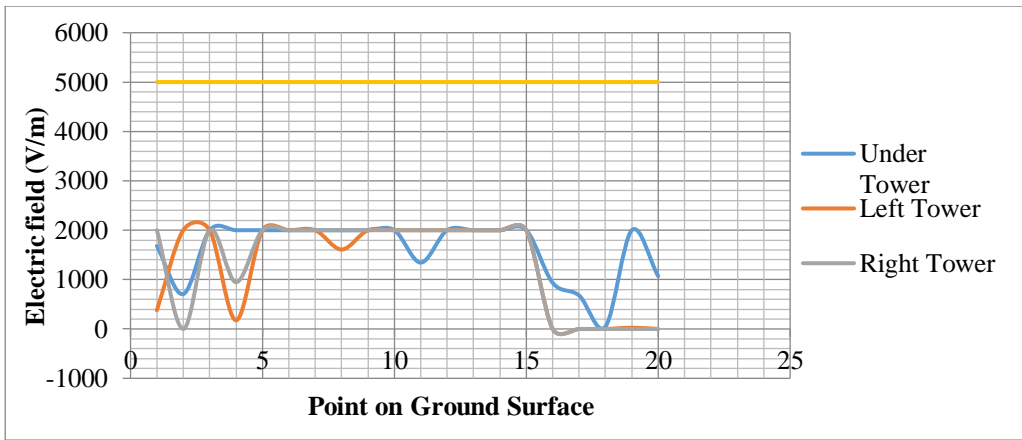


Figure 11: Comparative analysis of all the measurement of electric field recorded around the power line based on ICNIRP

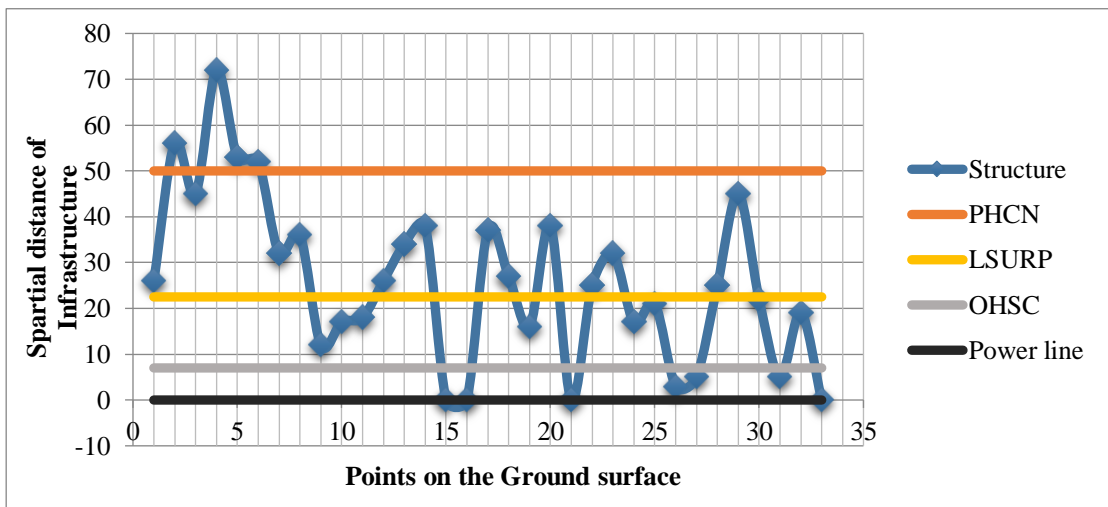


Figure 12: Comparative analysis of all the measurement of electric field recorded around the power line based on power standard and regulations

4. Results and Discussion

The results obtained from the experiment is shown in Tables (1-7), from the waveform plotted for the electric field strength values recorded under the tower at the left and right side of the tower, it was observed that the electric field strength is approximately 0 V/m at 132 kVA and higher at 330 kVA. Meanwhile, more infrastructure particularly residential houses, are located directly under the 132 kVA transmission power lines. Also, in comparison to the guidelines set by International Commission for Non – Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) on the exposure limit of human being to electric field, the results clearly showed that the values are still very low and in the safe limits of exposure. Lastly, it was observed that many infrastructures violate the minimum distance given for buildings to be situated near the electric power line. The results obtained within the study area indicate that 12.5% infrastructure complied with the PHCN regulations, 56.85% complied with Lagos State Urban and Regional Planning regulations and 78.12% complied with Occupational Health and Safety Code (OHSC) regulation. The summary of the data collected is shown in Tables 4, 5, 6 and 7 respectively. The percentage of compliance of our obtained results to the regulations and standards of the PHCN, LSURP and OHSC are shown in Table 2, the data obtained for the electric field under the transmission tower is shown in Table 4 and its waveform is shown in Fig. 4, while that of the electric field of the nearest infrastructure to left side of tower is shown in Table 5 and its waveform is shown in Fig. 5. The electric field strength of the nearest infrastructure to right side of tower is shown in Table 6 and the waveform is shown in Fig. 6. Comparison of the results of electric field strength at nearest infrastructure to right, Left and Under the Tower is given in Table 7 and the waveform is shown in Fig. 7. The Spatial Location's Distance (m) of Nearest Infrastructure from the 330 kVA Transmission Lines and from 132kVA are shown in Fig. 8 and Fig. 9 respectively. The number of infrastructures under power lines is shown in Table 3. The plot of the percentage of the frequency of different Infrastructure located close to power lines is shown in Fig. 10 obtained from the result of Table 3. Comparative analysis of all the measurement of electric field recorded around the Power line based on Power Standard and Regulations such as PHCN, LSURP and OHSC is represented in Fig.

12 while the plot of the comparison based on the ICNIRP standard is shown in Fig. 11.

5. Conclusions

In this paper, the magnitude of electrical field pollution in the vicinity of 132 kV and 330 kV have been analyzed for the general public and also the occupational exposure using ICNIRP, 1998 standard and the regulations of the PHCN, LSURP and OHSC. The analysis showed that 12.5% of the infrastructure complied with the PHCN regulations, 56.85% complied with Lagos State Urban and Regional Planning (LSURP) regulation and 78.12% complied with Occupational Health and Safety Code (OHSC) regulation. These results are compared with the ICNIRP standard.

Acknowledgements

Authors wish to acknowledge the support provided by the Department of Electronic and Electrical Engineering and the National Space Research and Development Agency, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Osun State, Nigeria.

References

- Aliyu, O., I., Ali, H. (2011). Analysis of Magnetic Field Pollution due to 330kva and 132kva Transmission Lines, Abubakar Tafawa Balewa University Bauchi, Nigeria Journal of Technology and Educational Research, 4(20), 87-93
- Aliyu, O., Maina, I., Ali, H. (2012). Analysis of Electromagnetic Pollution due to High Voltage Transmission Lines, Journal of Energy Technologies and Policy, 2(7). 1-10.
- Anderson, J. G., Short, T. A. (1993). Algorithms for calculating of lightning induced voltages on distribution lines," in IEEE Transactions on Power Delivery, 8(3), 1217-1225.
- Baker, P. H. (1974). Urbanization and Political Change: The Politics of Lagos, London: University of California Press, 1917-1967.
- Glover, J. D., Sarma M. S., Overbye T. (2012). Power System Analysis & Design, 5th Edition, Scamford, USA: Cengage Learning.

- ICNIRP (1998). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields "Quantities and Units" p. 495.
- James, D. D. (2017). A Gestalt Aether Theory on the Nature of Light and Related Phenomena: A New Physics, Education Publishing, p. 350.
- Olamiju, I. O., Oyinloye, M. A. (2015). Characteristics and Vulnerability of Houses under Overhead High-Tension Powerline in Akure, Nigeria, *World Environment*, 5(3), 121-133.
- Petkovic, D. M., Krstic, D. D., Stankovic, V. B. (2006). The Effect of Electric Field on Humans in the Immediate Vicinity of 110 kVA Power Lines. *Facta Universitatis-Series: Working and Living Environmental Protection*, 3(1), 63-72.
- Rachedi, B. A., Babouri, A., Berrouk, F. (2014). A Study of Electromagnetic Field Generated by High Voltage Lines using COMSOL MULTIPHYSICS," *International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM)*, Tunis, pp. 1-5.
- Semat, H., Katz, R. (1958). *Physics, Chapter 29: The Magnetic Field*, Robert Katz Publications, p. 153.

The Effect of Elevated Temperature on the Lightweight Concrete Produced by Expanded Clay Aggregate and Calcium Aluminate Cement

K. Akçaözöğlü^{1*}, S. Akçaözöğlü¹

Abstract: In this study, the influence of elevated temperature on the physical and mechanical properties of concrete produced by expanded clay aggregate and calcium aluminate cement (CAC) was investigated. For this purpose three different mixture were prepared. First mixture was produced by using ordinary Portland Cement (OPC) and natural aggregate. Second mixture was prepared by OPC and expanded clay aggregate. Third mixture was produced by using CAC and expanded clay aggregate. The water-cement (w/c) ratio used in the mixtures was set at 0.50. The concrete specimens were heated in an electric furnace up to 200, 400, 600, 800 and 1000 °C and kept at these temperatures for one hour. Two cooling regimes (slow and fast) were used. The residual compressive strength, weight loss, water absorption and porosity ratio and ultrasonic wave velocity values of the specimens were measured. The test results show that exposing to elevated temperatures adversely affected the mechanical and physical properties of the specimens containing OPC and natural aggregate. However, the lightweight concretes produced by expanded clay aggregate demonstrated better performance. Fast cooling (FC) method caused significant strength losses than slow cooling (SC) method.

Keywords: Elevated temperature, expanded clay aggregate, calcium aluminate cement, lightweight concrete, compressive strength

1. Introduction

One of the most important physical deterioration processes that influence the strength and durability of concrete structures is high temperature (Aydin, 2008; Huang et al., 2017). High temperature may cause permanent damage in the structures; consequently, the building which is exposed to high temperature may be out of service (Khoury and Majorana, 2003). Concrete is a fire resistant material because of its properties such as being a non-flammable material, is not important damaged for a certain period and doesn't remove toxic fumes in high temperature (Li and Ding, 2003). However, this durability is valid for a limited period and certain temperatures (Kızılkant and Yüzer, 2008). High temperature causes a decrease in compressive strength of concrete significantly. This effect changes depending on various factors. The factors that influence the strength of concrete upon heating are mainly grouped as material and environmental factors. Material factors such as

type of aggregate, properties of cement paste, the adhesion of aggregate and cement paste and thermal incompatibility between components of the composite influence the strength of concrete at high temperatures. On the other hand, environmental factors including heating rate, duration of exposure to maximum temperature, cooling rate, loading conditions and moisture regime, which are also important for the behavior of concrete composites at high temperatures (Khoury, 1992; Ahmed et al., 1992; Sarshar and Khoury, 1993; Chan et al., 2000; Cülfik and Özturan, 2002; Tanyıldızı and Coşkun, 2008).

The physical and chemical properties of concrete change after exposed to high temperatures. High temperatures, in general, cause deterioration in properties of concrete such as compressive strength, flexural strength, modulus of elasticity and bond with reinforcement (Lau and Anson, 2006). When concrete is exposed to high temperatures, the free water in the pores and some

¹ Nigde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, 51240, Nigde, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı): ozoglu@ohu.edu.tr

Citation (Atıf): Akçaözöğlü, K., Akçaözöğlü, S. (2017). The Effect of Elevated Temperature on the Lightweight Concrete Produced by Expanded Clay Aggregate and Calcium Aluminate Cement. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1 (2): 59-70.

chemically bonded water in the hydrated cement paste are released and large amount of energy is consumed (Othuman and Wang, 2011; Jang et al., 2016; Mohammadhosseini and Yatim, 2017). Free water evaporates at around 100 °C and is completely removed at 120 °C. Above approximately 150 °C, the water chemically bound in hydrated calcium silicate begins to move away with a peak rate of loss at 270 °C (Hertz, 2005; Othuman and Wang, 2011; Al-Sibahy and Edwards, 2012). Because of the difference between the coefficients of thermal expansion of the cement paste and aggregate, thermal stresses are induced between the expanding aggregate and shrinking cement paste. The induced stress causes fractures on the interfacial bond between the aggregate and the surrounding cement paste this situation results in strength loss of concrete specimens (Cülfik and Özturan, 2010). The propagation of micro-cracks begins after 300 °C and mechanical strength and thermal conductivity decrease at this stage, with some associated expansion taking place (Hertz, 2005; Demirel and Keleştemur, 2010). Between 400 °C and 600 °C, complete desiccation occurs and crystals of calcium hydroxide decompose into their original components (calcium oxide and water). At this stage concrete becomes quite weak (Go et al., 2010). Above 600 °C, further decomposition of hydrated calcium silicate takes place and spalling is observed. The cement paste turns into a glassy phase above 1150 °C (Al-Sibahy and Edwards, 2012).

One of the most effective approaches to increase the duration of fire resistance is using lightweight concrete for producing structural elements. Since the lightweight aggregate is a product of high temperate sintering which results in more internal holes inside the aggregate, lightweight concrete has a better thermal stability, lower thermal conductivity and lower thermal expansion coefficient than normal weight concrete (Topçu, 1997; Go et al., 2010). Because of their high density and lower permeability normal weight concrete has a greater tendency toward explosive spalling than lightweight concrete at high temperatures (Al-Sibahy and Edwards, 2012).

The most common way to produce lightweight concrete is using lightweight aggregate. One of the lightweight aggregate which has high strength is expanded clay aggregate (Köksal et al., 2012; Ahn et al., 2016; Ahmmad et al., 2017). Expanded clays are spherically shaped beads with variable

granulometry, showing a vitrified morphology. The beads are fragile and hard with closed internal micro cavities that influence the thermal insulating properties.

Calcium aluminate cement (CAC) is versatile special cement advantageously used in numerous specific applications, such as manufacturing of monolithic refractories, foundries, furnaces and fireplaces, rapid repair mortars, ceramic adhesives and sealing materials (Scrivener et al., 1999; Öztürk, 2008; Neven, 2010). The main special properties of CAC are rapid strength development, good resistance to sulfates, enhanced resistance to abrasion and ability to withstand repeated heating up to high temperatures (Scrivener, 2003; Juenger et al., 2011). It develops about 80% of its ultimate strength after only 24 h of beginning of the hydration (Ewais et al., 2009). Due to the rapid hydration property, CAC is useful for low temperature applications (Fernandez-Carrasco et al., 2005). The most important feature of CAC is capability to withstand high temperatures up to 1600-2000 °C depending on the type and content of impurities in it (Girgis et al., 2000; Scrivener, 2003; Fernandez-Carrasco et al., 2005).

2. Materials

Ordinary Portland cement CEM I 42.5 R (OPC) conforming to TS EN 197/1 (2012) and Calcium aluminate cement (CAC) conforming to TS EN 14647 (2010) specifications were used as binder in the mixtures. The 28-day compressive strength of OPC according to TS EN 196-1 (2009) was 49.7 MPa. And the 24-hours compressive strength of CAC was 78 MPa. Physical properties and chemical oxide compositions of OPC and CAC are presented in Table 1 and Table 2, respectively.

Table 1. Physical properties of OPC and CAC

Cement type	Specific weight (g/cm ³)	Specific surface area (cm ² /g)	Setting times (min)	
			Initial	Final
OPC	3.10	3670	143	200
CAC	3.25	3100	235	255

Table 2. Chemical properties of OPC and CAC

Oxide (%)	OPC	CAC
SiO ₂	19.48	3.77
Al ₂ O ₃	5.06	40.27
Fe ₂ O ₃	2.47	16.68
CaO	62.46	36.40
MgO	2.94	0.62
SO ₃	3.60	0.02
K ₂ O	0.72	-
Na ₂ O	0.54	0.07
LOI	3.66	0.30

Natural aggregate and expanded clay aggregate were used in the mixture for experimental studies. Uncrushed, quartzitic natural sand with maximum

size of 4 mm and crushed basaltic coarse aggregate with maximum size of 8 mm in accordance with TS 706 EN 12620+A1 (2009) were used as natural aggregate. The specific weights of fine and coarse aggregates at saturated surface dry condition were 2.48 g/cm³ and 2.56 g/cm³, respectively. The water absorption values of fine and coarse aggregates were 4.1% and 1.7%, respectively. In addition, 780 lt 1/8 mm and 0/2 mm expanded clay aggregate which was supplied from Liapor was used to prepare one cubic meter of concrete mixture. The dry specific weight and water absorption values of expanded clay aggregate were 0.43 g/cm³ and 20.1% respectively. The grading of aggregates is presented in Table 3 with the standard specification.

Table 3. Aggregate grading with standard limits

Sieve size (mm)	Passed (%)				
	TS 706 EN 12620 + A1			Aggregate used	
	Lower limit	Medium limit	Upper limit	Natural	Expanded clay
16	100	100	100	100	100
11.2	98	99	100	100	100
8	85	92	99	97	98
4	62	75	88	65.5	73.3
2	40	56	72	48.5	42.5
1	23	39	55	30.8	25.5
0.5	13	26	38	16.1	16.7
0.25	7	15	22	9.0	12.9
0.125	3	8	12	5.5	6.5
0.63	1	3	5	2.1	3.2

Polycarboxylic ether based super plasticizer (SP) according to TS EN 934-2 (2011) was used to improve workability of the mixtures. The specific weight of super plasticizer was 1.142 g/cm³.

3. Mixture Properties and Testing Methods

Three mixtures were prepared for experimental studies. OPC and natural aggregate were used together in M1 mixture, OPC and expanded clay aggregate were used in M2 mixture and CAC and expanded clay aggregate were used in M3 mixture. M1 mixture which was considered as reference mixture was designed with according to absolute volume method given by TS 802 (2009). In M2 and M3 mixtures, expanded clay aggregates were pre-wetted, and then used in the mixtures. The water-cement (w/c) ratio used in mixtures was chosen as 0.50. Cement content was kept constant

for per cubic meter as 400 kg/m³. For each concrete mixture of a cubic meter, approximate concrete composition is presented in Table 4.

Table 4. Approximate concrete composition for a cubic meter (kg/m³)

Mixture	Cement		Natural aggregate		Expanded Clay		Water	SP
	OPC	CAC	Coarse Aggregate	Fine Aggregate	HD 0/2	HD 1/8 (5N)		
M1	400	-	562	1066	-	-	200	1,84
M2	400	-	-	-	355	600	200	4,88
M3	-	400	-	-	355	600	200	4,88

Cubic specimens with a 71 mm side were cast and fresh unit weights of the specimens were measured. They were de-molded after 24 hours and then cured in lime saturated water at 20±2 °C until the time of the compressive strength tests. In addition, the specimens which would be exposed to the elevated temperatures were cured in lime saturated water at 22±2 °C for two months. Afterwards they were cured in laboratory at 22±2 °C and 45±5 % relative humidity conditions for two months.

The six specimens were prepared for each mixture to perform compressive strength and ultrasonic wave velocity tests after elevated temperature. The specimens which were cured in laboratory for two months were placed in an electric furnace in which temperature was increased to 200, 400, 600, 800 and 1000 °C at a rate of 8 °C/min, and they were kept at desired temperatures for one hour. At the end of one hour the specimens were cooled in two regimes. Three specimens were left in the laboratory conditions for slow cooling (SC) in air and the other three specimens were left in the water for fast cooling (FC). After the cooling period, the compressive strength and ultrasonic wave velocity tests were carried out on the specimens. In addition, three unheated control specimens were used for comparison purpose.

The six specimens were used for the weight loss and water absorption and porosity ratio measurements. The curing conditions and the temperature values were similar to compressive strength tests. However, these specimens were dried at 105 °C before exposure to high temperatures due to lose of the moisture in the specimens completely.

The compressive strength of concrete specimens was measured according to TS EN 12390-3 (2010). Experiments were carried out at uniaxial compression instrument with a capacity of 3000 KN and loading rate was 0.5 MPa/s. The compressive strength tests were carried out on two

groups of specimens. The first group specimens were tested at 3, 7, 28, 90, 180 and 360 days. The second group specimens were tested after exposed to elevated temperatures. Three specimens were used at compressive strength measurement for each mixture and age. And the average of three measurements of specimens was presented and discussed in the study.

The ultrasonic non-destructive digital tester with a precision of 0.1 µs was used in order to measure ultrasonic wave velocity values of specimens which were exposed to the elevated temperatures. A transducer was used with a vibration frequency of 55 kHz. Sound transit times (t, µs) of concrete specimens were measured with through transmission technique according to ASTM C 597-09 (2009). Average of two readings was measured for each specimen and ultrasonic wave velocity values (Vs, km/s) were calculated.

The water absorption and porosity ratios of the specimens which were subjected to the high temperatures were measured according to TS 3624 (1981). In addition, the weights of the specimens before and after exposed to high temperatures were measured to determine the weight losses of the specimens. The test results were interpreted by comparing to each other.

4. Results and Discussion

4.1. Unit weight

The unit weights of fresh M1, M2 and M3 mixtures were 2320, 1510 and 1520 kg/m³, respectively. The air dry unit weights of all specimens decreased due to the evaporation of free water. The 90-day air dry unit weight values of the mixtures were 1920, 1150 and 1170 kg/m³ for M1, M2 and M3 mixtures, respectively. The average specific gravities at saturated surface dry condition of the M1, M2 and M3 mixtures were 2.0 g/cm³, 1.32 g/cm³ and 1.35 g/cm³, respectively. The dry unit weights of the M2 and M3 mixtures were

lower than 1850 kg/m³; in other words, they were within the limits of unit weight values specified at ACI 213R-14 (2014) for structural lightweight concrete.

4.2. Compressive strength

The compressive strength values of specimens are presented in Figure 1. The compressive strengths of all specimens increased depending on time. The 28-day compressive strength of M1 mixture produced by natural aggregate was 58.5 MPa. The compressive strength values of M2 and M3 mixtures produced by expanded clay aggregates were 31.1 and 28.8 MPa, respectively. Expanded clay aggregate caused the decrease of compressive strength values of the specimens. However, M2 and M3 mixtures were considered as structural lightweight concrete, since their 28-day compressive strength values were higher than 17 MPa (ACI 213R-14, 2014).

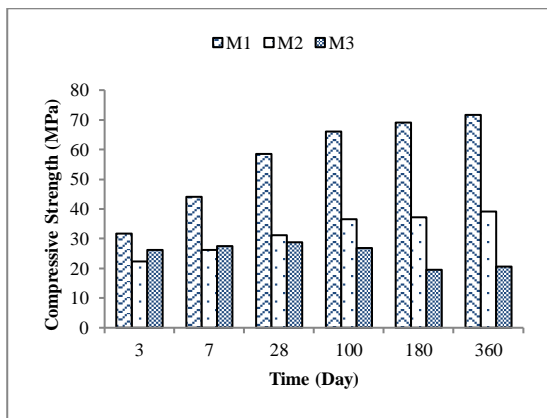


Figure 1. Compressive strengths of specimens (MPa)

It can be seen from Fig. 1 that the compressive strengths of M1 and M2 mixtures (containing OPC) increased rapidly up to 28 days. However, after 28 days the speed of compressive strength developments of these mixtures slowed down.

M3 mixture (containing CAC binder) exhibited more rapid initial strength development than the others. M3 mixture reached approximately 91% of its 28-day compressive strength at 3 days. One of the most important characteristics of CAC is rapid strength development. It develops about 80% of its ultimate strength after only 24 h of beginning of the hydration (Scrivener, 2003; Ewais et al., 2009)

However, the compressive strength values of M3 mixture showed a slight decrease after 28 days. It was stated in the literature that due to the temperature and humidity, deterioration is observed at CAC concretes depending on time. The hydrated products are reacted at about 25 °C and humidity conditions and decomposed. As a result of these reactions water releases and pores occurs in concrete. This situation may cause a reduction (about 40%) in strength (Postacıoğlu, 1986).

4.3. Residual compressive strength

The concrete specimens were exposed to the temperatures at 200, 400, 600, 800 and 1000 °C to determine the effect of elevated temperature on the compressive strength of the specimens. The residual compressive strengths of SC and FC concrete specimens are presented in Table 5 and Table 6, respectively. The relative reduction values at residual compressive strengths of mixtures compared to the original strengths before heating are given in parentheses.

Table 5. The residual compressive strengths of slow cooled (SC) mixtures (MPa)

Mixture	Compressive strengths of SC (MPa)					
	22 °C	200 °C	400 °C	600 °C	800 °C	1000°C
M1	79.1	66.5 (84%)	62.4 (79%)	48.1 (61%)	27.6 (35%)	*
M2	39.9	35.2 (88%)	32.2 (81%)	26.9 (67%)	18.5 (46%)	10.6 (27%)
M3	25.0	17.6 (70%)	14.1 (56%)	12.6 (50%)	10.6 (42%)	9.4 (38%)

*disintegrated

Table 6. The residual compressive strengths of fast cooled (FC) mixtures (MPa)

Mixture	Compressive strengths of FC (MPa)					
	22 °C	200 °C	400 °C	600 °C	800 °C	1000°C
M1	79.1	60.9 (77%)	51.5 (65%)	43.3 (55%)	22.7 (29%)	*
M2	39.9	33.6 (84%)	29.6 (74%)	23.2 (58%)	13.9 (35%)	9.2 (23%)
M3	25.0	16.2 (65%)	13.3 (53%)	11.7 (47%)	10.2 (41%)	9.3 (37%)

*disintegrated

The compressive strength values of M1, M2 and M3 mixtures were 79.1, 39.9 and 25.0 MPa, respectively at 22 °C. These values decreased depending on increasing temperature. At 600 °C, the residual strengths of slow cooled M1 and M2 mixtures were over 60% of the strengths measured at room temperature. M3 mixture showed approximately half of the strength of the mixture at 22 °C. When the temperature rised up to 800 and 1000 °C, the strength losses occurred in the mixtures increased significantly. The reason of this situation can be explain by decomposition of C-S-H gel (Lin et al., 1996; Xu et al., 2001). M1 mixture completely disintegrated at 1000 °C. It was stated in the literature that the residual strength of lightweight concrete after fire decreases from 100% to 40% as a result of increasing the temperature from 500 to 800 °C (Kong et al., 1983). In this investigation, the residual strengths of M2 and M3 mixtures (considered as lightweight concretes) at 800 °C were approximately 40% of initial strengths.

Cooling regimes significantly influences residual properties of concrete, such as compressive strength, splitting tensile strength, and fracture energy (Peng et al., 2008). The experimental results indicated that FC specimens exhibited similar behavior to SC specimens. However, the decreasing tendency at compressive strength was observed more significant at FC specimens than SC specimens for M1 and M2 mixtures. This result may be explained as follows. Free calcium hydroxide is turned into CaO (quick lime) by losing water over 400-500 °C. When CaO contacts with water, it rehydrates to form Ca(OH)₂ and this results in volume extension. (Sarshar and Khoury, 1993; Aydın, 2008). FC in water causes a denser pore structure in concrete than SC. This may be attributed to the re-hydration of the constituents resulting from decomposing of concrete at high temperatures (Khoury, 1992). In addition, due to the formation of crack which is occurred as a result of instantaneous temperatures changes at the FC method, residual compressive strength of FC

specimens is lower than SC specimens (Bilim, 2011).

The difference between the strength values of FC and SC specimens was not significant at M3 mixture. Because the hydration reaction of OPC results mainly in formation of C-S-H and Ca(OH)₂. Unlike OPC, there is no Ca(OH)₂ in hydration products of CAC (Kırca, 2006; Öztürk, 2008). Therefore, M3 mixture was less effected from FC methods than M1 and M2 mixtures.

4.4. Weight loss

The weight loss values of the specimens are presented in Table 7. In this investigation, the weights of the specimens decreased depending on increasing temperatures as similar to compressive strength values. The evaporation of free, hydrate and capillary water in the structure of the specimens exposed to the elevated temperatures causes to decrease in the unit weight of specimens (Topçu and Demir, 2007). In addition, the structural integrity of the specimens deteriorates as confirmed by the increase in weight reduction by increasing temperature (Demirel and Keleştemur, 2010; Andıç Çakır and Hızal, 2012).

Table 7. Weight loss of the specimens after exposure to elevated temperatures (%)

Mixture	200 °C		400 °C		600 °C		800 °C		1000°C	
	SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC
M1	0.15	0.59	1.47	0.71	2.56	1.06	3.98	2.25	*	
M2	0.13	0.40	1.74	0.55	3.45	0.96	4.11	1.30	6.60	4.69
M3	0.15	0.39	2.11	0.76	3.63	1.19	4.65	1.67	7.28	3.01

*disintegrated

The weight losses of FC specimens were higher than SC specimens at 200 °C. However, opposite situation was observed at 400-1000 °C. This result could be attributed that a small amount of water was remained in the pores of the specimens while the process of FC in water.

4.5. Water absorption and porosity ratios

Pore structure influences the strength of cement paste significantly, which is critical to the performance of the concrete as a whole. A coarsening of the pore size at elevated temperatures could result in a strength reduction (Houry, 1992; Chan et al., 2000).

The water absorption and porosity ratios of the mixtures at elevated temperatures are presented in Table 8 and Table 9, respectively. In general, the water absorption ratios of M2 and M3 mixtures were higher than M1 mixture. It is stated in the literature that lightweight concrete absorbs more water than normal concrete and the water absorption ratio of lightweight concrete is between 12–22% (Akçaözöğlü et al., 2013). In this investigation the water absorption ratios of the M1, M2 and M3 mixtures at room temperature were 5.51%, 13.6% and 13.4%, respectively. The water absorption values of M2 and M3 mixtures were found to be within the water absorption limits of lightweight concrete.

Table 8. Water absorption ratios of the specimens after exposure to elevated temperatures (%)

Mixture	22 °C	200 °C		400 °C		600 °C		800 °C		1000°C	
		SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC
M1	5.51	6.1	6.2	6.2	6.6	8.8	7.0	10.1	8.1	*	
M2	13.6	13.6	13.9	14.7	15.1	18.8	16.0	20.8	17.6	19.9	19.8
M3	13.4	13.5	13.4	14.8	14.9	19.9	16.0	20.9	17.1	21.0	16.9

*disintegrated

Table 9. Porosity ratios of the specimens after exposure to elevated temperatures (%)

Mixture	22 °C	200 °C		400 °C		600 °C		800 °C		1000°C	
		SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC
M1	11.0	12.1	12.8	13.2	13.9	19.3	16.4	22.6	18.9	*	
M2	17.8	18.9	19.1	20.0	19.8	27.0	24.4	32.4	28.2	39.9	38.5
M3	26.8	27.6	27.8	30.4	28.3	33.8	30.0	36.0	33.9	39.3	35.3

*disintegrated

The water absorption ratios of the mixtures increased depending on increasing temperature. The increasing tendency of M1 mixture was more significant than M2 and M3 mixtures. This situation was parallel to porosity ratios of the mixtures. Porosity ratios of the mixtures increased

with an increase in temperature because of the processes of the decomposition of hydration products. It is stated in the literature that cement gel begins to dehydrate at approximately 180 °C and Ca(OH)₂ in cement paste decomposes at approximately 500 °C, and so on (Chan et al.,

2000). In general water absorption ratios of SC and FC mixtures were close to each other and similar situation was observed at porosity values of the specimens.

4.6. Ultrasonic pulse velocity (UPV)

UPV propagation speed in a material depends on the porosity of that material; therefore, it depends on the density and elastic properties (Topçu, 2006). While the compactness and density of concrete decreases, the UPV and strength of concrete decreases together.

The effect of elevated temperature on the porosity of specimens was evaluated by ultrasound measurements carried out in the research. The

effects of elevated temperatures over the range of 22 °C-1000 °C on the UPV of the mixtures are presented in Table 10. The UPV values of expanded clay aggregate specimens (M2 and M3) were lower than M1 at 22 °C. This situation was parallel to unit weight values of the mixtures. Using expanded clay aggregate in the specimens caused to reduction at unit weights due to the more porous structure, therefore UPV of these specimens decreased. This situation was observed as similar at 200 °C, 400 °C and 600 °C. However, UPV values of M2 and M3 mixtures were higher than M1 mixture at 800 °C. Because M1 mixture produced with natural aggregate was more affected from high temperature than M2 and M3 mixtures.

Table 10. UPV of the specimens after exposure to elevated temperatures (km/s)

Mixture	22 °C	200 °C		400 °C		600 °C		800 °C		1000°C	
		SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC	SC	FC
M1	4.56	4.44	4.64	3.66	4.06	2.34	3.77	1.27	2.39	*	
M2	3.59	3.42	3.57	3.13	3.36	2.31	3.34	1.97	2.73	1.67	1.81
M3	3.42	3.04	3.13	2.56	2.69	2.19	2.53	1.94	2.31	1.91	2.15

*disintegrated

Neville and Brooks (1987) reported that the UPV of a good quality concrete should be between 4.1-4.7 km/s for traditional concretes. The UPV value measured at room temperature of M1 mixture was between these values (4.56 km/s). Since M2 and M3 mixtures were considered as lightweight concrete, their UPV values were lower than these values, however their values were appropriate grades (3.59 and 3.42 km/s, respectively).

Exposing elevated temperatures adversely affected the mixtures. The UPV values of the specimens decreased depending on increase in temperature. Increasing temperature caused increasing pore structures of the specimens and evaporating the water in their structure caused weight loss and additional porous structures. This situation caused to decrease ultrasonic wave velocity values of the mixtures (Topçu and Demir, 2007; Demirel and Keleştemur, 2010). The UPV values of the FC specimens were higher than SC specimens at all temperatures. It is thought that a small amount of water was remained in the pores of the specimens while the process of FC in water.

In this investigation, a linear relationship was observed between UPV and porosity ratios of specimens at all temperatures (Fig 2-3). The correlation coefficients of relationships for SC and FC specimens were over 0.89 and 0.82, respectively. While the porosity ratios of specimens increased, the UPV of specimens decreased.

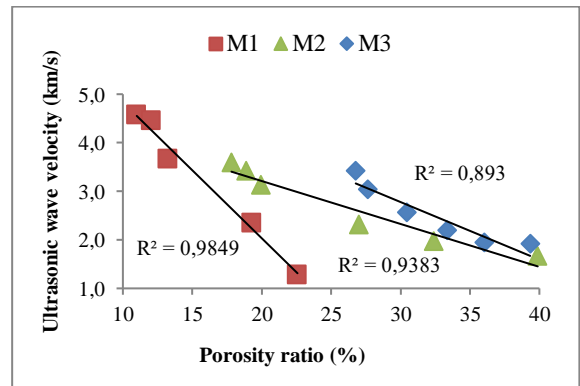


Figure 2. The relationship between the UPV and porosity ratios of SC specimens

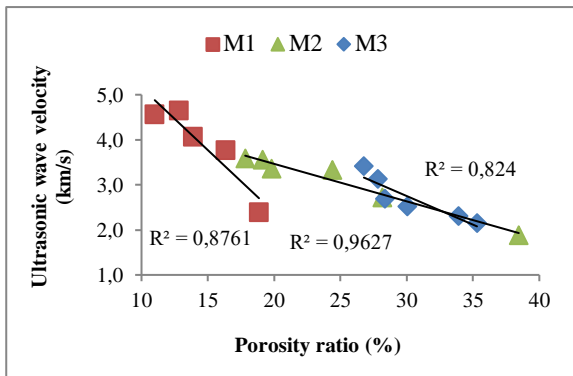


Figure 3. The relationship between the UPV and porosity ratios of FC specimens

5. Conclusions

This paper presents an experimental study on the effect of elevated temperatures on the lightweight concrete produced by expanded clay aggregate and calcium aluminate cement. The following conclusions can be drawn from the results of the current study:

- The concrete specimens produced with expanded clay aggregate in this investigation were considered as structural lightweight concrete in terms of unit weight and strength properties.
 - The residual compressive strength values of the mixtures decreased depending on increasing temperature. Nevertheless, the residual strength properties of mixtures produced by expanded clay aggregate were higher than the concrete produced by natural aggregates. The mixture containing natural aggregate completely disintegrated at 1000 °C. However, mixtures with expanded clay aggregate were more resistant at 1000 °C.
 - Fast cooling method resulted in more strength loss when compared to slow cooling method. CAC mixtures were not affected by cooling regime as much as OPC mixtures.
 - The weights and the UPV values of specimens decreased depending on increasing temperatures.
 - When the mixtures exposed the elevated temperatures their water absorption and porosity ratios increased, because of the processes of the decomposition of hydration products.
 - In this investigation, a linear relationship was observed between ultrasonic wave velocity values and porosity ratios of the specimens.
- Conclusively, the mixtures produced by expanded clay aggregate and CAC were found to be able to retain their properties better at elevated temperatures.

Acknowledgements

The authors are grateful to Niğde Ömer Halisdemir University Scientific Research and Projects Unit that supported the present work (Project number: FEB 2011/20).

References

- ACI Committee 213R-14. (2014). Guide for structural lightweight aggregate concrete. Manual of Concrete Practice. American Concrete Institute. Michigan, USA.
- Ahmed, A.E., Al-Shaikh, A.H., Arafat, T. I. (1992). Residual compressive and bond strength of limestone aggregate concrete subjected to elevated temperatures. Magazine of Concrete Research, 44, 117-125.
- Ahmmad, R., Alengaram, U.J., Jumaat, M.Z., Sulong, N.H.R., Yusuf, M.O., Rehman, M. A. (2017). Feasibility study on the use of high volume palm oil clinker waste in environmental friendly lightweight concrete. Construction and Building Materials, 135, 94-103.
- Ahn, Y.B., Jang, J.G., Lee, H.K. (2016). Mechanical properties of lightweight concrete made with coal ashes after exposure to elevated temperatures. Cement and Concrete Composites, 72, 27-38.
- Akçaözöğlü, S., Akçaözöğlü, K., Atiş, C.D. (2013). Thermal conductivity, compressive strength and ultrasonic wave velocity of cementitious composite containing waste PET lightweight aggregate (WPLA). Composites Part B: Engineering, 45(1), 721-726.
- Al-Sibahy, A., Edwards, R. (2012). Thermal behaviour of novel lightweight concrete at ambient and elevated temperatures: Experimental, modelling and parametric studies. Construction and Building Materials, 31, 174-187.
- Andıç Çakır, Ö., Hızal, S. (2012). Influence of elevated temperatures on the mechanical properties and microstructure of self-

- consolidating lightweight aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 34, 575-583.
- ASTM C 597-09. (2009). Standard test method for pulse velocity through concrete. American Society for Testing and Materials. USA.
- Aydın, S. (2008). Development of a high-temperature-resistant mortar by using slag and pumice. *Fire Safety Journal*, 43, 610-617.
- Bilim, C. (2011). Properties of cement mortars containing clinoptilolite as a supplementary cementitious material. *Construction and Building Materials*, 25, 3175-3180.
- Chan, S.Y.N., Luo, X., Sun, W. (2000). Compressive strength and pore structure of high-performance concrete after exposure to high temperature up to 800 °C. *Cement and Concrete Research*, 30(2), 247-251.
- Chan, S.Y.N., Luo, X., Sun, W. (2000). Effect of high temperature and cooling regimes on the compressive strength and pore properties of high performance concrete. *Construction and Building Materials*, 14, 261-266.
- Cülfik, M.S., Özturan, T. (2002). Effect of elevated temperatures on the residual mechanical properties of high-performance mortar. *Cement and Concrete Research*, 32, 809-816.
- Cülfik, M.S., Özturan, T. (2010). Mechanical properties of normal and high strength concretes subjected to high temperatures and using image analysis to detect bond deteriorations. *Construction and Building Materials*, 24, 1486-1493.
- Demirel, B., Keleştemur, O. (2010). Effect of elevated temperature on the mechanical properties of concrete produced with finely ground pumice and silica fume. *Fire Safety Journal*, 45, 385-391, 2010.
- Ewais, E. M. M., Khalil, N. M., Amin, M. S., Ahmed, Y. M. Z., Barakat, M. A. (2009). Utilization of aluminum sludge and aluminum slag (dross) for the manufacture of calcium aluminate cement. *Ceramics International*, 35(8), 3381-3388.
- Fernandez-Carrasco, L., Puertas, P., Blanco-Varela, M.T., Vazquez, T., Rius, J. (2005). Synthesis and crystal structure solution of potassium dawsonite: An intermediate compound in the alkaline hydrolysis of calcium aluminate cements. *Cement and Concrete Research*, 35, 641-646.
- Girgis, L.G., El-Hemaly, S.A.S., Halil, N.M. (2000). Preparation and characterization of some improved high-alumina cement compositions. *Tile & Brick International*, 16(4), 250-256.
- Go, C.G., Tang, J-R., Chi, J.H., Chen, C.T., Huang, Y.L. (2010). Fire-resistance property of reinforced lightweight aggregate concrete wall. *Construction and Building Materials*, 30, 725-733.
- Hertz, K.D. (2005). Concrete strength for fire safety design. *Magazine of Concrete Research*. 57(8). 445-453.
- Huang, Z., Liew, J.Y.R., Li, W. (2017). Evaluation of compressive behavior of ultra-lightweight cement composite after elevated temperature exposure. *Construction and Building Materials*, 148, 579-589.
- Jang, H.S., So, H.S., So, S. (2016). The properties of reactive powder concrete using PP fiber and pozzolanic materials at elevated temperature. *Journal of Building Engineering*, 8, 225-230.
- Juenger, M.C.G, Winnefeld, F., Provis, J.L., Ideker, J.H. (2011). Advances in alternative cementitious binders. *Cement and Concrete Research*, 41, 1232-1243.
- Khoury, G.A. (1992). Compressive strength of concrete at high temperatures: a reassessment. *Magazine of Concrete Research*, 44(161), 291-309.
- Khoury, G.A., Majorana, C. (2003). Effect of heat on concrete. *International Centre for Mechanical Sciences*. Udine, Italy.
- Kırca, Ö. (2006). Temperature effect on calcium aluminate cement based composite binders [Ph.D. thesis]. Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Kızılkant, A.B., Yüzer, N. (2008). Compressive strength-color change relationship in mortars subjected to high temperatures. *Chamber of Civil Engineers Technical Journal*, 289, 4381-4392.
- Köksal, F., Gencil, O., Brostow, W., Hagg Lobland, H.E. (2012). Effect of high

- temperature on mechanical and physical properties of lightweight cement based refractory including expanded vermiculite. *Materials Research Innovations*, 16(1), 7-13.
- Kong, F.K., Evans, R.H., Cohen, E., Roll, F. (1983). *Handbook of structural concrete*. Pitman Books Limited, London, England.
- Lau, A., Anson, M. (2006). Effect of high temperatures on high performance steel fibre reinforced concrete,” *Cement and Concrete Research*, vol. 36, pp. 1698-1707, 2006.
- Li, Z., Ding, Z. (2003). Property improvement of portland cement by incorporating with metakaolin and slag. *Cement and Concrete Research*, 33(4), 579-584.
- Lin, W.M., Lin, T.D., Powers-Couche, L.J. (1996). Microstructures of fire-damaged concrete. *ACI Material Journal*, 93(3), 199-205.
- Mohammadhosseini, H., Yatim, J.M. (2017). Microstructure and residual properties of green concrete composites incorporating waste carpet fibers and palm oil fuel ash at elevated temperatures. *Journal of Cleaner Production*, 144, 8-21.
- Neven, U. (2010). Kinetic modeling of calcium aluminate cement hydration. *Chemical Engineering Science*, 65, 5605-5614.
- Neville, A.M., Brooks, J.J. (1987). *Concrete technology*. Longman Group UK Limited, USA.
- Othuman, M.A., Wang, Y.C. (2011). Elevated-temperature thermal properties of lightweight foamed concrete. *Construction and Building Materials*, 25, 705-716.
- Öztürk, H. (2008). Thermal resistance of calcium aluminate cement and usage as a monolithic refractory material [M.Sc. thesis]. Erciyes University, Kayseri, Turkey.
- Peng, G.F., Bian, S.H., Guo, Z.Q., Zhao, J., Peng, X.L., Jiang, Y.C. (2008). Effect of thermal shock due to rapid cooling on residual mechanical properties of fiber concrete exposed to high temperatures. *Construction and Building Materials*, 22, 948-955.
- Postacıoğlu, B. (1986). *Concrete, Volume 1: Binding Materials*. Matbaa Teknisyenleri Press. İstanbul, Turkey.
- Sarshar, R., Khoury, G.A. (1993). Material and environmental factors influencing the compressive strength of unsealed cement paste and concrete at high temperatures. *Magazine of Concrete Research*, 45(162), 51-61.
- Scrivener, K.L. (2003). Calcium aluminate cements, *Advanced Concrete Technology: Constituent Materials*. In: Newman, J.B., Choo, B.S. (Ed.). Vol. 2, Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Scrivener, K.L., Cabiron, J.L., Letourneux, R. (1999). High-performance concretes from calcium aluminate cements. *Cement and Concrete Research*, 29, 1215-1223.
- Tanyıldızı, H., Coşkun, A. (2008). Performance of lightweight concrete with silica fume after high temperature. *Construction and Building Materials*, 22, 2124-2129.
- Topçu, İ.B. (1997). Semi lightweight concretes produced by volcanic slags. *Cement and Concrete Research*, 27(1), 15-21.
- Topçu, İ.B. (2006). *Concrete technology*. Uğur Press, Eskişehir, Turkey.
- Topçu, İ.B., Demir, A. (2007). The effect of high temperature application time on the mortar properties. 7. National Concrete Congress, İstanbul.
- TS 3624. (1981). Test method for determination the specific gravity the absorption water and the void ratio in hardened concrete. Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey.
- TS 706 EN 12620+A1. (2009). Aggregates for concrete, Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey.
- TS 802. (2009). Design concrete mixes. Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey, 2009.
- TS EN 12390-3. (2010). Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens. Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey.
- TS EN 14647. (2010). Calcium aluminate cement-Composition, specifications and conformity criteria. Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey.
- TS EN 196-1. (2009). Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength. Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey, 2009.

- TS EN 197-1. (2012). Cement - Part 1: Composition, specification and conformity criteria for common cements. Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey.
- TS EN 934-2. (2011). Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures-Definitions, requirements, conformity, marking and labeling. Turkish Standard Institution. Ankara, Turkey.
- Xu, X., Wong, Y.L., Poon, C.S., Anson, M. (2001). Impact of high temperature on PFA concrete. Cement and Concrete Research, 31, 1065-1073.

Optimization of Composite Couplings in Helicopter Rotor Blade Spar Using Hybrid Particle Swarm-Gradient Algorithm

H. Ariol Taymaz^{1*}

Abstract: Modern helicopter rotor blades are made of advanced composite material due to higher stiffness/mass ratio, superior fatigue characteristic along with capability of aeroelastic tailoring. In composite materials, circumferentially uniform stiffness (CUS) and circumferentially asymmetric stiffness (CAS) layup configurations, which offer convenience in terms of production methods, are widely used in the design of fiber angles. However, the purpose of this study is to test the possibility of achieving better results with an active modification without CUS and CAS distributions. When the gradient based classical methods are tested, the results are the same as the CUS and CAS distributions. It is a fact that gradient-based optimization algorithms were quite popular in the years when computers had not been so powerful yet. Furthermore, the hybrid particle swarm-gradient algorithm by means of C#, VABS, Abaqus, MATLAB proposes better results on the composite couplings of blade spar such as extension torsion, lead-lag torsion and flap torsion.

Keywords: Composite couplings; VABS cross-sectional analysis; Hybrid particle swarm-gradient algorithm

1. Introduction

Around the 400 BC, the first vertical flight was seen in Chinese children's bamboo flying toys. In 1480s, Leonardo Da Vinci presented some invention such as aerial screw-helicopter, ornithopter that gives inspiration today flight systems. Tremendous changes have been recorded by ambitious researchers since those days. Aerial screw could only make vertical movements whereas today's helicopters have multidirectional capability owing to rotor blades aeroelastic, aerodynamic and material properties' cumulated knowledge.

According to researchers' studies for maximizing helicopters performance, it is seen that the major role is rotor blades talents. Ganguli (2013) described the research papers starting with the first paper on optimal design of composites by Khot et al. (1973) as "pioneering research", the 1980s as "early research", the 1990s as "moving towards design", the 2000s as "the new century" and from 2010 to present as "current research". In pioneering research duration, objectives and constraints were related with weight, strain energy

distribution, frequency, epoxy matrices and fibers, panel buckling, strength, displacement and ply angles distribution and laminate design (Bert, 1977; Starnes and Haftka, 1979). However, computers performance did not satisfy sufficient conditions to optimize mentioned parameters realistically. In early research period, mathematical programming algorithms began to appear in aerospace engineering field and laminated composite application rules were improved with new approaches for discrete and continuous type of design variables, constraints and objectives (Schmit and Fleury, 1980; Nshanian and Pappas, 1983).

Along with 1990's a huge development took place in computer science. With this improvement, objectives and constraints was expanded and classical optimization techniques such as Taylor series, polynomial and interpolation approximation gained importance in aerospace calculations (Venter et al., 1998). Also, heuristic studies such as genetic algorithm also was becoming prominent in aerospace field. Nagendra et al. (1996) and Kodyalam et al. (1996) started to utilize heuristic algorithms to reach discrete variables and global

¹Afyon Kocatepe University, Sinanpasa Vocational School, 03850, Afyonkarahisar, Turkey.

*Corresponding author (İletişim yazarı): hacerariol@aku.edu.tr

Citation (Atıf): Ariol Taymaz, H. (2017). Optimization of Composite Couplings in Helicopter Rotor Blade Spar Using Hybrid Particle Swarm-Gradient Algorithm. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1 (2): 71-78.

optimum values. Meanwhile, multiple objectives, and constraints were being combined and the combined functions were more successful in comparison to previous researches. In the new century period, computer performances have reached great capability to calculate more complex optimization models with stochastic algorithms in less time. The algorithms, which has been inspired from nature, such as genetic algorithm and particle swarm optimization techniques are useful in avoiding local minima. Also, Apalak et al. (2014) applied the artificial bee colony(ABC) algorithm, a new approach for optimizing numerical problems, in layer optimization. In the current research period, different failure criteria have been observed such as Tsai-Wu, maximum stress and failure mechanism based (FMB) in the field (Satheesh et al., 2009; Banos et al., 2011).

Sarangapani and Ganguli (2013) have explained that robust design, one of the most important issue of composites, is related to unwanted uncertainty in the ply angles and thicknesses. According to the study, the reason of unwanted uncertainty is undesirable couplings in laminates designed without regarding couplings. Mentioned uncertainties must be taken into account throughout the design process.

This study benefitted from a hybrid particle swarm-gradient algorithm in MATLAB in order to optimize the composite couplings. Particle swarm, stochastic population-based algorithm, has advantages of wide scanning solution space whereas the gradient based algorithms can reach accurate results in the vicinity of a starting point. Gradients based methods can find one of the local minimums and stop the optimization process and thus prevent reaching global minimum. The particle swarm algorithm uses a learning algorithm which calculates particles new points in the search space with particles' best and population-global best values. In the hybrid algorithm, particle swarm velocity vector is calculated as a gradient descent instead of the learning algorithm. Thus, the hybrid algorithm has the advantages of both methods to reach global best solution.

2. Composite Rotor Blades Structural Analysis

The helicopter rotor system, shown in Figure 1, gives the helicopter lift and land ability. According to principle of helicopter operation, the main load carrying component is the rotor blades. To reach structural analysis result of rotor blades, VABS

and Abaqus are used. VABS uses material properties and mesh coordinates of blade cross-sections, see Figure 2 to calculate stiffness matrix which then can be used to estimate material behaviors like extension torsion, lead-lag torsion and flap torsion couplings. VABS generates Timoshenko stiffness matrix with the asymptotic energy.

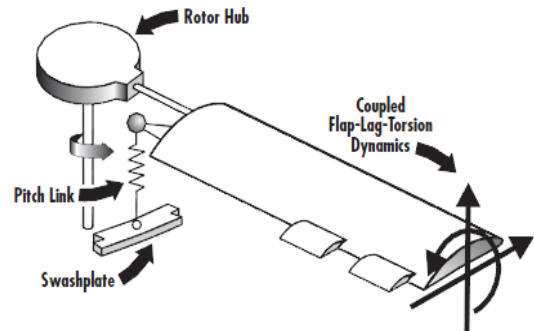


Figure 1. Helicopter rotor system (Glaz et al., 2006).

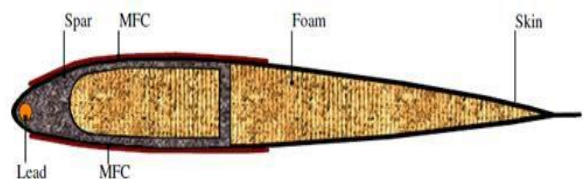


Figure 2. Blade cross-section (Kovalovs et al., 2007).

In order to optimize the helicopter rotor blade performance, cross-sections of the box beam, which is composed of laminated composite plies, must be examined. The layered structure of laminated composite plies is given in Figure 3.

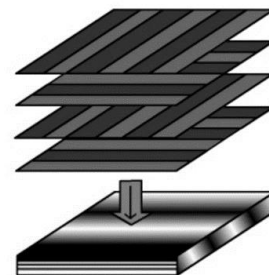


Figure 3. Laminated composite plies (Williams, 2017).

Researchers benefitted from circumferentially uniform stiffness (CUS) and circumferentially asymmetric stiffness (CAS) composite layup configurations for a thin-walled beam (Berdichevsky et al., 1992; Chun et al., 2006; Warminski et al., 2014; Beshay et al., 2015; Fu et al., 2015), given Figure 4, first presented by Rehfield and Atilgan (1989).

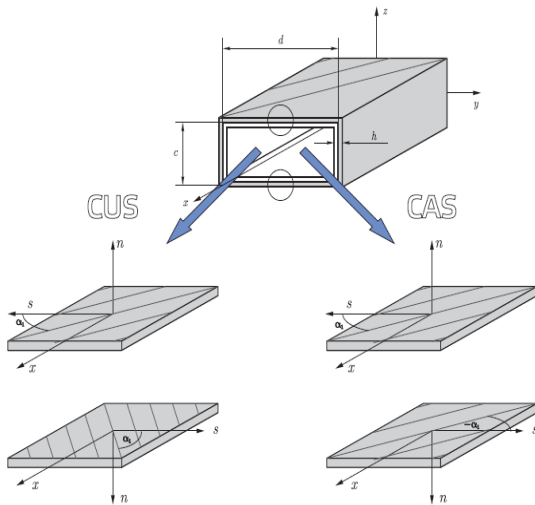


Figure 4. Laminate configurations frequently encountered in structural composite design (Warminski et al., 2014).

CUS configuration is convenient for minimizing extension torsion coupling in flanges and webs of the box beam and CAS configuration is preferred for lead-lag and flap torsions to decrease bending coupling effect. For the sake of simplicity in lead-lag torsion flanges ply angles and in flap torsion web ply angles are assumed as zero. In this study, all mentioned coupling types are tested without any restriction as opposed to frequently used ply angle distributions.

3. Methods of Computation/Operations Research

In optimization loop, in each iteration/evaluation; new mesh coordinates of new geometries must be calculated for VABS input file to reach stiffness matrix. Therefore, in each iteration/evaluation; VABS and Abaqus must be run. A mesh update is needed because the geometry parameters change in each generation/iteration during the optimization process. This is achieved by developing a script code for Abaqus that exports new mesh coordinates, using Python language. Because

Abaqus runs on script code without the graphical user interfaces, optimization loop can avoid consuming computer resources by the graphical processes. Hence, a code implementation is written with C#, which is a strong and generic programming language, to integrate Abaqus, VABS and optimization loop to calculate objective function with new stiffness matrix for each iteration.

In each iteration/evaluation MATLAB calls this code implementation, which is shown in optimization loop and given in Figure 5. MATLAB m-file includes optimization algorithms options such as algorithm type, upper bounds, lower bounds, plotting options.

MATLAB optimization toolbox provides hybrid solution with particle swarm and gradient-supplied techniques for user to benefit from the advantages of both stochastic and deterministic classical methods. To elaborate on the definitions, *MATLAB-fmincon* is a gradient-based method which is useful for objective and constraints functions only when the functions are both continuous and also first derivatives are not discrete. Because the gradient-based methods need continuous objective and constraints, local optimum is the inevitable result. The second solution; particle swarm is a stochastic algorithm that optimizes objective function trying to iteratively reach better candidate solutions with regard to a given measure of quality for objective and constraints and can be used for both the discrete and continuous functions. Particles move to new position with a velocity which is influenced by the particles' local best and global best values known. In the aforementioned hybrid solution, velocity is calculated as a gradient descent vector. Although, stochastic algorithms can scan a very large area of solution space, they do not guarantee an optimal solution.

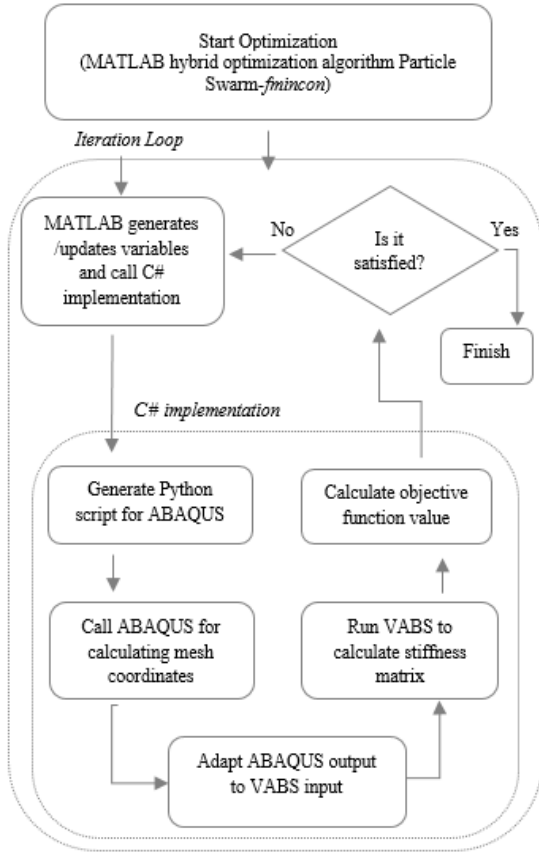


Figure 5: Flowchart of optimization loop.

The 4x4 classical stiffness matrix includes extension, twist and bending deformations whereas 6x6 Timoshenko stiffness matrix, illustrated in Eq. 1, is more accurate because of containing shear deformations as well. (Yu, 2013).

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} \\ S_{12} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} \\ S_{13} & S_{23} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} \\ S_{14} & S_{24} & S_{34} & S_{44} & S_{45} & S_{46} \\ S_{15} & S_{25} & S_{35} & S_{45} & S_{55} & S_{56} \\ S_{16} & S_{26} & S_{36} & S_{46} & S_{56} & S_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \gamma_{11} \\ 2\gamma_{12} \\ 2\gamma_{13} \\ K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Each type of couplings is handled separately as extension torsion, lead-lag torsion, flap torsion by objective functions β_{14} , β_{46} , β_{45} respectively. To minimize couplings, in other words maximizing objective functions, 6x6 Timoshenko stiffness matrix is quite necessary. Also, the optimization algorithms tend to minimize as it is usually the norm, so the objective function is multiplied by minus one for maximization.

In optimization model benefitted from XV-15 rotor blade spar geometry and material properties, given in Table 1.

Table 1. Material properties of AS4/3501-6 graphite epoxy (Jung et al., 2002).

Property	Dimension
ρ (kg/m ³)	1603
E_1 (N/m ²)	1.42×10^{11}
E_2 (N/m ²)	9.8×10^9
E_3 (N/m ²)	9.8×10^9
G_{12} (N/m ²)	6×10^9
G_{13} (N/m ²)	6×10^9
G_{23} (N/m ²)	4.83×10^9
ν_{12}	0.42
ν_{13}	0.42
ν_{23}	0.5

Optimization variables are box beams width(x_1), height(x_2), and thickness (x_3 , x_4) and 16 ply angles. From the inside out x_5 , x_6 , x_7 , x_8 are top wall ply angles, x_9 , x_{10} , x_{11} , x_{12} are left wall ply angles, x_{13} , x_{14} , x_{15} , x_{16} are bottom wall ply angles and x_{17} , x_{18} , x_{19} , x_{20} are right wall ply angles.

Objective function for extension torsion

$$\beta_{14} = S_{14} / \sqrt{(S_{11} * S_{44})} \quad (2)$$

Objective function for Lead-Lag Torsion

$$\beta_{46} = S_{46} / \sqrt{(S_{44} * S_{66})} \quad (3)$$

Objective function for flap torsion

$$\beta_{45} = S_{45} / \sqrt{(S_{44} * S_{55})} \quad (4)$$

Constraints for all torsion types

$$0.20 \geq x_1 \geq 0.12 \text{ (meter)}$$

$$0.10 \geq x_2 \geq 0.06 \text{ (meter)}$$

$$0.20 \geq x_3, x_4 \geq 0.12 \text{ (meter)}$$

$$90 \geq x_5, \dots, x_{20} \geq -90 \text{ (}\theta\text{)}$$

4. Result and Discussion

Upon analyzing the results, CUS-CAS layup approach and *fmincon* give almost identical outcomes and hybrid solver produces a much better objective function value than them. This study presents that symmetrical-balanced layup approach calculated with gradient-based algorithm

results in a grind to a halt in local optima. After all, stochastic and hybrid algorithms are preferable alternatives to reach global optimum solution. The comparison of gradient based algorithm with stochastic method results are given in Figure 6, Figure 7 and Figure 8.

In extension torsion coupling optimization, no significant improvement has been observed, given

results Figure 6a, Figure 6b. Even gradient based *fmincon* has given almost the same result as CUS, see Figure 6a. Hybrid algorithm gives a remarkably better result in lead-lag torsion optimization, nearly double the improvement on coupling minimization. In the case of lead-lag torsion CAS layup and *fmincon* gives similar results as in extension torsion. The benchmark results are shown in Figure 7a, Figure 7b.

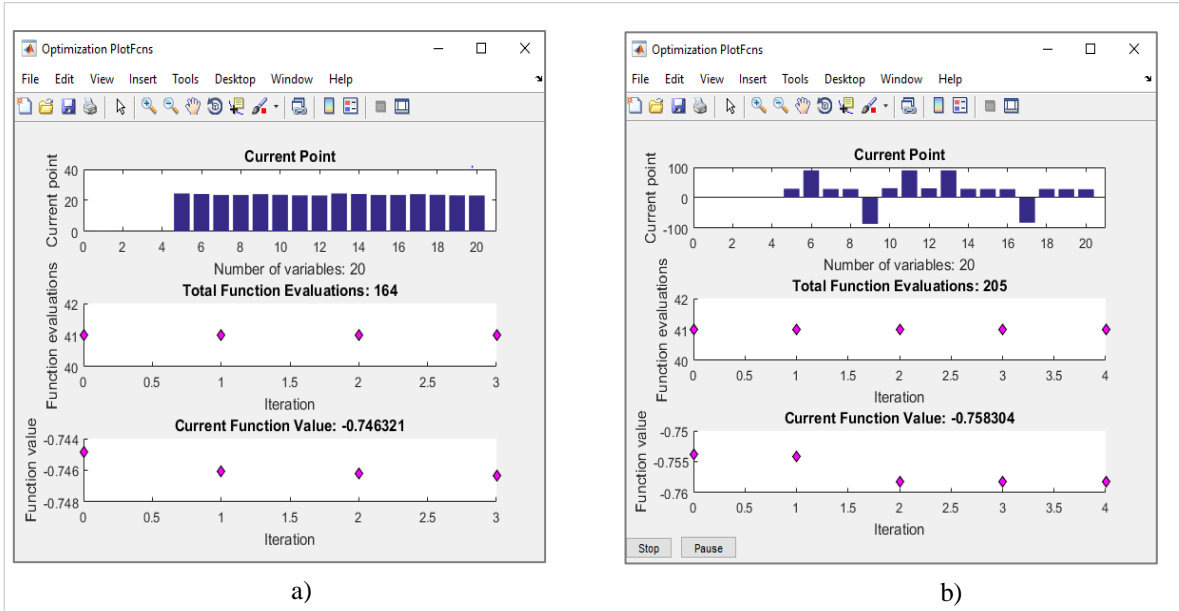


Figure 6. Extension torsion results. a) *fmincon*, b) Hybrid algorithm.

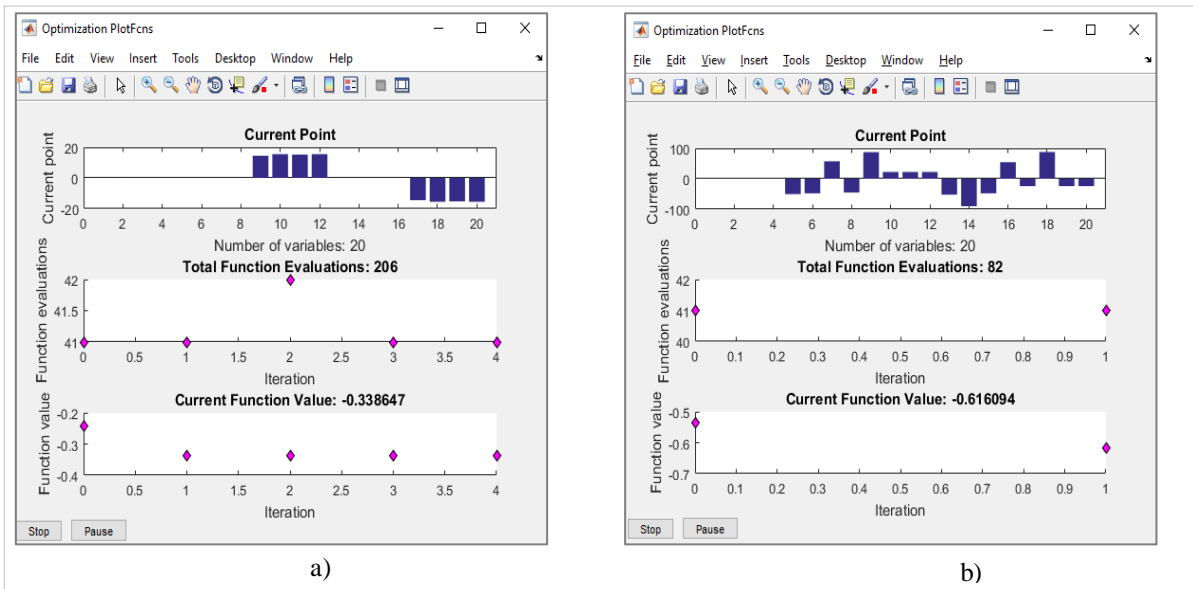


Figure 7. Lead-Lag torsion results. a) *fmincon*, b) Hybrid algorithm.

In the flap torsion coupling, *fmincon* and CAS layup produce identical results like other coupling types. Hybrid solver, combined stochastic and deterministic algorithms, yields 20%

improvement in flap torsion coupling, the outcomes are given in Figure 8a and Figure 8b.

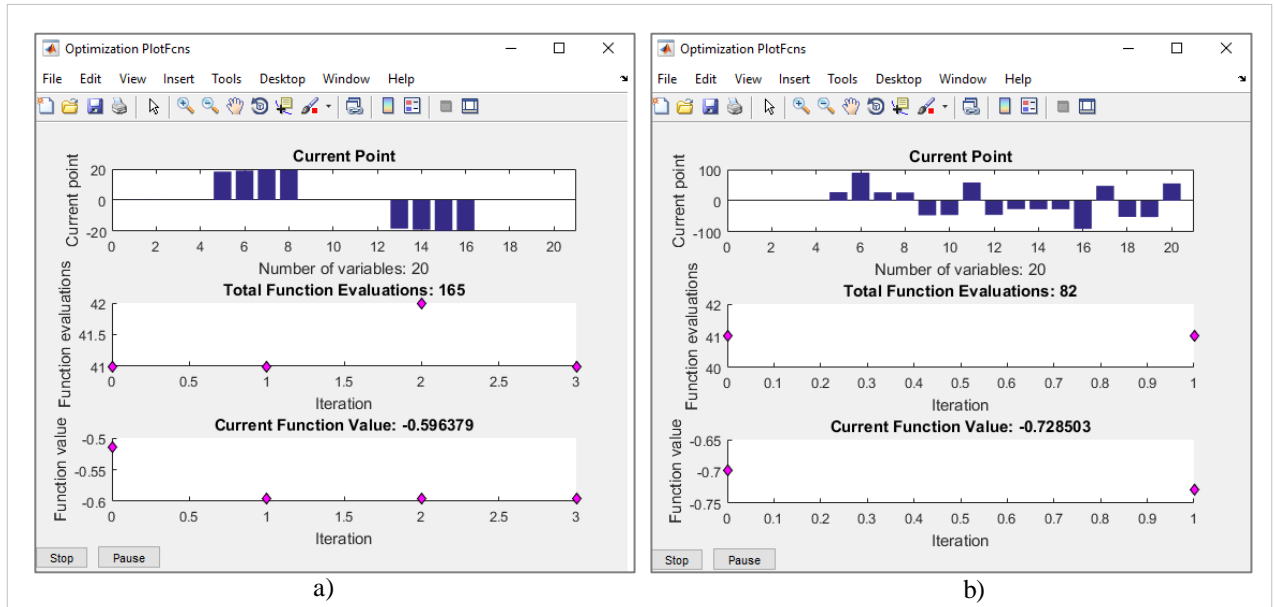


Figure 8: Flap Torsion Results. (a) *fmincon*, (b) Hybrid Algorithm

As a consequence of this study, hybrid algorithm produces global solution despite the fact that gradient based *fmincon* gives local optimum. Hence, hybrid of deterministic and stochastic techniques is an efficient alternative solution for both of them, the summary of optimization results

is shown in Table 2. Also, hybrid optimization algorithm, free layup angle distribution and developing composite manufacturing techniques provides better solution for maximizing performance of helicopter rotor.

Table 2. The comparison of algorithms results

Variables	Extension Torsion		Lead-Lag Torsion		Flap Torsion	
	<i>fmincon</i>	Hybrid	<i>fmincon</i>	Hybrid	<i>fmincon</i>	Hybrid
x1*	0.2	0.2	0.12	0.12	0.2	0.2
x2**	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.06
x3§	0.002	0.002	0.0026	0.003	0.0021	0.002
x4§§	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003
x5¶	24.5	29.6	0.0	-50.3	18.4	27.5
x6¶	24.2	90.0	0.0	-47.8	19.0	90.0
x7¶	23.5	29.0	0.0	57.4	19.7	27.0
x8¶	23.5	28.7	0.0	-45.4	19.4	26.9
x9¶¶	24.1	-85.6	14.5	87.3	0.0	-46.5
x10¶¶	23.6	31.4	15.6	22.3	0.0	-45.9
x11¶¶	23.3	90.0	15.2	22.4	0.0	58.6
x12¶¶	23.2	31.2	15.5	22.3	0.0	-45.3

x13 [‡]	24.5	90.0	0.0	-52.0	-18.4	-26.7
x14 [‡]	24.2	29.3	0.0	-89.9	-19.0	-27.0
x15 [‡]	23.5	28.8	0.0	-48.0	-19.7	-27.3
x16 [‡]	23.5	28.3	0.0	54.4	-19.4	-90.0
x17 ^{**}	24.1	-82.0	-14.5	-24.0	0.0	47.7
x18 ^{**}	23.6	29.0	-15.6	87.9	0.0	-51.9
x19 ^{**}	23.3	28.5	-15.2	-24.2	0.0	-52.1
x20 ^{**}	23.2	28.1	-15.5	-24.3	0.0	55.7
F(x)^{&}	-0.746	-0.758	-0.338	-0.616	-0.596	-0.728

(*width, ** height, § flange thickness, §§ web thickness, ¶ top wall ply angles, ¶¶ left wall ply angles, ‡ bottom wall ply angles, ‡‡ right wall ply angles, & objective function value)

5. Conclusion

The summary of this paper, stochastic methods' wide scanning ability and gradient-based methods' less time and accuracy advantages are combined to attain global solution of helicopter rotor blade performance. Also, free layup angles approach gives better solution than CUS and CAS laminate distribution, given in Figure 6. The effect of both the optimization technique and the free angle distribution is great in achieving much better compared to the initial design. The optimized results of a carbon fiber reinforced polymer(CFRP) box-beam show that the couplings of lead-lag torsion and flap-torsion increase almost 100% and 20% respectively, by the hybrid algorithm.

In order to reach realistic solution in design process, the optimization model of the helicopter rotor blade performance should be expanded with aeroelastic and aerodynamic parameters, constraints and objective functions and the hybrid of stochastic and gradient based algorithms should be used in the blended model.

References

- Apalak, M.K., Karaboğa, D., Akay, B. (2014). The Artificial Bee Colony algorithm in layer optimization for the maximum fundamental frequency of symmetrical laminated composite plates. *Engineering Optimization*, 46(3), 420-437.
- Banos, R., Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F.G., Gil, C., Alcayde, A., Gómez, J. (2011). Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 1753-1766.
- Berdichevsky, V., Armanios, E., Badir, A. (1992). Theory of anisotropic thin-walled closed-cross-section beams. *Composites Engineering*, 2(5-7), 411-432.
- Beshay, G.E., Maalawi, K.Y., Abdrabbo, S.M., Khalifa, T.A. (2015). Dynamic optimization of thin-walled composite blades of wind turbines. *World Applied Sciences Journal*, 33(3), 525-535.
- Bert, C.W. (1977). Optimal design of a composite-material plate to maximize its fundamental frequency. *Journal of Sound and Vibration*, 50(2), 229-237.
- Chun, H.J., Park, M. J., Byun, J.H. (2006). Behaviors of CAS and CUS thick-walled channel composite beams. *International Journal of Modern Physics B*, 20(25), 4016-4021.
- Fu, Y., Xiong, J., Luo, C., Yun, X. (2015). Static mechanical properties of hybrid RTM-made composite I- and II-beams under three-point flexure. *Chinese Journal of Aeronautics*, 28(3), 903-913.
- Ganguli, R. (2013). Optimal design of composite Structures: a historical review. *Journal of the Indian Institute of Science*, 93(4), 557-570.
- Glaz, B., Friedmann, P.P., Liu, L. (2006). Efficient global optimization of helicopter rotor blades for vibration reduction in forward flight. 11th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, Virginia, USA.
- Jung, S.N., Nagaraj, V.T., Chopra, I. (2002). Refined structural model for thin- and

- thick-walled composite rotor blades. *AIAA Journal*, 40(1), 105-116.
- Khot, N.S., Venkayya, V.B., Johnson, C.D., Tischler, V.A. (1973). Optimization of fiber reinforced composite structures. *International Journal of Solids and Structures*, 9(10), 1225–1236.
- Kodiyalam, K., Nagendra, S., DeStefano, J. (1996). Composite sandwich structure optimization with application to satellite components. *AIAA Journal*, 34(3), 614-621.
- Kovalovs, A., Barkanov, E., Gluhihs, S. (2007). Numerical optimization of helicopter rotor blade design for active twist control. *Aviation*, 11(3), 3-9.
- Nagendra, S., Jestin, D., Gürdal, Z., Haftka, R.T., Watson, L.T. (1996). Improved genetic algorithm for the design of stiffened composite panels. *Computers & Structures*, 58(3), 543-555.
- Nshanian, Y.S., Pappas, M. (1983). Optimal laminated composite shells for buckling and vibration. *AIAA Journal*, 21(3), 430-437.
- Rehfield, L.W., Atilgan, A.R. (1989). Toward understanding the tailoring mechanisms for thin-walled composite tubular beams. *The First USSR–U.S. Symposium on Mechanics of Composite Materials*, Riga, Latvia.
- Sarangapani, G., Ganguli, R. (2013). Effect of ply-level material uncertainty on composite elastic couplings in laminated plates. *International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics*, 14(3), 244–261.
- Satheesh, R., Naik, G.N., Ganguli, R. (2009) Conservative design optimization of laminated composite structures using genetic algorithms and multiple failure criteria. *Journal of Composite Materials*, 44(3), 369-387.
- Schmit, L.A., Fleury, C. (1980). Discrete-continuous variable structural synthesis using dual methods. *AIAA Journal*, 18(12), 1515-1524.
- Starnes, J.H.H., Haftka, R.T. (1979). Preliminary design of composite wings for buckling, strength, and displacement constraints. *Journal of Aircraft*, 16(8), 564–570.
- Venter, G., Haftka, R.T., Starnes, F.H. (1998). Construction of response surface approximations for design optimization. *AIAA Journal*, 36(12), 2242-2249.
- Warminski, J., Latalski, J., Szmit, Z. (2014). Coupled flexural-torsional vibrations of a composite beam attached to a rotating hub. *9th International Conference on Structural Dynamics*, Porto, Portugal.
- Williams, E. (2017). *Composite Materials and Helicopter Rotor Blades*. <http://classroom.materials.ac.uk/caseRoto.php> (Accessed on 05 July 2017).
- Yu, W. (2013). *VABS's User Manual*. Utah State University, Logan, USA.



A Novel Approach for Improving Wrinkle Resistance and Flame Retardancy Properties of Linen Fabrics

Ş.S. Uğur^{1*}, M. Bilgiç¹

Abstract: Flax is an important fibre for textile industry not least because of its excellent properties. However, in its untreated form, linen fabrics possess poor wrinkle resistance and burn easily with a high flame velocity. Linen fabrics functional finishing researchs have been mainly focused on reducing these problems to achieve the desired fabric property for using its as wearing apparel, household textile and composite material. This study was undertaken to investigate the novel durable wrinkle resistant and flame retardant finishing of the linen by using 1,2,3,4-Butanetetracarboxylic acid, Nano polyurethane for cross-linking and Al²O³ nanoparticles for catalyst in padding process. Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray analysis were used to characterization. Colour difference, whiteness and yellowness analysis was performed on the linen fabrics before and after the chemical treatment. Tensile strength tests of the warp and weft yarns were performed to evaluate the effect of finishing treatment. With the chemical treatment, linen fabrics wrinkle resistant and flame retardant properties enhanced. The durability of the functional properties were also tested after 5 washing cycle.

Keywords: Flax fiber, wrinkle-resistance, flame retardancy, BTCA, Nano PU, Al₂O₃ nanoparticles.

1. Introduction

In the recent decades, demands for natural fibers than its synthetic counterparts increased day by day because of their eco-friendly character. Among these natural fibers, flax is widely used for wearing apparel, household textiles and industrial composite materials. Flax fibers main chemical components are alpha and hemi celluloses. When flax fibers used in a textile material process, it is named as linen. The reasons of preference for linen textiles, they shows excellent tensile properties, comfort, high tenacity and appearance. Nevertheless, linen fabrics have high stiffness, low resilience, low wrinkle recovery angle disadvantages (Mccall et al., 2001; Kim and Csiszar 2005; Lam et al., 2010; Vasile et al., 2012). Chemical modification of linen fabrics for improving the undesired properties has been studied for attaining a higher quality and technical performance rather than by using a high cost fibre (Choi et al., 1994; Tzanov and Cavaco-Paulo 2006; Holme. 2007).

In the present time, wrinkling has an increasing effect on the overall quality of the linen fabrics used as apparel and household textiles. Wrinkles are defined as fabric deformation based on its viscoelastic properties. Linen fabrics have a very poor resistance to creasing due to the high orientation of cellulose content in the fibre. Wrinkle free finishing is also known by consumers as 'Easy Care' and 'Wrinkle-resistant'. Nowadays, chemical agents which can be used for wrinkle-resistant of cotton fabrics, can't be used for linen fabrics efficiently because of the flax fiber tendency to crease easily. The main problem with these chemical agents in use, while wrinkle recovery angle increases, the breaking strength of the fabric decreases. So, a new chemical finishing process which improves Easy Care properties, without damaging tensile properties, is still an unsolved problem. Flame retardancy properties of the linen fabrics is an important property when will be used as industrial composite material. But the same tensile properties damaging problem occurs with the flame retardant chemical agents, too

¹Süleyman Demirel University, Textile Engineering, 32260,Isparta, Turkey.

²Süleyman Demirel University, Graduated School of Natural And Applied Sciences, Textile Engineering, 32260,Isparta, Turkey.

*Corresponding author (iletisim yazarı): suleugur@sdu.edu.tr

Citation (Atf): Uğur, Ş.S., Bilgiç, M. (2017). A Novel Approach for Improving Wrinkle Resistance and Flame Retardancy Properties of Linen Fabrics. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1 (2): 79-86.

(Mccall et al., 2001; Kim et al., 2005; Vasile et al., 2012).

The improvement of a finishing process which improves easy care properties, without influencing strength characteristics, has been a long-term aim for researchers, is still remains to be satisfactorily solved. (Vasile et al., 2012). The ester crosslinking of cotton by 1,2,3,4-Butanetetracarboxylic acid (BTCA), catalyzed with sodium hypophosphite (SHP), has been found to be superior for wrinkle-resistant property of cotton fabric with increase in strength properties (Choi et al., 1994; Tzanov et al., 2006; Holme. 2007; Lam et al., 2010).

Using a co-catalyst like titanium dioxide (TiO_2) has been found feasible to enhance the crease recovery performance with minimum side effects (Wang and Chen, 2005; Chen and Wang, 2006; Liu et al., 2008).

Durable functional finishing systems that does not lose too much of its mechanical strength for linen fabrics are needed. The objective of this work is to investigate the novel multifunctional chemical finishing of linen fabric by using Nano Polyurethane (Nano PU), BTCA for cross-linking in padding process. Al_2O_3 nanoparticles used as co-reactants in the chemical formulation to enhance the performance of chemical finishing and minimize the side effects. Fourier Transform Infrared Spectroscopy with Attenuated Total Reflection mode (FTIR-ATR) and Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray analysis (SEM-EDX) were used for characterization. Flax fabrics wrinkle-recovery and the finishing treatments on the some physical properties (tensile strength, colour change, whiteness and yellowness values) of the linen fabric has also been studied.

2. Material and Method

2.1. Materials

1,2,3,4-Butanetetracarboxylic acid (BTCA), Sodium hypophosphite (SHP) and Aluminum oxide nanoparticles (Al_2O_3 nanoparticles, particle size <50 nm, specific surface area $40 \text{ m}^2/\text{g}$) were purchased from Aldrich. Nano polyurethane (Baypret Nano PU, particle size <100 nm) anionic dispersion was purchased from Tanatex Chemicals. 1,2% Al_2O_3 nanoparticle suspensions were prepared at 40 Watt for 1 hour by Sonics Vibra-Cell Ultrasonic Homogenizer.

The bleached linen woven fabric was used as substrate. The fabric properties: plain weaved, 250.2 g/m^2 , 17 threads/cm warp and 12 threads/cm weft. The fabric was cut into approximately $35 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ pieces before padding.

2.2. Impregnation process

For finishing process, a laboratory type padding machine was used and 7 recipes were applied with 75% pick-up value to the linen fabric as shown in Table 1. A and B receipts were used as control receipts for obtaining the chemical's effect solely to the functional properties. For the other receipts pH values were evaluated. After the impregnating processes, all the samples were dried at 100°C and cured at 150°C for 5 min.

Table 1. Applied receipts to linen fabrics

Samples	Receipt	pH values
A	5% BTCA 10% SHP	-
B	20% Nano PU	-
C	5% BTCA 10% SHP 1% Al_2O_3	3.5-4
D	5% BTCA 10% SHP 2% Al_2O_3	3.5-4
E	5% BTCA 10% SHP 20% Nano PU	5
F	5% BTCA 10% SHP 40% Nano PU	5
G	5% BTCA 10% SHP 1% Al_2O_3 20% Nano PU	4

2.3. Evaluation Methods

Fourier transform infrared attenuated total reflectance (FTIR-ATR) measurements

Perkin Elmer Spectrum BX spectrometer was used to obtain the infrared spectra of surfaces using an ATR sampler. The spectra were taken over a wave number range of $4000\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$ with a resolution of 2 cm^{-1} at room conditions.

Scanning electron microscopy (SEM-EDX)

FEI QUANTA 250 FEG high resolution scanning electron microscope (SEM) equipped with energy dispersive spectroscopy (EDX-Oxford Aztec) Microanalysis system was used to examine the surfaces of woven cotton samples at an acceleration voltage of 10 kv. The cotton fabric samples were coated with 10 nm Au/Pd prior to SEM observation.

Whiteness, yellowness and colour difference value measurement

Minolta 3600d spectrophotometer was used to obtain the colour difference, whiteness and yellowness (Stensby index) values of the untreated and functional finishing applied linen fabrics, which is using D 65 light source to examine the chemical effect on the yellowing properties of the fabrics.

Tensile strength measurement

The mechanical tests were performed on a Lloyd LR5K Plus electronic tensile strength machine according to EN ISO 13934-1 Standard- Textiles-Tensile properties of fabrics- Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method. The breaking strength of the untreated and functional finished fabrics was tested at fracture. Linen fabrics were kept for 24 h at standard conditions (20°C and 65% Relative Humidity) before the mechanical tests. All the sample tensile strength analysis was repeated after 5 washing cycles.

Flame retardancy measurement

Flame retardant properties of the fabrics were measured according to DIN 543352 Standard (45 ° law by burning the ignition testing textile fabric side of the combustion characteristics) by Govmark 45 ° combustion tester.

Wrinkle-Resistance

The crease recovery angle test was carried out according to the TSE TS 390 EN 22313-1996 (Textile Fabrics-Determination Of The Recovery From Creasing Of A Horizontally Folded Specimen By Measuring The Angle Of Recovery) Standard in a crease recovery angle tester. Fabric samples were cut in 40mm x 15mm dimensions in both weft and warp directions. Then samples were

horizontally folded and kept under 10N forces for 60 min. When the time ran out, the load was removed and the angle between folded parts was measured by using a crease recovery angle tester after 0.5, 30 and 60 min.

Washing procedure

Functional properties of functional finished linen fabrics such as flame retardant and wrinkle resistance functions were analyzed after the padding process. For determining the durability of these functional properties, linen fabric samples were washed 5 times at 40 °C for 30 min. with laboratory type washing machine Gyrowash.

3. Results

The wrinkling which is the major disadvantage of linen fabric may handle the situation by crease-resistant finishing processes. Figure 1 and 2 shows the results of the untreated, treated and washed linen fabrics, weft and warp directions wrinkle resistance test results. The test results proved that the applied finishing processes, especially with Nano PU content are very effective in improving the wrinkling properties. For the treated fabrics on weft directions receipt F and G shows the best improvement for wrinkle angle after 60 minutes. On the warp direction test results, it can be clearly seen receipt G gives the best results.

After 5 washing cycles, significant increase in wrinkle resistance still remains. According to the weft and warp direction wrinkle resistance test results before and after the washing cycles, it can be said that Receipt F is the optimum chemical composition.

A strong adsorption band with a maximum of 1030 cm^{-1} is a result of the overlapping bands attributed to the functional groups of linen fibres cellulose groups, namely the C-C, C-O and C-O-C stretches vibrations. After finishing processes, this band shows increase in intensity when the C-O groups occupied with Al_2O_3 nanoparticles for samples C, D and G. The FTIR-KBr spectra of Al_2O_3 nanoparticles is shown in Figure 3.

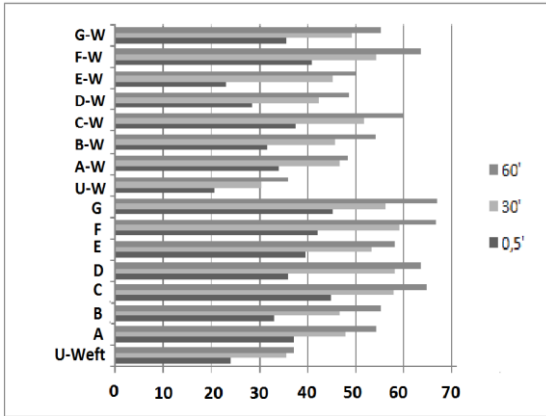


Figure 1. Weft direction wrinkle resistance test results of the linen fabrics after 0.5, 30 and 60 minutes.

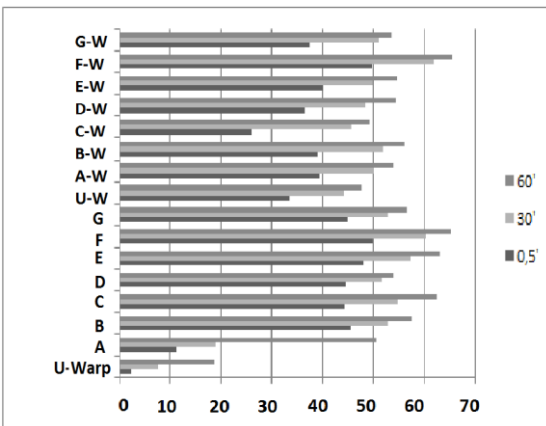


Figure 2. Warp direction wrinkle resistance test results of the linen fabrics after 0.5, 30 and 60 minutes.

Al₂O₃ nanoparticles indicate a strong metal–oxygen (M–O) adsorption band between 830 and 550 cm⁻¹ wavenumbers (Uğur et al. 2011). An absorption peak around 550 cm⁻¹ on the C, D and G fabrics FTIR-ATR spectra can be attributed to Al₂O₃ nanoparticle according to the FTIR-KBr spectra of Al₂O₃ nanoparticles. E, F and G sample spectra shows a vibration band between 3200-3400 cm⁻¹ wavenumbers according to the N-H groups of the Nano PU content. The same intensity increases can be seen on the bands 2800-3000 cm⁻¹ (CH-CH) and 1500 cm⁻¹ (H-N-C=O) due to the amide groups of the Nano PU. For all the treated samples, a strong band near 1700 cm⁻¹ is assigned to carboxyl acid groups (-COOH) introduced by the BTCA content.

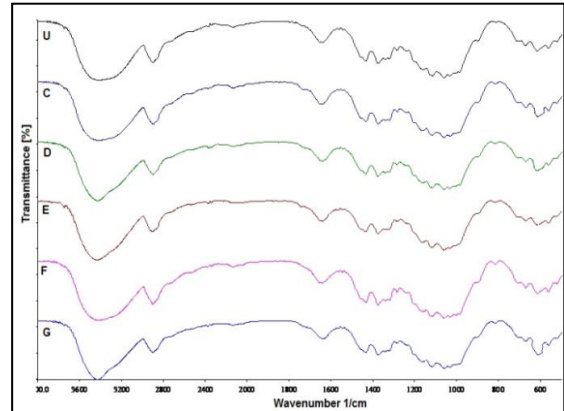


Figure 3. FTIR-ATR spectra for untreated and treated flax fabrics.

Colour, whiteness and yellowness values of all the samples are presented in Table 2. It can be observed that the performed treatment in the present of Nano PU totally resulted in worst whiteness and yellowing values. This means that with the increasing concentration of the Nano PU causes significant deterioration on the fabric appearance. All the test results bearing in the mind that it can be seen finishing treatment except F shows close colour, whiteness and yellowness values.

Table 2. Colour (L, a, b and C), whiteness and yellowness values of untreated and treated flax fabrics

Samples	Colour Values				Whiteness Values	Yellowness Values
	L	a	b	C		
U	93.72	-	-	1.4	85.37	-1.68
		1.23	0.67			
		ΔE			Whiteness Values	Yellowness Values
					Difference	Difference
A		0.87			-5.78	3.09
B		1.94			-7.11	5.18
C		0.83			-4.23	3.15
D		0.1			-2.11	1.81
E		1.55			-5.9	4.47
F		3.57			-11.35	6.51
G		1.52			-6.69	4.37

The flame retardancy values of the untreated, treated samples before and after 5 laundering cycles is calculated and reported in Table 3 to evaluate the laundering stability of the finishing. Flame retardant properties of the samples enhanced with the applied receipts approximately 80% and bigger. It can be realized that the concentration of both Nano PU and Al_2O_3 nanoparticle are important determining factor in

the flame retardancy property. On top of that, increasing Nano PU and Al_2O_3 nanoparticle concentrations have greatly affected the resulted values. The best results were taken from the samples treated with F and G receipts. Furthermore, it can reach a conclusion that the flame retardancy property of treated linen fabrics can withstand against laundering for at least 5 washing cycles.

Table 3. Flame retardancy test results of untreated and treated flax fabrics after treatment and washing cycles

Samples	Flame retardancy (s)	% Difference	Flame retardancy after washing cycle (s)	% Difference
U	29.025	-	-	-
A	47.7	64.34	35.1	20.93
B	41.725	43.76	31.4	8.18
C	52.175	79.76	50.2	72.95
D	52.825	81.99	50.6	74.33
E	52.325	80.28	48.9	68.47
F	55.075	89.75	51.4	77.09
G	54.875	89.06	51.2	76.40

Table 4 shows the warp and weft breaking strength test results of the untreated and treated flax fabrics and the difference (%) of the treated fabrics values according to the untreated sample. With the A and B control samples, it can be clearly seen BTCA and Nano PU contents quite a little affected breaking strength of the fabrics in the negative direction. With Al_2O_3 nanoparticle

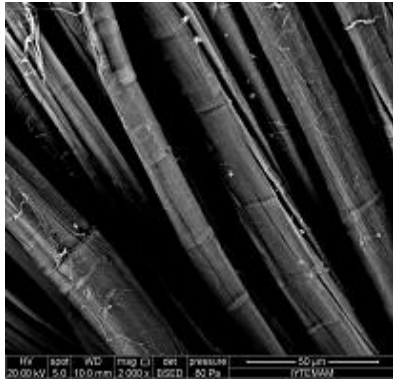
addition in the receipts this negative direction changed to the positive side. Especially for the G sample in the warp samples breaking strength values increased approximately 8%. It is concluded that the resulted treated samples breaking strength properties did not affect in a negative way.

Table 4. Breaking strength of the untreated and treated flax fabrics

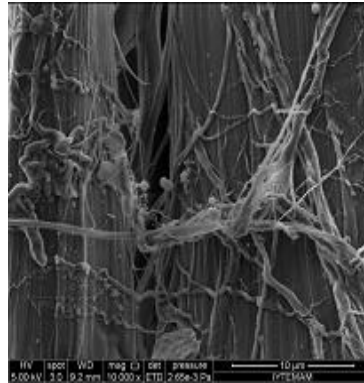
Samples	Breaking strength (warp, N)	Difference (%)	Breaking strength (weft, N)	Difference (%)
U	606.648	-	513.742	-
A	599.856	- 1.12	503.21	- 2.05
B	611.698	0.83	512.232	- 0.29
C	629.486	3.76	514.238	0.09
D	635.08	4.69	515.646	0.37
E	614.256	1.25	509.864	- 0.76
F	619.982	2.19	511.223	- 0.49
G	655.854	8.11	515.439	0.33

Scanning electron microscopic analysis examined the surface topology of untreated and treated flax fabrics shows in Figure 4. The SEM photographs expose that the effect of crosslinking is visible as the definition of fine structural detail in the

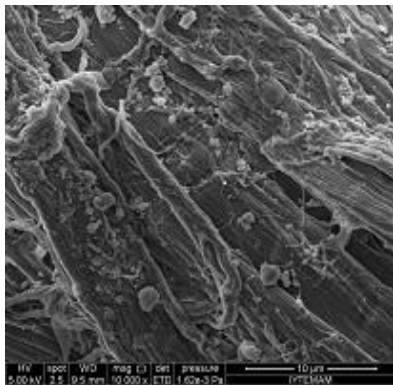
surface regions of flax fibers. With Al_2O_3 nanoparticle addition in the receipts, some agglomerations on the fibers surfaces were seen. The surface topography of the fibers is entirely modified after the treatments.



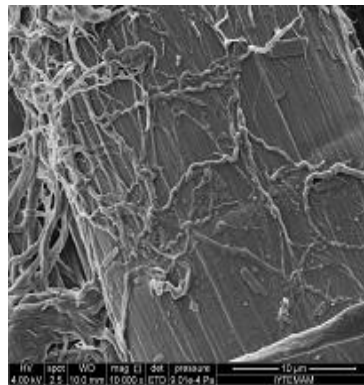
U



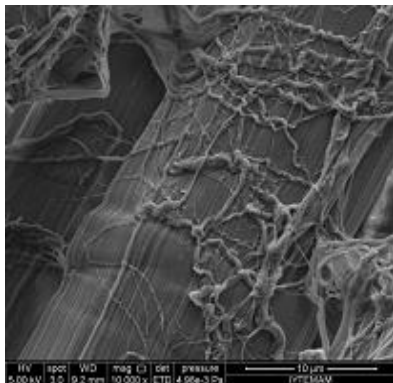
C



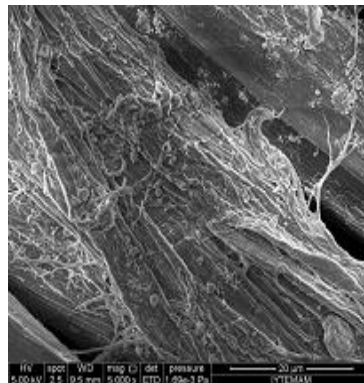
D



E



F



G

Figure 4. SEM spectra of untreated and treated flax fabrics.

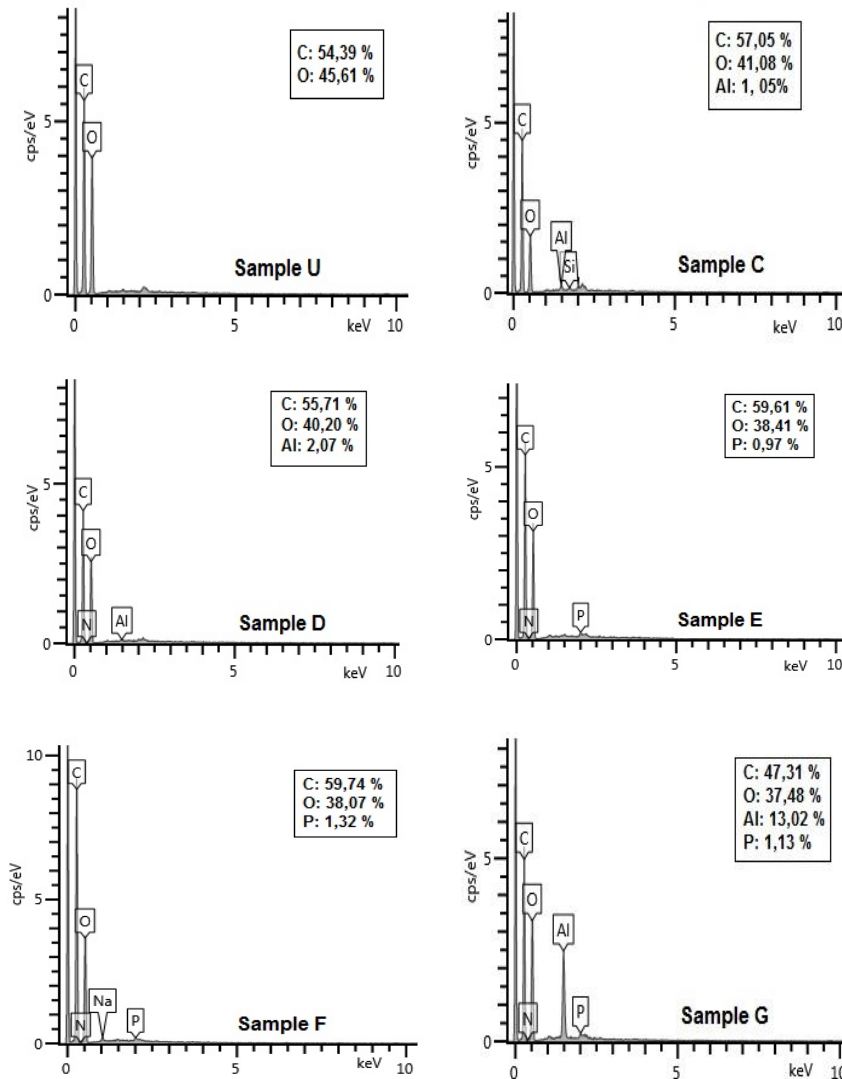


Figure 5. EDS spectra of untreated and treated flax fabrics

SEM-EDS analysis was also performed to verify the elemental composition of the treated flax fabric surfaces. Figure 5 shows EDS survey spectra of untreated and treated flax fabrics. The aluminium amount is determined as 1.05% for C, 2,07% for D and 13.02% for G samples. In the use of Nano PU and BTCA as crosslinking agent in the G receipt the aluminium peak shows an increase. These results promoted by the SEM photographs.

4. Discussion and Conclusions

In conclusion, it is demonstrated and characterized the possible durable multifunctional finishing process of linen fabrics. ATR-FTIR and SEM verified the presence of the Al₂O₃ nanoparticles and Nano PU deposited on the flax fibres. The flax

fabrics applied with the Al₂O₃ nanoparticles exhibited attractive wrinkle resistant and flame retardant properties. With the receipt G can be seen as the optimum values of the contents according to functional and physical properties. Al₂O₃ nanoparticles used as co-reactant into the chemical formulation enhanced the performance of chemical finishing and minimize side effects.

References

Chen C. C., Wang C.C. (2006). Crosslinking of cotton cellulose with succinic acid in the presence of titanium dioxide nano-catalyst under UV irradiation. *J Sol Gel Sci Technol* 40(1):31-38.

- Choi H.M., Welch C.M., Morris N.M. (1994). Nonphosphorus catalysts for formaldehyde-free DP finishing of cotton with 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid. *Textil de Res J* 64(9):501-507.
- Holme I. (2007). Innovative Technologies for high performance textiles. *Color Technol* 123:59-73.
- Kim E., Csiszar E. (2005). Chemical Finishing of Linen and Ramie Fabrics, *journal of Natural Fibers*, Vol. 2(3), 39-52.
- Lam Y. L., Kan C.W., Yuen C. W: M. (2010). Wrinkle-resistant finishing of cotton fabric with BTCA-the effect of cocatalyst. *Textile Res J*. Doi:10.1177/0040517510380777.
- Liu X., Hu J., Babu M.K., Wang S. (2008). Elasticity and Shape Memory Effect of Shape Memory Fabrics. *Textile Research Journal*, 78: 1048-1056.
- Mccall R. D., Kernaghan K. J., Sharma, H. S. S. (2001). Analysis of a Crease-Resisting Finish on Linen Fabrics Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Visible and Near-Infrared Spectroscopy, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 82, 1886-1896.
- Tzanov T., Cavaco-Paulo A. (2006). Surface modification of cellulose fibers with hydrolases and kinases. Modified fibers with medical and speciality applications, 59-180.
- Uğur Ş.S., Sarıışık M., Aktaş A.H. (2011). Nano-Al₂O₃ Multilayer Film Deposition on Cotton Fabrics by Layer-by Layer Deposition Method, *Materials Research Bulletin*, 46, 1202-1206.
- Vasile S., Ciesielska-Wrobel I. L., Langenhove L. V. (2012). Wrinkle Recovery of Flax Fabrics with embedded Suparelastic Shape Memory Alloys Wires, *FIBRES & TeXTİLES in Eastern Europe*, 20, 4(93): 56-61.
- Wang C.C., Chen C.C. (2005). Physical properties of crosslinked cellulose catalyzed with nano titanium dioxide. *J Appl Polym Sci* 97(6):2450-2456.
- Yuen C.W. M., Ku S.K.A., Kan C.W., Cheng Y.F., Choi P. S.R., Lam Y.L. (2007). Using nano TiO₂ as co-catalyst for improving wrinkle-resistant of cotton fabric. *Surf Rev Lett* 14(4):571-575.



Investigation of Dyes Adsorption with Activated Carbon Obtained from *Cordia myxa*

M. Kılıç^{1*}, A.S.K. Janabi¹

Abstract: The objective of this article is to investigate the adsorption of dye from aqueous solution using *Cordia myxa* as the target adsorbent. In the adsorption experiments active carbon (*Cordia myxa*) were used in raw form, treated with ZnCl₂ and sonic wave. Experimental studies have shown that C.I. Disperse Blue 56 (C.I.D.B 56) dye adsorption of active carbon obtained from (*Cordia myxa*) is maximum at pH 7. The adsorption process was completed in 60 minutes and about 80% were completed in the first 30 minutes. The best adsorption took place at 25°C. All adsorption events are fit in with pseudo 2nd order reaction kinetics and adsorption equilibrium is fit in with Freundlich Isotherm. The using of sonic wave in activated carbon (*Cordia myxa*) preparation increased the surface area 2,5 times. Sonic wave activation created bubbles and new pores when viewed from SEM photographs. In particular, it has been determined that sonic wave is an effective method for preparing activated carbon. When thermodynamic parameters are taken into account, it is determined that no external energy is required for the adsorption to occur and the physical events are more dominant in the adsorption.

Keywords: Adsorption, *Cordia myxa*, Dye, Aqueous solution, Kinetics, Isotherm, Thermodynamics

1. Introduction

Recently waste products to the environment represent one of the important problem in the world that has been highlighted by many research deals with environmentalist field. There are many kinds of waste produced from industries such as colored organic wastes, textiles, rubber, paper, plastic, cosmetics, etc. Discharging of dyes into water resources which can affect the hydrous life and food web. Dyes can also cause different kinds of skin diseases. Some of them have been reported to be carcinogenic and mutagenic for aquatic organisms. The possesses of treatment for painter in industrial wastewater have many difficulties since painters are generally difficult degenerate to biologically. Many different techniques have been used for the removal of colored dyes from wastewater such as oxidation, nano filtration, ozonation and coagulation (Yesilada et al., 2002; Ugurlu and Gurses, 2007).

The greatest environmental concern problem deals with dyes absorption and reflection of sunlight that

entered to the water which interferes on the growth of bacteria to levels cannot biologically degrade impurities in the water. pigment in effluents can effect as follows:

1. Pigment may have acute and/or chronic effects on exposed organisms dependence on the exposure time and dye concentration.
2. Pigments are inherently highly visible, meaning that concentration as low as 0.005 ppm capture the attention of both the people and the reserchs.
3. Pigments absorb and reflect sunlight entering water and so can interfere with the growth of bacteria and hinder photosyn article in aquatic plants (Skolar and Marechal, 1998).

The annual production of pigments in the world is about 7×10⁵ t, 5–10% of textile industries. The important of treatment of these pigments are of characteristics origin and toxic in nature with suspected carcinogenic and genotoxic effects (Sudipta et al., 2005). It is clear that 10-25% of textile pigments are lost during the dyeing process, and 2-20% of such dyes are directly released as aqueous effluents in different environmental

¹Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Isparta, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı): mehmetkilic@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Kılıç, M., Janabi, A.S.K. (2017). Investigation of Dyes Adsorption with Activated Carbon Obtained from *Cordia myxa*. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 87-104.

constituents (Baban et al., 2010). Leading to clear water pollution, a great problem in modern era. The World Bank has estimated that almost 20% of dyeing (Kalaiarasi et al., 2012). In general, dyes are low degradable materials or are not effect by environmental conditions (Crini, 2006). The main methods which are used to remove or treat colored effluents are oxidation, coagulation and flocculation, biological treatment, membrane filtration, etc. furthermore, these methods are not enough to remove certain forms of color, particularly those arising from reactive dyes as a result of their high solubility and low biodegradability (Tsai et al., 2001). Adsorption treatment method is an effective alternative method used to remove of paint from waste water. The adsorption treatment has many advantages, such as less sensitivity to daily change, less susceptibility to toxic chemicals, greater flexibility in design and operation, and superiority in the removal of organic pollutants, with less space (half or quaternary as needed in a biological system) (Vijayaraghavan et al., 2009).

The main factors effect on adsorption process are:

1. The main properties of the active carbon (i.e., surface area, pore size, chemical composition, etc.)
2. The main properties of the dyes (molecular size, molecular polarity, chemical composition, etc.).
3. The concentration of the adsorbate in the solution.
4. The characteristics of solution (pH, temperature).
5. The contact time of the system (Amin, 2008).

The adsorption of the activated carbon is highly effective element which is used to removing dyes and pigments (Bhatia, 2001), such as clay minerals (Meshko et al., 2001), bottom and fly ash (Forgacs et al., 2004; Kadirvelu et al., 2000), fungi (Wang et al., 2004), waste materials from agriculture representing an essential target for these countries (Wang et al., 2010; Jason et al., 2003).

In addition, a series of recent studies have focused on the adsorption of some dyes (acid, basic, reactive and metal compound) with chips of different woods. In general, there are two processes for preparing activated carbon physical activation and chemical activation process. As compared of physical activation, the chemical activation has two important advantages. The first is that the temperature at which the process is performed is low. The other is that there is not much need for carbonization during chemical

global industrial water pollution comes from the treatment process and different kinds of textiles

activation. Numerous water absorbers or field desiccants include chemical agents commonly used in the preparation of zinc chloride active carbon (Rao et al., 2006). Development of nano porous structure in by chemical activation carbons with Zinc Chloride will lead to high adsorption of carbon for dyes and pigments (Ahmadpour and Do, 1997; Mohanty et al., 2005; Kannan and Rengasamy, 2005; Ugurlu et al., 2007). Furthermore, different variables during the activation process are very important in increasing the porosity of carbon sought.

The ultrasonic wave causes the phenomenon known as cavitation in the environment where microscopic bubbles grow in the liquid medium and result in explosion. This Sudden explosive collapse of these bubbles, " hot spots " can enhance various chemical and physical processes. (Mason and Peters, 1999; Suslick et al., 1986). In other words, localized high temperature, high pressure, shock waves and strong cutting force can break chemical bonds. (Kamel et al., 2003; El-Shishtawy et al., 2003). The acoustic flow caused by the sonic wave is the action of liquid, which can be thought of as a kinetic energy conversion of sound. This event increases the mass transfer rate near the surface (Chakma and Moholkar, 2011; Kuppa and Moholkar, 2010). Ultrasonic processing is practically used in wastewater treatment due to the high productivity of chemically hazardous pollutants, biologically degradable biological objects, saprophytes and pathogenic microorganisms, water purification from viruses, microscopic environments. Ultrasonic purification is an effective and ecological method for removing water from organic and microbiological components (Dos Santos Fernandes et al., 2011). The aim of this work is to convert the *Cordia myxa* fruits to active carbon by thermal, chemical and ultrasonic methods to show the potential of adsorbing the C.I. Disperse Blue 56 Disperse dye of the obtained activated carbon.

2. Materials and methods

2.1. Dye solution preparation

C.I. Disperse Blue 56 (C.I.D.B56) is a Disperse dye., (CI= 63,285, chemical formula $C_{14}H_9BrN_2O_4$, CAS 31810-89-6, MW=349,1391 g.mol⁻¹, and λ_{max} =556 nm .dye solutions (1000

mgL⁻¹) were prepared by dissolving 0.005 g of dye 1 L of double distilled water. The dye was filtered 3 time by using a paper filter. Chemical structure of the dye is shown in Figure 1.

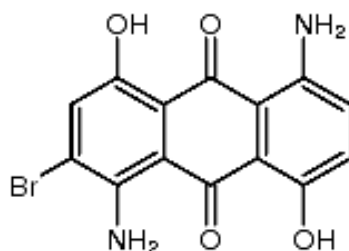


Figure 1. Molecular structure of C.I. Disperse Blue 56.

2.2. Preparation and characterization of activated carbon

2.2.1. Preparation of activated charcoal (raw 400 °C)

C. myxa was collected from local trees in Baghdad (Iraq). The collected material was washed with double distilled water to remove water-soluble impurities and surface-adhered particles. Then, the adsorbent was oven dried at 105 °C to remove the moisture and other volatile impurities.

Two various methods for the prepare the activated carbon: physical activation and chemical activation methods (Ho et al., 2005). Chemical activation provides advantages which the dye removal was applied in batch mode. Adsorption experiments were obtained by suspending charcoal in the effluent and analyzing the supernatant by spectroscopic method. The resulting impregnated solids were placed in the capsule, Nitrogen flow at a rate of 150 cm³ min⁻¹ at the capsule for 3 minutes. And after the capsule was placed in a stainless-steel tubular reactor and heated to a temperature of 400 °C for 2h This process occurs under the nitrogen gas environment. The products were soaked in concentrated 0.5 M HCl in a enough amount to overlay the material completely for 24 hour. The products were washed sequentially with low temperature distilled water to expel residual organic and mineral materials and continuous washing to become. The pH of the wash water is about (6 - 6.5) and then dried at 105°C for 24 h. (Do and Ahmadpour, 1997). The heating rate and nitrogen flow were kept constant

in all experiments. Dried *Cordia myxa* grinded with mortar then passed through sieve of 425-micron size. The prepartate method of the activated charcoal has been obtained in the following flowchart (Chart 1):

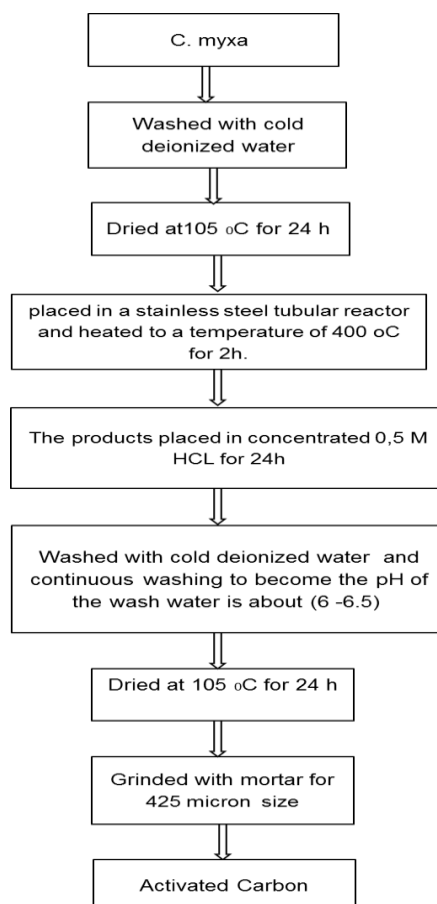


Chart 1. For the preparation of activated charcoal from *C. myxa*

2.2.2. Preparation of activated charcoal by use zinc chloride and the sonic wave assisted (400 °C + ZnCl₂+ sonic wave)

In this preparation procedure, sonic wave application and chemical activation with ZnCl₂ was applied to the activated carbon that was produced by physical activation procedure. The procedure was carried out by diluting 0.5 g activated carbon in 100 mL of ZnCl₂ solution and mixing the resulting solution for 12 h on a magnetic stirrer. After mixing completed, the solution filtered and oven dried for 24 h at 105 °C. Then, dried materials were diluted in 100 mL distilled water in a beaker. The solution subjected to sonic wave application by using sonic frequency

of 20 kHz with powers (750 W) for 20 min. Furthermore, after this procedure, the final product was filtered by using a paper filter and dried in oven at 105 °C at 24 h to remove the moisture and other volatile impurities. The procedure of the activated charcoal preparation by using zinc chloride and sonic wave has been presented in the following flowchart:

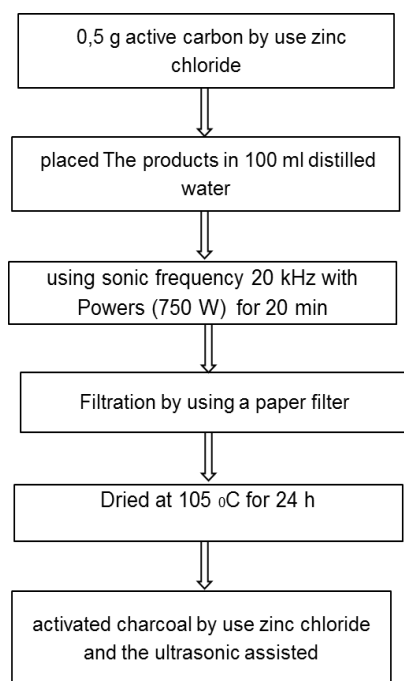


Chart 2. The preparation of activated charcoal by use zinc chloride and the sonic wave assisted from *C. myxa*

2.3. Batch equilibrium studies

The process of dye removal was applied in batch mode for all experiments. These experiments were performed by diluting charcoal in dye solutions. Equilibrium experiments for the adsorption process onto the selected activated carbons were carried out by using 0.1 g of adsorbent per 25 ml of dye solution. The pH value of the solution in each flask was adjusted between 1-9 with HCl and NaOH solutions. The mixtures were agitated on a shaker incubator at a constant speed of 150 rpm for a constant time of 240 min. When the time is over, the solution in each bottle centrifuged at 10.000 rpm for 10 minutes. The influence of pH was also studied by adjusting the reaction mixture to different initial pH values and analyzing the residual color at the equilibrium contact time.

2.4. Analysis

The concentration of C.I. D.B. 56 was determined and it has constant value in the supernatant after and before adsorption with a 1.0 cm light path quartz cells using UV-Visible spectrophotometer (Hach DR 5000). at λ_{max} of 549 nm, Prior to the measurement a calibration curve was calculated by using the standard C.I. D.B. 56 solution with known concentrations.

Then the ratio of dye removal was obtained by using the following relation:

$$\%Ad = (C_0 - C_e) / C_0 * 100 \quad (1)$$

The amount of dye adsorbed onto the activated carbons, q_e ($mg \cdot g^{-1}$), was obtained according to:

$$q_e = (C_0 - C_e) V / W \quad (2)$$

Where C_0 and C_e are the initial and the final dye concentrations ($mg \cdot l^{-1}$), respectively, and W is the amount of adsorbent (g), V is the volume of the solution (L) (Ran Zhao et al. 2010).

3. Results and Discussions

3.1. Character of character of *C. myxa*

The BET surface area was obtained from N_2 adsorption isotherms by using the Brunauer–Emmett–Teller (BET) equation (Gregg and Sing, 1982). Physical characterizations of *C. myxa* were given in Table 1. The microstructure of *C. myxa* plays an important role on the adsorption capacity. It is well know from the existing literature that surface area of an activated carbon produced from several agricultural by-products becomes greater than that of its raw form after it is subjected to physical or chemical treatments. In this study, the reason of why surface area of the activated carbons examined did not increase so much can be referred to the low lignin content of the adsorbent material, of which fruits were used as adsorbent.

Table 1. Physical characterization of *C. myxa*

Parameters	Value (raw 400 °C)	Value (400 °C + ZnCl2+ sonic wave)
BET surface area ($m^2 \cdot g^{-1}$)	1.38	5.95
pore volume ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	0.0023	0.0095
PORTION SIZE (nm)	6.84	6.42

Fig.2 show the Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis of activated carbon (*C. myxa*) as raw material (*C.myxa*) and the active carbon from (raw *C.myxa*). SEMs of the (raw *C.myxa*) explain the development of porosity of the prepared activated carbons after activation and carbonization at the optimum operating conditions

with x334-1000 magnification. From Figure 2, it appears that the outer surface is filled with voids. Furthermore, SEM showed different preparation conditions with different porosity. In addition, porosity also depends on the starting material (El-Sheikh et al. 2004).

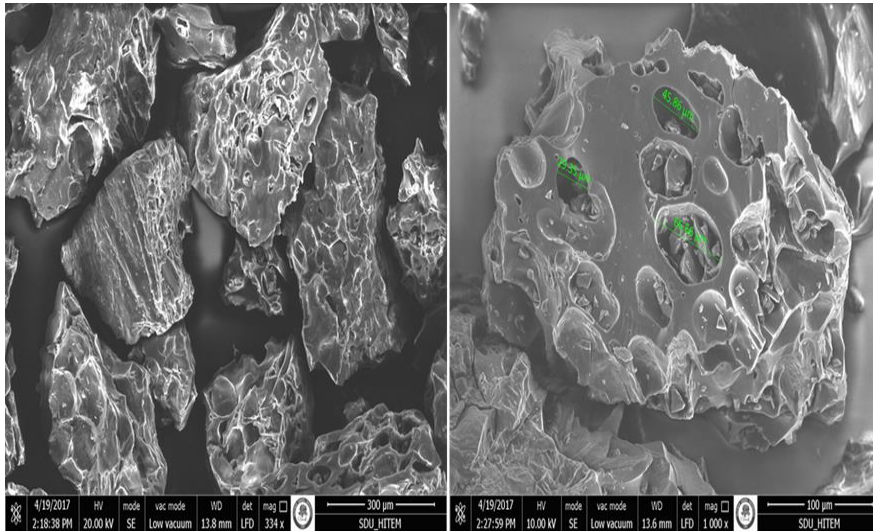


Figure 2. SEM of Produced activated carbon at 400°C raw SEM images of the sample at x334-1000 magnification

Figure 3 shows SEM image of the activated carbon obtained by (physical activation + chemical activation + sonic wave) applications. It is clearly seen that the pores formed in different shapes and sizes. This result imply that this examined activated carbon had more pore openings. It was

thought that cracks, which are formed as a result of treatment with $ZnCl_2$, were broken up by the effect of the sonic cavitation, and new pores are formed. In the same way, an increase in the specific amount is observed but the surface area is increased to a small extent.

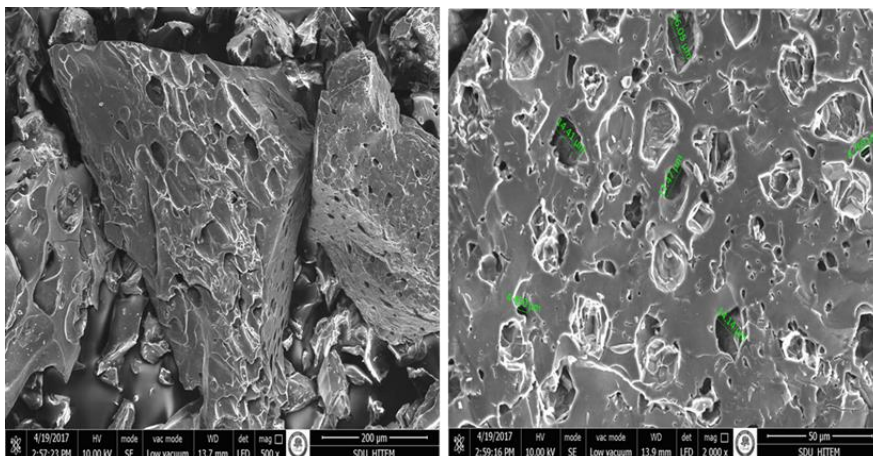


Figure 3. SEM of Produced activated carbon At 400°C+ $ZnCl_2$ + sonic wave SEM images of the sample at x500-2000 magnification

3.2. Effect of pH

The results of the experiments carried out to determine the effect of pH change on the adsorption are presented in Figure 4. (a) raw 400 °C. As shown in Figure 4. (a) raw 400 °C, the highest specific capture value was anticipated at pH 1. With higher pH, the specific trapping amount of sorbent dye was reduced to 2,02 mg / g at pH 3. After pH 3, the capture increased to 3.4 mg/g at pH 5. After this value, the pH do not stay constant for capturing, while at pH 7,8 and 9 the trend did not show any appreciable increase and decrease. pH is an important parameter in adsorption since it affects the surface character of the adsorbent, as it affects the behavior of the adsorbate in solution. Therefore, it is absolutely necessary to determine the optimum pH value in each adsorption run. As the pH increased, the negatively charged sites on the sorbent surface increase whereas the positively charged sites decrease. C.I. D.B 56 dye. This means that the positively charged region will allow the electrostatic quartz to enter the circuit. Negatively charged surface areas on the adsorbent do not favor adsorption of dye anions due to electrical repulsion. If the pH value of the solution is high during the adsorption of anionic dyes, the OH- ions enter the dye anions and the adsorbent surface

does not prefer to adsorb dye anions (Özcan and Özcan, 2004). For this reason, the raw *Cordia myxa* plant was exposed to 400 °C pyrolysis to obtain activated carbon. By decreasing the pH value, activated carbon surface is protonated and anionic color is retained. The change in adsorption efficiency with pH value is shown in Figure 4.(a) raw 400 °C. Thus, Optimum pH value was taken as 5 despite this value not the maximum. when the pH value taken 1 meaning there is an excess acid in the solution.

The change of adsorption phenomenon by pH value is presented in Figure 4. (b) 400 °C+ZnCl₂ + sonic wave. As shown in Figure 4. (b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave, the maximum specific capture value was increased up to 3.22 mgg⁻¹ at pH1, while the pH increased, sorbent specific capture amount decreased to this pH was 2.78 mg g⁻¹ at pH 3. After pH 3, the capture was increased to 3.11 mg g⁻¹ at pH 4. After this value, the pH do not stay constant for capturing. This increase continued until pH 7. The capture amount at pH 7 was approximately 3.47 mgg⁻¹. Therefore, the optimum pH value was taken as pH 7. Subsequent sorption experiments were carried out at pH 7 have indicated that dye solubility pH values play an important role in adsorption capacity and adsorption (Bousher et al., 1997).

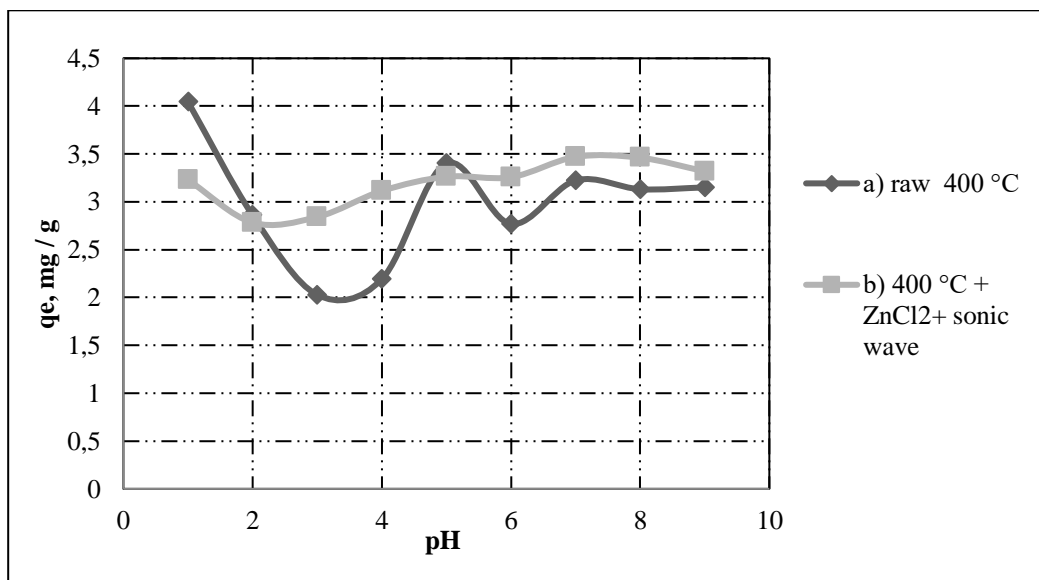


Figure 4. Effect of pH on the removal of dyes (a) raw 400 °C at 25 °C (b) 400 °C + ZnCl₂ + sonic wave at 25 °C

3.3. Effect of adsorbent dosage

Equilibrium data, known as adsorption isotherms, are one of the important parameters that must be known for the design of adsorption systems. Equilibrium data must be obtained experimentally before designing adsorption systems. In this study, it was researched whether the Langmuir and Freundlich isotherms, which have a lot of use in adsorption studies and environmental engineering, fit the experimental data. The coefficients of these isotherms were calculated for a given pH, initial concentration, temperature, and mixing rate. By using these coefficients, it is tried to have knowledge about active carbon dye adsorption. The experimental data obtained during the adsorption of the activated carbon are shown in Figure 5.(a) 400 °C raw. Figure 5.(a) 400 °C raw shows that capacity decreases as the amount of adsorbent increases. When the amount of adsorbent increases, q_e decreases. Adsorbent adsorbed with increasing dose per gram of adsorbent can be explained by the amount of the

dye adsorption q_e reduction unit. As the adsorption dose increases, the amount of adsorbed is actually increased, but when the adsorbent is calculated per unit, the q_e value, ie, the unit adsorption is less. In the adsorption with activated carbon, q_{max} appeared to be 6.80 mg g^{-1} at a dosage of 0.1 g.

The experimental data obtained during the adsorption of C.I.D.B 56 with activated carbon obtained by exposure of the chemically activated carbon to the sonic wave are presented in Figure 5.(b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave. Figure 5.(b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave shows that as the amount of adsorbent increases, q_e decreases. q_e reduction of the amount of adsorbed per gram of adsorbent with increased adsorbent desorption can be explained by unit adsorption. As the adsorption dose increases, the amount of adsorbed is actually increased, but when the adsorbent is calculated per unit, the q_e value, ie, the unit adsorption, is less. In the adsorption with activated carbon, q_{max} was found to be 6.93 mg g^{-1} at a dosage of 0.1 g (Karim et al., 2006).

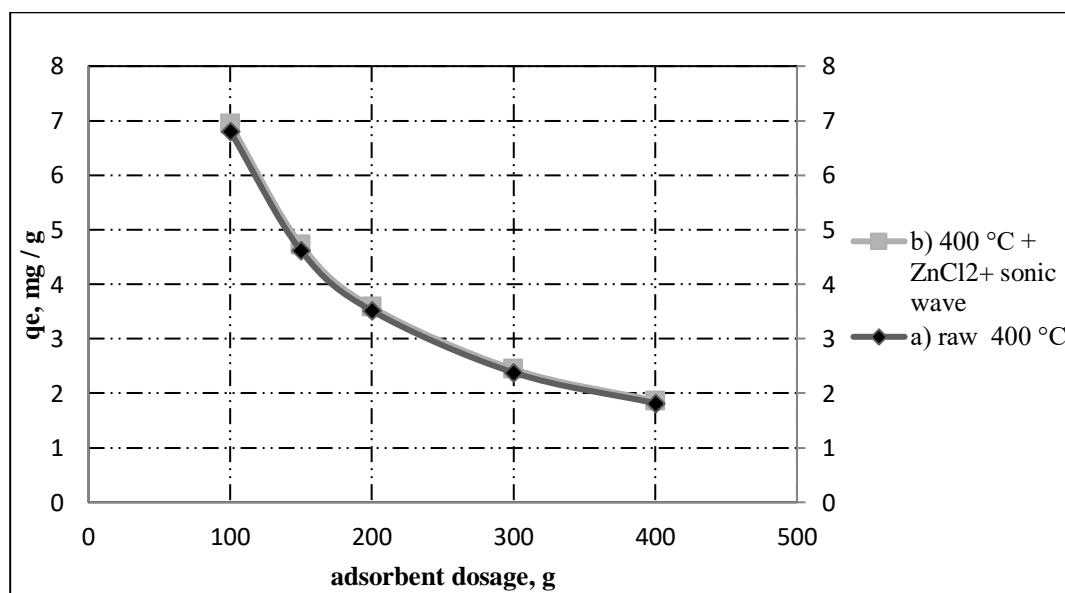


Figure 5. Effect of adsorbent dosage on the removal of dyes (a) raw 400°C (pH 5 at 25 °C) (b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave (pH 7 at 25 °C)

3.4. Effect of contact time

In order for the adsorption effect to occur, the adsorbent and the adsorbed material must contact for a certain period of time. The determination of the rate of adsorption to reach the equilibrium is important for the application of sorbent. The data

obtained during the determination of the contact time also gives information about the speed of the process. In this way kinetic constants are obtained and reactor design data is obtained during application. In order to accurately determine the kinetic data of the adsorption kinetic the dye in the solution it is necessary to carry out test studies

(McKay et al., 1999). The data obtained as a result of kinetic studies are presented in Figure 6. (a) 400 °C. As shown in Figure 6. (a) 400 °C, the effect on the carbon adsorption capacity of the contact time is constantly increasing within the first 30 minutes and at this point approximately 80% of the adsorption phenomenon is patchy. After 240 minutes, the specific capture rate of the sorbent dye is 3.4 mg g⁻¹. After 30 minutes the sorption reaction is completed in approximately 240 minutes, with no significant increase in 60 and 120 minutes. The completion of the majority of the adsorption reactions in the first 30 minutes is an indication that the physical reactions predominate in the adsorption mechanism. By mixing, the water boundary layer around the sorbent particles is broken down. Thus, the layer from which the solubilizing dye molecules will resist the sorbent diffusion is rising. When this layer is raised from the center, the dye molecules can be retained on the surface and pores of the sorbent. The low result may be explained by a discrepancy between the sorbent porous diameter and the size of the dye molecules. The dye molecules are bigger than the pores on the sorbent surface, so the adsorption is not as high as expected. It can be said that chemical reactions are more intense in the trapping process after 30 minutes. The reason for this is that the adsorption phenomenon is slow. performed dye adsorption with activated carbon from sawdust and emphasized that the size of the carbon pore and the size of the dye molecules are important in adsorption at the end of contact time studies. On the other hand, the work carried out was similar to that of this study and most of the adsorption was completed in the first 15 minutes. After 15 minutes the capture slowed down and suggested the idea that the dye was held as a single layer on the sorbent. at the first 15 minutes, the surface of the sorbent with time going inward through the cracks have been found, the voids are filled with the dye molecules in the solution. This is happening slowly (Malik, 2004).

Experiments for the exchange of adsorption phenomenon with contact time are the results obtained. Presented at 6. (b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave. As shown in Figure 6. (b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave, the effect of the contact time on the carbon adsorption capacity is continuously increasing within the first 30 minutes and at this point more than about 90% of the adsorption process is completed. After 240 minutes, the specific capture rate of the sorbent dye is 3.42 mg

g⁻¹. After 30 minutes, the sorption reactions is completed in approximately 240 minutes, with no significant increase in 60 and 120 minutes. Data obtained as a result of kinetic studies Presented at Figure 6. (b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave. As shown in Figure 6. (b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave the effect of the contact time on the carbon adsorption capacity is continuously increasing within the first 30 minutes and at this point approximately 92% of the adsorption process is completed. After 240 minutes, the specific capture rate of the sorbent dye is 3.49 mg g⁻¹. After 30 minutes, the sorption reactions is completed in approximately 240 minutes, with no significant increase in 60 and 120 minutes. The completion of the majority of the adsorption reactions in the first 30 minutes, as in the other adsorption runs, is an indication that the physical reactions predominate in the adsorption mechanism. After 30 minutes, the chemical reactions in the capture process may be more intense. The reason for this is that the adsorption phenomenon is slow.

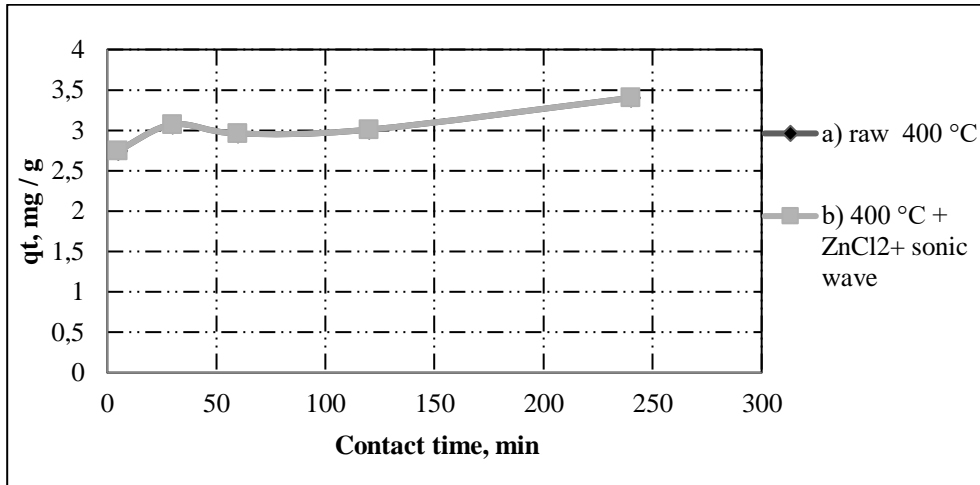


Figure 6. Effect of contact time on the removal of dyes (a) raw400°C (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 5 at 25°C) (b) 400 °C+ZnCl₂+ sonic wave (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 7 at 25°C).

3.5. Adsorption kinetic study

3.5.1. Pseudo-first-order model

Depending on the absorption capacity of the adsorbent, Lagergren's (McKay et al., 1999) first order velocity expression is shown as follows:

$$dq_t/dt = k_1(q_e - q_t) \quad (3)$$

Where q_t is the amount of contaminant adsorbed on the adsorbent at time t , and k_1 is the Lagrangian first order adsorption rate constant. After combining and boundary conditions from $t = 0$ to $t = t$ and $q_t = 0$ to $q_t = q_t$, the union of equation 4 becomes:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - (k_1/2.303) * t \quad (4)$$

Where q_e and q_t are the adsorbed amount (mgg⁻¹) at equilibrium and at any time t , and k_1 is the velocity constant (min⁻¹). The plot against $\log(q_e - q_t)$ gives a straight line for the adsorption kinetics at first order. The value of the velocity constant from the first order is obtained from the slope of the straight line k_1 .

3.5.2. Pseudo second order kinetics

The second order equation is based on the absorption capacity of the solid phase. (Martell AE and Smith RM, 1977). Unlike the other model, the concentration predicts behavior over the entire

range. This can be called second order kinetic velocity equation and can be written as follow:

$$dq_t/dt = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (5)$$

Where K_2 is the second order rate constant (min g mg⁻¹), q_e and q_t represent the amount of dye (mg g⁻¹) adsorbed at equilibrium and at any time. The separation of the variables in Eq.6 :

$$dq_t/(q_e - q_t)^2 = k_2 t \quad (6)$$

Where k_2 is the rate constant of the second order adsorption. The combined and linear form of equation 7 for boundary conditions $t = 0, t = t$ and $q_t = 0, q_t = q_t$ is as follows:

$$t/q_t = 1/(k_2 * q_e)^2 + (1/q_e) * t \quad (7)$$

By using the data between the contact time and the adsorption to determine the adsorption kinetics. The data obtained for this purpose were applied to pseudo 1st and 2nd degree kinetic values. The graph drawn for the pseudo first degree kinetic data is shown in Figure 6. (a) 400raw, and the graph drawn for the pseudo second degree kinetic data is shown in Figure 7.(a) raw 400. The constants of the kinetic formulas are given in Table 2. As seen in Table 2, it appears that the kinetics of the adsorption correspond the pseudo second order kinetic equation. Looking at the R^2 values of the plotted graphs, the R^2 value of the pseudo first order kinetic equation is obtained as 0.379, while

the R^2 value of the pseudo second order kinetic equation is obtained as 0.99. When determining the kinetic equations, the first thing to note is that the regression coefficient is high. It is believed that the quinine, which is high in R^2 , explains the reactions. Accordingly, the kinetics of the adsorption between the activated carbon obtained by burning at 400 °C and the C.I.D.B 56 dye is explained by the pseudo second order kinetics, because the regression coefficient for the pseudo first order kinetics is 0.379 while the regression coefficient for the second order pseudo is greater than 0.99. On the other hand, when the q_e values obtained from the equilibrium are compared, the pseudo second order kinetic equation predicts closer results than the pseudo first order kinetic equation. The q_e value estimated by the experimentally obtained $q_e=3.40 \text{ mg g}^{-1}$, pseudo first order kinetic equation was $q_e=2.51 \text{ mg g}^{-1}$ while the q_e value calculated using the pseudo second order kinetic equation was $q_e=3.41 \text{ mg g}^{-1}$. Many kinetic models are used to determine the reaction rates of adsorption systems. The commonly used kinetic model is a pseudo-first order reaction equation (Ho and Wang, 2006]. The pseudo first order kinetic equation is a first order equation that evaluates the adsorption ratio according to adsorption capacity (Ho, 2006). The pseudo first-order kinetic equation fits not the whole contact time but the first 20-30 minutes. The k_1 value of the pseudo first order kinetics equation varies depending on the initial adsorbate concentration. Usually, the value of k_1 decreases with increasing adsorbate concentration. The

pseudo second-order velocity equation developed by Ho in 1995 showed that the velocity is independent of the adsorbate concentration, the adsorption capacity in the solid phase and the time dependence. k_2 value often varies depending on operating parameters such as initial concentration of adsorbate, pH, temperature and agitation intensity. Generally, where the k_2 value interprets as a time-scaling factor, the k_2 value decreases as the concentration of adsorbate in the liquid phase increases. The pseudo second degree equality is also interpreted as a special kind of Langmuir kinetics. This interpretation assumes that the adsorbate concentration remains constant over time and depends on the adsorbed concentration of adsorbate (Gupta and Bhattacharyya, 2011).

By using the data between the contact time and the adsorption to determine the adsorption kinetics. The data obtained for this purpose are pseudo. And second-order kinetic values. Figure 6.(b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave for pseudo first-order kinetic data, and Figure 7. (b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave for pseudo second-order kinetic data. The constants of the kinetic formulas are given in Table 2. By using the data between the contact time and the adsorption, to determine the adsorption kinetics. The data obtained for this purpose are pseudo. First-order kinetic and second-order kinetic values. Figure 6.(b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave for pseudo first-order kinetic data, and Figure 7.(b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave for pseudo second-order kinetic data. The constants of the kinetic formulas are given in Table 2.

Table 2. Kinetic parameters for the removal of C.I.D.B 56 by *C.myxa*

Pseudo-first-order constants	$q_{e(\text{exp})}(\text{mg g}^{-1})$	K_1	$q_{e(\text{cal})}(\text{mg g}^{-1})$	$R^2(\text{liner})$
raw 400 °C	3,40	-0,0029	2,51	0,37
400°C + ZnCl ₂ + sonic wave	3,46	-0,0016	2,31	0,33
Pseudo-second-order Constants	$q_{e(\text{exp})}(\text{mg g}^{-1})$	K_2	$q_{e(\text{cal})}(\text{mg g}^{-1})$	$R^2(\text{liner})$
raw 400 °C	3,40	0,047	3,41	0,99
400 °C + ZnCl ₂ + sonic wave	3,46	0,051	3,49	0,93

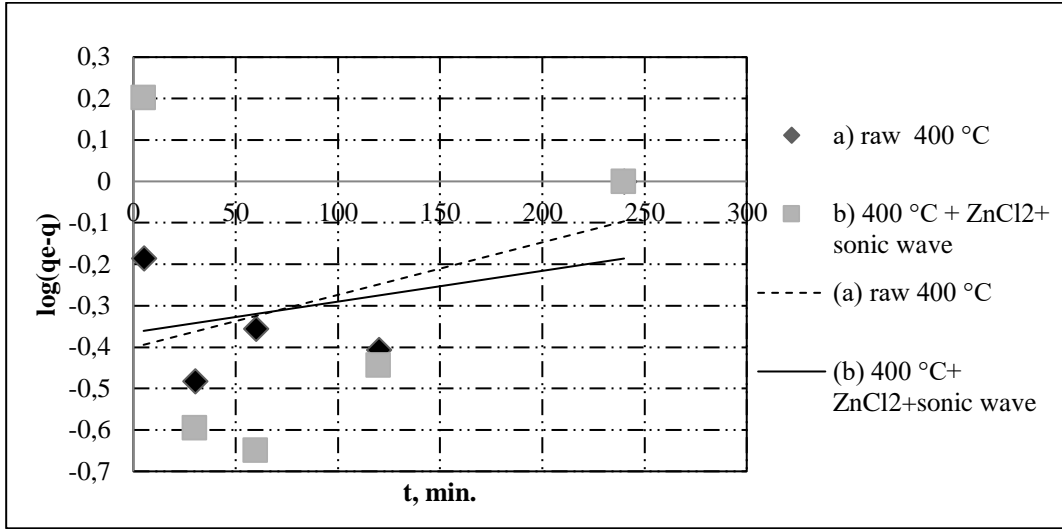


Figure 7. Kinetics of dye removal according to the pseudo-first order model (a) raw 400 °C (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 5 at 25 °C) (b) +ZnCl₂+ sonic wave (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 7 at 25 °C)

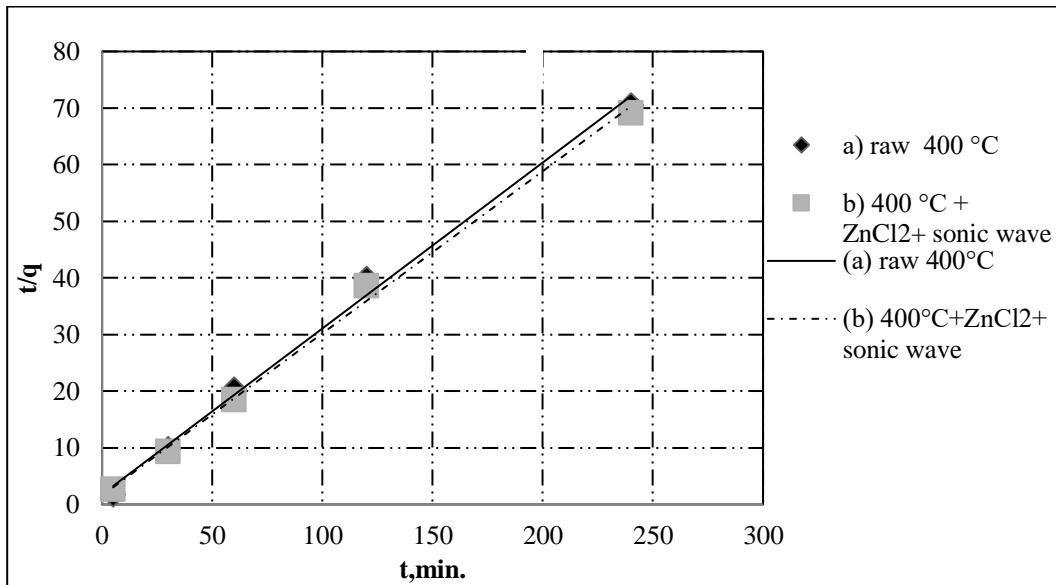


Figure 8. Kinetics of dye removal according to pseudo-second order model (a) raw 400 °C (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 5 at 25 °C) (b) 400 °C + ZnCl₂ + sonic wave (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 7 at 25 °C)

3.6. Adsorption isotherm

The adsorption isotherm mentions how the adsorption molecules arrange between the liquid phase and the solid phase when the adsorption process at equilibrium state. The fitting of the isotherm analysis data as different isotherm models

is an important step to obtain the suitable model that can be used for design purposes (El-Guendi, 1991).

The adsorption isotherm is a functional expression for the change of adsorbate against with concentration of substance at temperature with

constant value (Weber, 1972). Upward convection isotherm is suitable because a relatively high solid load can be obtained at low concentration in the liquid. An upwardly concave isotherm is called ineffective because it produces a relatively low solid load and causes a relatively long mass transfer zone in the bed. The linear isotherm passes through and the adsorbed amount is proportional to the concentration in the liquid. From these curves, adsorption will be recorded as a specific property depending on the nature of the adsorbate-adsorbent system (McCabe et al., 1993).

3.6.1. Langmuir isotherm

Langmuir isotherm assumes monolayer adsorption onto a surface containing a finite number of adsorption sites of uniform strategies of adsorption with no transmigration of adsorbate in the plane of surface (T.W. Weber and R.K. Chakravorti., 1974). The Langmuir equation is given in Equation 8 (Langmuir, 1918).

$$q_e = (q_{max} * K_L * C_e) / (1 + K_L * C_e) \quad (8)$$

When the equation is rearranged

$$C_e / q_e = (1 / q_{max} * K_L) + (C_e / q_{max}) \quad (9)$$

Where q_e is the amount of dye adsorbed ($mg g^{-1}$), q_{max} is q_e for a complete monolayer ($mg g^{-1}$), K_L is the sorption equilibrium constant ($l mg^{-1}$), C_e is the equilibrium concentration ($mg g^{-1}$). A plot of C_e / q_e versus C_e should indicate a straight line of slope ($1 / q_{max}$) and an intercept of ($1 / q_{max} * K_L$), (Weber and Chakravorti, 1974).

The fundamental characteristics of the Langmuir equation can be explained in expression of a dimensionless factor. The basic properties of the Langmuir equation can be expressed in terms of a dimensionless factor R_L given below (Freundlich, 1906), R_L as in the following :

$$R_L = 1 / (1 + K_L * C_0) \quad (10)$$

The R_L value mentions the kind of the isotherm to be either favorable ($0 < R_L < 1$), unfavorable ($R_L > 1$),

linear ($R_L = 1$) or irreversible ($R_L = 0$).

3.6.2. Freundlich isotherm

The Freundlich relation is an experimental relation applied to describe heterogeneous systems

characterized by the heterogeneity factor $1 / n$. Then it can be written as follows: (Freundlich, 1906).

$$q_e = K_f * C_e^{1/n} \quad (11)$$

When the equation is rearranged

$$\log q_e = \log K_f + (1/n) * \log C_e \quad (12)$$

Where q_e is the equilibrium dye concentration on adsorbent ($mg g^{-1}$), C_e is the equilibrium dye concentration in solution ($mg l^{-1}$), K_f is Freundlich constant $mg g^{-1}$ and $1/n$ is the heterogeneity factor, respectively. A value of $1 / n$ ranging from 0 to 1 is a measure of the adsorption density or surface heterogeneity and becomes more heterogeneous when the value approaches zero. While the value of $1 / n$ lower than one value indicates a normal Langmuir isotherm, however, $1/n$ more than one is indicative of the cooperative adsorption indicator (Tan et al., 2007).

Experimental data in which the effects of adsorbent dose and contact time on the adsorption capacities of carbon samples were determined were analyzed by linear regression analysis and applied to Langmuir and Freundlich isotherm models and isotherm constants were determined. In the equilibrium studies, the initial concentration was selected to be $100 mg l^{-1}$ by taking advantage of the previous studies. This is to be able to avoid the error due to the lack of ions in the intended environment. In order to determine the maximum adsorption capacity, the concentration of metal in the solution should not be lacking (Lagergren, 1898). The adsorption isotherm allows us to have an idea of the distribution of adsorbed molecules between liquid and solid phase when the adsorption process reaches equilibrium (Veglio and Beolchini, 1997). On the other hand, how much sorbent is important in terms of giving an idea about how much sorbent will be caught. As can be seen from Table 3, that the adsorption of Freundlich isotherm of R^2 is also compatible with Freundlich isotherm. Freundlich provides the condition of $0 < 1/n < 1$ at $25 ^\circ C$ as seen in Table 3. As the $1/n$ value approaches zero the surface area of the sorbent becomes more heterogeneous. Therefore, the activated carbon have prepared has a very heterogeneous surface and can be achieved as a result. The adsorption of Freundlich isothermic adsorption suggests that the surface can also have heterogeneous properties and adsorption can physically occur (El-Guendi, 1991).

Appropriate isotherm determination studies have been carried out to demonstrate the equilibrium state of the adsorption phenomenon, and the isotherm constants obtained from the linear analysis of the Freundlich and Langmuir Isotherm Models and the graphs which determine the compatibility of the sorption phenomenon with these models are presented in Figure 8. (b)400°C+ZnCl₂+ sonic wave and Figure 9.(b)400°C+ZnCl₂+ sonic wave. The isotherm constants and R² values obtained from the graph and the calculation result are given in Table 3. As seen from Table 3, R² is the correct reverse slope obtained by isotherm graph, although it does not seem to be higher in the Langmuir isotherm. Therefore, the results obtained with the Langmuir isotherm were not considered. For the Freundlich isotherm, the R² value of the plotted line is 0.88. The adsorption equilibrium state can therefore be explained by the Freundlich isotherm. Appropriate

isotherm determination studies have been carried out to demonstrate the equilibrium state of the adsorption phenomenon, and the isotherm constants obtained from the linear analysis of the Freundlich and Langmuir Isotherm Models and the graphs which determine the compatibility of the sorption phenomenon with these models are presented in Figure 8. (b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave and Figure 9. (b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave. The isotherm constants and R² values obtained from the graph and the calculation result are given in Table 3. As seen from Table 3, R² is the correct reverse slope obtained by isotherm graph, although it does not seem to be higher in the Langmuir isotherm. Therefore, the results obtained with the Langmuir isotherm were not considered. For the Freundlich isotherm, the R² value of the plotted line is 0.88. The adsorption equilibrium state can therefore be explained by the Freundlich isotherm.

Table 3. Isotherm parameters for the removal of C.I.D.B 56 by *C.myxa*

Langmuir constants	Q _{e(exp)(mg g⁻¹)}	Q _{max}	K _L	R _L	R ²
raw 400°C	6,80	-0,227	0,019	0,038	0,94
400°C + ZnCl ₂ + sonic wave	6,93	-0,26	0,022	0,038	0,941
Freundlich constants	Q _{e(exp)(mg g⁻¹)}	K _{f(mg g⁻¹)}	1/n	R ²	
raw 400 °C	6,80	3,4E-16	0,064	0,884	
400°C + ZnCl ₂ + sonic wave	6,93	2,2E-14	0,072	0,886	

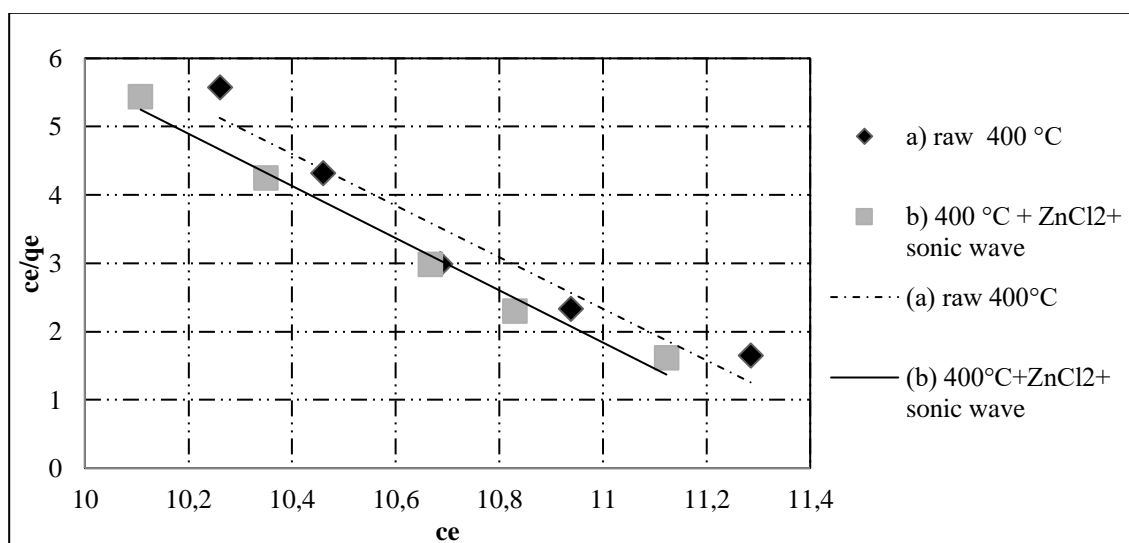


Figure 9. Langmuir isotherm plot for adsorption of dye (a) raw 400°C (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 5 at 25 °C) (b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 7 at 25 °C)

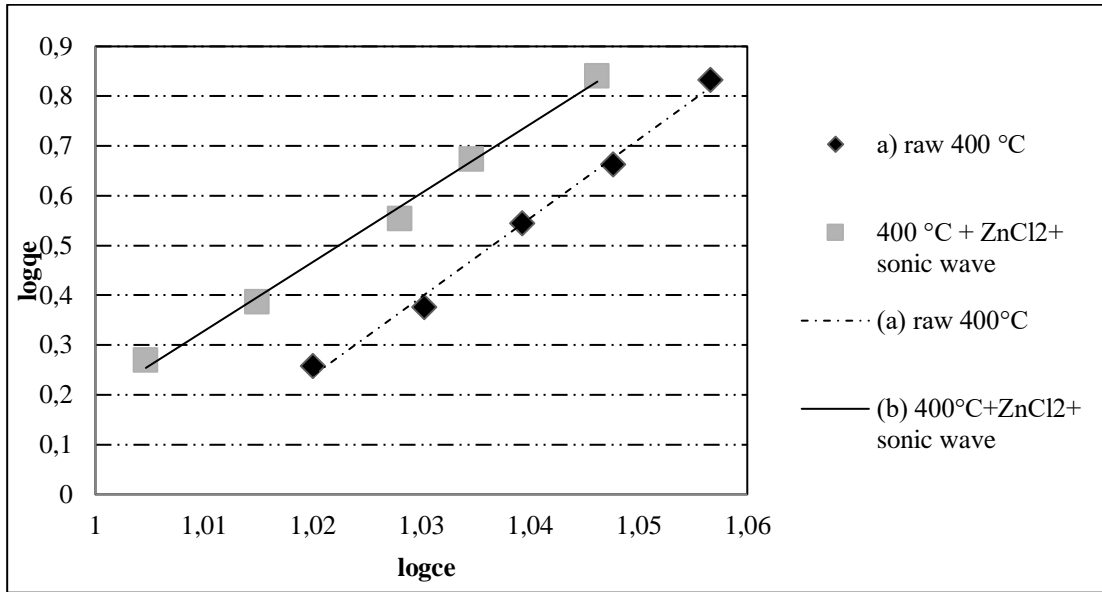


Figure 10. Freundlich isotherm plot for adsorption of dye (a) raw400°C (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 5 at 25 °C) (b) 400°C+ZnCl₂+ sonic wave (Carbon content 0.1 g, dye concentration 100 mg l⁻¹, pH 7 at 25 °C)

3.8. Study of thermodynamic

The thermodynamic parameters were obtained to confirm the adsorption nature of the present search. Gibbs free energy change (ΔG°), enthalpy change (ΔH°) and entropy change (ΔS°) can be calculated to obtain the thermodynamic feasibility and the spontaneous nature of the process. The change in enthalpy (ΔH°) and entropy (ΔS°) was calculated using van't Hoff equation (Murray and Dillard, 1979; Zuhra et al. 2008):

$$\Delta G^\circ = -RT \ln kc \tag{13}$$

$$\ln kc = \Delta S^\circ / R - \Delta H^\circ / RT \tag{14}$$

where $kc = Fe/(1 - Fe)$, and $Fe = (C_o - C_e)/ C_o$; is the fraction adsorbed at equilibrium, while T is the temperature in degree K and R is the gas constant [8.314 J/mol K]. By plotting a graph of $\ln kc$ versus $1/T$ the values ΔH° and ΔS° Can be estimated from the slope and intercept (ΔG°) was calculated using the following equation:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \tag{15}$$

Where ΔG° = free energy change (kJ mol⁻¹), ΔH° = Enthalpy exchange (kJ mol⁻¹), ΔS° = Entropy change (kJ / mol K), T = Absolute temperature

(Kelvin), R = Gas constant (8,314 J / mol K), K = Equilibrium constant.

The Gibbs free energy exchange in the sorption system is the driving force and the basic criterion for the spontaneous realization of the sorption. If ΔG° is negative, the event spontaneously occurs (Horsfall and Spiff, 2005). The results obtained from thermodynamic calculations are presented in Table 4. The thermodynamic parameters of the adsorption of the dye on the carbon are calculated according to Equations 13, 14 and 15, and the graph of the plot is given in Figure 10. These results are obtained from the slope of the line obtained by $1/T$ versus $\ln kd$ and the vertical axis.

Looking at Table 4, it is observed that ΔH° has a positive value. The positive value of ΔH° is a sign of endothermic adsorption of dye and carbon. Positive values of ΔG° indicate us that the process is not self-evident and that a driving force is needed to make adsorption possible. The negative values of ΔS° are evidence of irregularity during adsorption at the solid-solution interface. From Table 4, ΔG° values were obtained positively at all temperatures. Therefore, the adsorption process does not seem possible without a spontaneous process. However, the ΔG° values are quite small. stated that in their study it is difficult to tell us whether the sorption process occurred automatically due to the small ΔG° values (Unlu

and Ersoz, 2006). They stated that it would not be right to state that adsorption did not take place spontaneously. The ΔG° values are 20.9 kJ/mole, which is the reason for this. Similar results were obtained in this article study. Although ΔG° is positive, the values are very small. Even under normal conditions it seems that there is a need for an externally driven gust to achieve the adsorption phenomenon due to the positive ΔG° values, so we can say that the adsorption reactions occurs spontaneously due to the small values. Especially, the explanation of isotherm results with Freundlich isotherm also supports this article. The negative value of ΔS° indicates that the solution-solution (i.e., adsorbed phase) shows a decrease in the interface adsorbent concentration, while at the same time the adsorbed concentration on the solid phase increases (Goswami and Ghosh, 2005).

A positive ΔH° value is indicative of an endothermic reaction. This is an indication that the sorption reaction is receiving energy from the outside. We cannot confirm this expression because the value of ΔH° obtained in the study is small. have achieved the same results in their studies and have concluded that the sorption phenomenon occurs spontaneously because the sorption thermodynamic parameters are very small (Unlu and Ersoz, 2006). On the other hand, it is known that when the ΔH° changes are less than 84 kJ/mol, the physical reactions dominate the chemical reactions between 84 and 420 kJ/mol (Faust and Aly, 1987). Suggesting that the physical phenomena predominates in the adsorption between the activated carbon obtained from *Cordia myxa* and the C.I.D.B.56 in the light of this information.

Table 4. Thermodynamic parameters for the removal of C.I.D.B 56 by *C.myxa*

Temperature(K)	Kd	ΔG° (kJ/mol)	ΔS° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)
283,15	0,282	2,97	-7,82	0,72
298,15	0,298	2,99		
323,15	0,294	3,28		

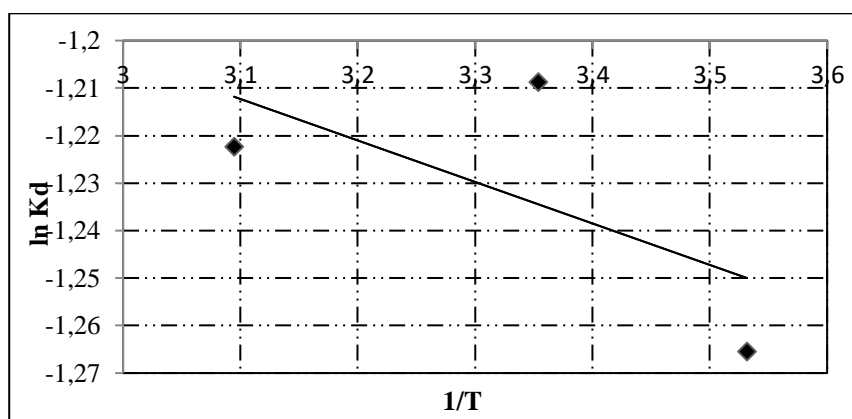


Figure 11. Plot of $\ln K_d$ versus $1/T$ Change of adsorption equilibrium constant with temperature

4. Conclusion

In this article study, the activated carbon obtained from the fruit of *Cordia myxa* plant was investigated for absorbable capacity of disperse blue 56 (C.I.D.B.56) in aqueous solution. In this context, the optimum environmental conditions for the adsorption process, the methods of preparing activated carbon from *Cordia myxa* to be used in adsorption, the mechanism of adsorption process, the kinetic and isotherm studies explaining the

adsorption process have been done in laboratory scale.

In this context, activated carbon was prepared by 2 methods from *Cordia myxa* fruit. It was determined how the adsorption capacity was changed by pH, time and dose changes for the adsorption of activated carbon obtained. While there is no significant change in the adsorption capacity of the different activated carbons generally obtained, the highest capture capacity is

obtained with activated carbon ($q_e = 6.93 \text{ mg l}^{-1}$) prepared by the combined use of chemical treatment and sonic wave application. The main reason why there is no increase in specific capture is that the dye used is disperse dye. Disperse dye cannot penetrate into the sorbent and cannot be caught. For this reason, the sorbent is considered to have a high hardness.

The surface area of the obtained activated carbon was measured and it was determined that the highest surface area was the activated carbon obtained by chemical treatment and sonic wave. Given the results of the surface area, it was determined by SEM images that the cavitation bubbles formed by the sonic wave guide formed small pores on the surface of the activated carbon. The surface area of the activated carbon obtained by burning at $400 \text{ }^\circ\text{C}$ and the sonic wave has been increased from $1.38 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ to $5.95 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ this increase is approximately 2,5 times. On the other hand, the surface area of activated carbon obtained

by chemical treatment and sonic wave has increased.

The optimum sorption pH at work was variable, with the highest sorption at pH 4. Nearly every group completed the study in the first 30 minutes, nearly 80% of the adsorption. Isotherm Freundlich, which best describes adsorption stability. The rapid realization of adsorption and the disclosure of the equilibrium with the Freundlich isotherm indicate that physical reactions predominate in the sorption. Given the thermodynamic parameters obtained as a result of the exchange studies of temperature and sorption processes, it has been observed that adsorption does not require any external energy, it can form spontaneously. From the thermodynamic parameters Gibbs Free Energy Change (ΔG°) values are positive, but very small, indicating that the adsorption phenomenon can occur spontaneously, and that the sorption phenomenon is not too much affected by heat, which is very small at its enthalpy value.

References

- Ahmadpour, A., Do, D.D. (1997). The preparation of activated carbon by chemical activation. *Carbon*, 35, 1723-1732.
- Amin, N.K. (2008). Removal of Reactive Dye from Aqueous Solutions by Adsorption onto Activated Carbons Prepared from Sugarcane Bagasse Pith. *Desalination*, 223, 152-161.
- Asfaram, A., Ghaedi, M., Hajati, S., Goudarzi, A., Bazrafshan, A.A. (2015). Simultaneous ultrasound-assisted ternary adsorption of dyes onto copper-doped zinc sulfide nanoparticles loaded on activated carbon: optimization by response surface methodology. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 145, 203-212.
- Baban, A., Yediler, A., Ciliz, N.K. (2010). Integrated water management and CP implementation for wool and textile blend processes. *Clean*, 38, 84- 90.
- Bhatia, S.C. (2001). *Environment Pollution and Control in Chemical Process Industries*, Khanna publisher, pp 250-260.
- Bousher, A., Shen, X., Edyvean, R.G.J. (1997). Removal of coloured organic matter by adsorption onto low cost waste materials. *Ind. Water Research*, 31, 2084–2092.
- Chakma, S., Moholkar, V.S. (2011). Mechanistic features of sonic wadedesorption of aromatic pollutants. *Chemical Engineering Journal*, 175, 356–367.
- Crini, G. (2006). Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: a review, *Bioresour. Technol*, 97, 1061–1085.
- Do, A., Ahmadpour, D. (1997). The preparation of activated carbon by chemical activation. *Carbon*, 35, 1723-1732.
- Dos Santos Fernandes, J. P., Carvalho, B. S., Luchez, C. V., Politi, M. J., Brandt, C. A. (2011). Optimization of the ultrasound-assisted synthesis of allyl 1-naphthyl ether using response surface methodology. *Ultrasonics sonochemistry*, 18(2), 489-493.
- El-Guendi, M. (1991). Homogeneous surface diffusion model of basic dyestuffs onto natural clay in batch adsorbents. *Adsorpt. Sci. Technol*, 8, 217–225.
- El-Sheikh, A.H., Newman, A.P., Al-Daffae, H.K., Phull, S., Cresswell, N. (2004). Characterization of activated carbon prepared from a single cultivar of Jordanian Olive stones by chemical and

- physicochemical techniques. *J. Anal. Appl. Pyrol*, 71, 151–164.
- El-Shishtawy, R.M., Kame,l M.M., Hanna, H.L., Ahmed, N.S.E. (2003). Sonic wave-assisted dyeing: II. Nylon fibre structure and comparative dyeing rate with reactive dye. *Polym Int.*,52, 381-388.
- Faust, S.D., Aly, O.M. (1987). *Adsorption Process for Water Treatment*. Butterworths Publishers, Stoneham.
- Forgacs, E., Cserhati T, Oros, G. (2004). Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. *Environ. Int.*, 30, 953–971.
- Freundlich, H.M.F. (1906). Adsorption in solution. *J. Phys. Chem.*, 57, 358-471.
- Goswami, S., Ghosh, U.C. (2005). Studies on Adsorption Behaviour of Cr(VI) onto Synthetic Hydrous Stannic Oxide. *Water SA*, 31, 597- 602.
- Gregg, S.J., Sing, K.S.W. (1982). *Adsorption, Surface Area and Porosity*. 2. Auflage, Academic Press, London.
- Gupta, S.S., Bhattacharyya, K.G. (2011). Kinetics of adsorption of metal ions on inorganic materials: a review. *Advances in colloid and interface science*, 162(1), 39-58.
- Ho, Y.S. (2006). Review of Second-Order Models for Adsorption Systems. *Journal of Hazardous Materials B.*, 136, 681-689.
- Ho, Y.S., Chiu, W.T., Wang, C.C. (2005). Regression analysis for the sorption isotherms of basic dyes on sugarcane dust. *Bioresour. Technol.*, 96, 1285-1291.
- Ho, Y. S., McKay, G. (1999). Pseudo-second order model for sorption processes. *Process biochemistry*, 34(5), 451-465.
- Ho, Y.S., Wang, C.C. (2006). Pseudo-Isotherms for the Sorption of Cadmium Ions Onto Tree Fern. *Process Biochem.*, 39, 759-763.
- Horsfall, M.J., Spiff, A.I. (2005). Effects of Temperature on the Sorption of Pb²⁺ and Cd²⁺ from aqueous solution by Caladium bicolor (Wild Cocoyam) biomass. *Electron J. Biotechnol*, 8, 162-169.
- Janos, P., Buchtova, H., Ryznarova, M. (2003). Sorption of dye from aqueous solution onto fly ash. *Water Res*, 37, 4938–4944.
- Kadirvelu, K., Palaniva,l M., Kalpana, R, Rajeswari, S. (2000). Activated carbon from an agricultural byproduct for the treatment of dyeing industry wastewater. *Bioresour. Technol*, 74, 263-265.
- Kalaiarasi, K., Lavanya, A., Amsamani, S., Bagyalakshmi, G. (2012). Decolourization of textile dye effluent by non-viable biomass of *Aspergillus fumigates*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55, 471-476.
- Kamel, M.M., El-Shishtawy, R.M., Hanna, H.L., Ahmed, N.S.E. (2003). Sonic wave-assisted dyeing: I. Nylon dyeability with reactive dyes. *Polym Int.*, 52, 373–380.
- Kannan, N., Rengasamy, G. (2005). Water, Air Soil Pollut. Water, air, and soil pollution,163, 185-201.
- Karim, M.M., Dasa, A.K., Lee, S.H. (2006). Zinc chloride treated indigenous activated carbons. *Anal. Chim.*, 576, 37-42.
- Kuppa, R., Moholkar, V.S. (2010). Physical features of ultrasound-enhanced heterogeneous permanganate oxidation. *Ultrason. Sonochem*, 17, 123–131.
- Lagergren, S. (1898). About the theory of so-called adsorption of soluble substances. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 244, 1–39.
- Langmuir, I. (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass. Mica and platinum. *J. Am. Chem*, 40, 1361–1403.
- McKay, Ho, Y.S., McKay, G., (1999). Pseudo Second-Order Model for Sorption Processes. *Process Biochemistry.*, 34, 451-465.
- Malik, P.K. (2004). Dye removal from wastewater using activated carbon developed from sawdust: adsorption equilibrium and kinetics. *Journal of Hazardous Materials*, 113, 81–88.
- Martell, A.E., Smith, R.M. (1977). *Critical Stability Constants: Inorganic Chemistry IV*, Plenum, New York.
- Mason, T.J., Peters, D. (1999). *An introduction to the uses of power ultrasound in chemistry*. Sonochemistry, Oxford University Press: New York.
- El-Guendi, M. (1991). Homogeneous surface diffusion model of basic dyestuffs onto natural clay in batch adsorbers. *Adsorp. Sci. Technol.*, 8, 217–225.

- McCabe, W.L., Smith, J., Harriot, P. (1993). Unit Operations of Chemical Engineering, New York.
- Meshko, V., Markovska, L., Mincheva, M., Rodrigues, A.E. (2001). Adsorption of basic dyes on granular activated carbon and natural zeolite. *Water Res*, 35, 3357-3366.
- Mohanty, K., Jha, M., Meikap, B.C. (2005). M.N. Biswas. *Chem. Eng. Sci.*, 60, 30–49.
- Murray, J.W., Dillard, J.G. (1979). The oxidation of cobalt (II) adsorbed on manganese dioxide. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43(5), 781-787.
- Ozcan, A.S., Ozcan, A. (2004). Adsorption of Acid Dyes from Aqueous Solutions onto Acid-Activated Bentonite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 276, 39-46.
- Rao, M.M., Ramesh, A., Rao, G.P.C., Seshiah, K. (2006). Removal of copper and cadmium from the aqueous solutions by activated carbon derived from Ceiba pentandra hulls. *Journal of hazardous materials*, 129(1), 123-129.
- Wang, L., Zhang, J., Zhao, R., Li, C., Li, Y., Zhang, C. (2010). Adsorption of basic dyes on activated carbon prepared from *Polygonum orientale* Linn: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Desalination*, 254(1), 68-74.
- Slokar, Y.M., Le Marechal, M. (1998). Methods of decoloration of textile wastewaters. *Dyes, Pigments*, 37, 335-357.
- Suslick, K.S., Cline, R.E., Hammerton, D.A. (1986). Sonochemical hot spot. *J Am Chem Soc.*, 108, 5641–5642.
- Chatterjee, S., Chatterjee, S., Chatterjee, B. P., Das, A. R., Guha, A. K. (2005). Adsorption of a model anionic dye, eosin Y, from aqueous solution by chitosan hydrobeads. *Journal of colloid and interface science*, 288(1), 30-35.
- Tan, I.A.W., Ahmad, A.L., Hameed, B.H. (2007). Adsorption of Basic Dye using Activated Carbon Prepared from Oil Palm Shell: Batch and Fixed Bed Studies, *Desalination*, 225, pp. 13-28.
- Tsai, W.T., Chang, C.Y., Lin, M.C., Chien, S.F., Sun, H.F., Hsieh, M.F. (2001). Adsorption of acid dye onto activated carbons prepared from agricultural waste bagasse by $ZnCl_2$ activation. *Chemosphere*, 45, 51–58.
- Weber, T.W., Chakravorti, R.K. (1974). Pore and solid diffusion models for fixed-bed adsorbers, *AIChE J*, 20, pp. 228–238.
- Ugurlu, M., Ugurlu, A., Gurses, C. (2007). Adsorption studies on the treatment of textile dyeing effluent by activated carbon prepared from olive stone by $ZnCl_2$ activation. *Color Technol*, 123, 106–114.
- Unlu, N., Ersoz, M. (2006). Adsorption Characteristics of Heavy Metal ions onto a Low Cost Biopolymeric Sorbent from Aqueous Solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 136, 272–280.
- Veglio, F., Beolchini, F. (1997). Removal of Metals by Biosorption: A Review. *Hydrometallurgy*, 44, 301-316.
- Vijayaraghavan, K., Won, S.W., Yun, Y. (2009). Treatment of Complex Remazol Dye Effluent Using Sawdust- and Coal-Based Activated Carbons. *Journal of Hazardous Materials*, 167, 790-796.
- Wang, C.C., Juang, L.C., Hsu, T.C., Lee, C.K., Lee, J.F., Huang, F.C. (2004). Adsorption of basic dyes onto montmorillonite. *J Colloid Interface Sci*, 273, 80–86.
- Wang, L., Zhang, J., Zhao, R., Li, C., Li, Y., & Zhang, C. (2010). Adsorption of basic dyes on activated carbon prepared from *Polygonum orientale* Linn: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Desalination*, 254(1), 68-74.
- Weber, T.W., Chakravorti, R.K. (1974). Pore and solid diffusion models for fixed-bed adsorbers. *Am. Inst. Chem. Eng. J*, 20, 228–238.
- Weber, W.J. (1972). *Physicochemical Processes for Water Quality Control*, pp 199- 259, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Yesilada, O., Cing, S., Asma, D. (2002). Decolourisation of the textile dye Astrazon Red FBL by *Funalia trogii* pellets. *Bioresource Technology*, 81, 155– 157.
- Zuhra, M.G., Bhangar, M.I., Mubeena, A., Farah, N.T., Jamil, R.M. (2008). Adsorption of methyl parathion pesticide from water using watermelon peels as a low-cost adsorbent. *Chem. Eng. J*, 138, 616- 621.

Goal Programming Solution of the Examiner Assignment Problem

E. Varlı¹, H. M. Alağaç¹, T. Eren^{1*}, E. H. Özder²

Abstract: In universities and other educational institutions, the preparation of course schedules, the making of examination schedules, scheduling studies for assignments for examinations and lectures are carried out. Studies are being done in many businesses for the balanced distribution of tasks among staff. In this study, it was aimed to equip all examiners working at Kırıkkale University Engineering Faculty in a balanced and fair manner in the midterm and final week examinations and to prepare an appointment schedule in the framework of the rules that the university wants. In the study, 741 assignments were made for 36 research assistants working in 7 different departments, taking into consideration 5 different time zones within the scope of 9 day examination period. For assignments, the sections to which the delegates are attached are primarily assigned and the special requests of the delegates are also taken into consideration. The goal programming method is used for the assignment.

Keywords: Goal Programming, Examiners Assignment, Personnel Scheduling

Sınav Görevlisi Atama Probleminin Hedef Programlama Yöntemiyle Çözümü

Özet: Üniversitelerde ve diğer eğitim kurumlarında ders programlarının hazırlanması, sınav programlarının yapılması, sınav ve derslere görevli ataması için çizelgeleme çalışmaları yapılmaktadır. Görevlilerin dengeli görev dağılımı için birçok işletmede çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada da Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde çalışan bütün araştırma görevlilerinin vize ve final haftasındaki sınav gözetmenliklerinin dengeli ve adaletli bir şekilde atamak ve üniversitenin istediği kurallar çerçevesinde bir atama çizelgesini hazırlamak amaçlanmıştır. Çalışmada, 7 farklı bölümde çalışan 36 araştırma görevlisi için, 9 günlük sınav periyodu kapsamında, 5 farklı saat dilimi göz önüne alınarak 741 sınava atama yapılmıştır. Atamalar için görevlilerin bağlı olduğu bölümler öncelikle atanması sağlanmıştır ve görevlilerin özel istekleri de dikkate alınmıştır. Görevli ataması için hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hedef Programlama, Sınav Görevlisi Atama, Personel Çizelgeleme

1. Giriş

Günümüzde kişisel veya toplumsal olarak verimliliğin artırılması için zamanı etkin kullanmak gerekmektedir. Çalışan personellerin memnuniyeti ve daha verimli çalışması için oluşturulan haftalık, aylık ve yıllık çalışma çizelgelerin doğru ve isteklere uygun yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yapılması gereken işlerin ve kaynakların bütünlüklü bir

şekilde çizelgelerinin hazırlanması son zamanlarda büyük bir önem kazanmıştır.

Çizelgeleme alanında geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalara bakıldığında, çizelgelemenin hem popüler hem de önemli bir problem haline geldiği görülmektedir. Çizelgeleme çalışmalarında genellikle, farklı çalışma yerleri ve prensipleri dikkate alınarak çizelgelerin oluşturulmaktadır.

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 71450, Kırıkkale, Türkiye

² Başkent Üniversitesi, Ticari Bilimler Fakültesi, 06790, Ankara, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): tamereren@gmail.com

Citation (Atıf): Varlı, E., Alağaç, H.M., Eren, T., Özder, E.D. (2017). Sınav Görevlisi Atama Probleminin Hedef Programlama Yöntemiyle Çözümü. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 105-118.

Bu yüzden geçmiş çalışmalarda farklı problemlerin çözümünde birçok farklı yöntem kullanılmıştır.

Eğitim alanında çizelgeler genellikle ders planlarının oluşturulması, kaynakların (personel, derslik vb.) atanması ve yapılan sınavların planlanması üzerinde olmuştur. Gerek ders ve sınav programlarının hazırlanması olsun gerekse kaynak atamaları olsun problemin yapısı gereği çalışanların kişisel isteklerinin dikkate alınarak yapılmasını gerektirmektedir. Hem adaletli bir çizelge oluşturma isteği hem de kişisel isteklerin sağlama çabası çizelgelerin yapılmasını daha da zorlaştırmaktadır. Matematiksel yöntemlerle çözüme kavuşturulmak istenen problem NP-zor yapıda olması sebebiyle çözümü karmaşık ve zordur.

Bu çalışmada Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesinin tüm bölümlerinde arasınava ve finallerinin gözetmen ataması problemi ele alınmıştır. Mühendislik Fakültesinde çalışan araştırma görevlilerinin günü, saati ve görevli sayısı belirli olan sınavlara dengeli ve kişisel istekleri dikkate alacak şekilde atanması için matematiksel model geliştirilmiştir. Çalışmada, toplamda 36 araştırma görevlisi için (7 farklı bölümde çalışan), 9 günlük sınav periyodu kapsamında, 5 farklı saat dilimi göz önüne alınarak (09.00-11.00, 11.00-13.00, 13.00-15.00, 15.00-17.00 ve 17.00-19.00) toplamda 741 sınava atama yapılmıştır.

Modelde araştırma görevlilerinin bulunduğu bölümler dikkate alınmış, öncelikle kendi bölümlerinde görev almaları sağlanmıştır. Görev sayısının dengelenmesi amacıyla eksik kalan bölümlere görevli ataması yapılmıştır. Her bir gözetmenin atanan sınav sayılarının eşit ve art arda yapılan sınav atamalarının minimum yapılması için hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın planı şu şekildedir: İkinci bölümde görevli atama probleminden, üçüncü bölümde hedef programlama yönteminden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde literatür araştırması anlatılmıştır. Beşinci bölümde Üniversitede yapılan uygulama çalışması sunulmuştur. Son bölüm olan altıncı bölümde ise uygulamada elde edilen sonuçlar verilmiştir.

2. Personel Atama Problemi

Personel atama problemleri insana hizmet veren her bir kurum ve kuruluş için önemli bir problem

haline gelmiştir. Kurum veya kuruluşlar çalıştırdığı personellerin çalışma planının adil ve dengeli bir şekilde yapılabilmesini amaçlamaktadırlar. Personel atamalarında bilimsel yöntemler kullanılabildiği gibi (çeşitli çizelgeleme ve atama problemi algoritmaları) işyerlerindeki tecrübeli kişiler tarafından da herhangi bir sistematığe bağlanmadan el ile yapılabilmektedir. Aynı zamanda piyasada bu işi yapabilen çeşitli yazılımlar da mevcuttur. Ancak bir matematiksel modele dayanmayan atama çalışmalarında istenilen sonuçlar tam olarak elde edilemeyeceği gibi bu işlem kişinin çok uzun zaman harcamasına sebep olabilmektedir.

Sağlık Hizmetleri, Ulaşım, Üretim, Telekomünikasyon, Perakendecilik ve Savunma Sanayi gibi birçok alanda personel atama problemleri ile alakalı çalışma yer almaktadır. Bu alanlardan biri olan eğitim kurumlarında da hem personelin hem de hizmet alan olarak öğrencilerin uygun bir şekilde dağıtımı için personel ataması ve çizelgelemesi çalışmaları yapılmaktadır.

Eğitim kurumlarında mevcut operasyonel kuralları ve ihtiyaçları, tüm personelin ve öğrencilerin istek ve ihtiyaçlarını da aynı anda göz önünde bulundurarak sağlayabilecek bir çizelge oluşturulması, bu iş ile uğraşan personel için oldukça zor ve zaman alıcı bir faaliyettir. Birçok kurumda bu işlem yönetim kademesine verilmiştir ve genellikle yapılmakta olan daha önceki yıllarda yapılmış olan çizelgeler üzerinde yeni gelişen durumlara göre küçük değişiklikler yaparak yeni çizelgeyi oluşturmaktır. Fakat son yıllarda değişimlerin çok fazla ve çok hızlı olması nedeniyle, eski çizelgeler üzerinde değişiklikler yapılarak yeni çizelgelerin oluşturulması her zaman en iyi sonucu vermemektedir. Bu nedenle gerçek hayattaki atama problemlerini ele alacak birbirinden farklı birçok çalışma bulunmaktadır (Daskalaki vd., 2004).

3. Hedef Programlama

Hedef programlama çok kriterli karar verme modellerinin bir türüdür. Bu modellemede hem sıkı kısıtlar hem de gevşek kısıtlar kullanılarak model kurulur. Gevşek kısıtlar istenilen bir hedef değerine göre sapmaların kabul edilebildiği durumları modellemede kullanılır. Böylelikle istenilen birden fazla durum yaklaşık veya tam olarak sağlanmaktadır.

Hedef programlama, ulaşılmak istenen amaçları birer hedefe dönüştürerek hedefleri önem derecelerine göre sıralayarak veya her birini ağırlıklandırarak belirlenen hedef değerlerinden sapmalarını en küçüklemeyi amaçlayan bir matematiksel programlama yöntemidir. Doğrusal programlamada tek bir amaç fonksiyonu kullanılırken, hedef programlamada farklı olarak birden çok amaç hedef haline getirilerek aynı anda sağlamak amaçlanır.

Hedef programlama ile ilgili ilk olarak 1955'te Charnes ve arkadaşları çalışmışlardır. Daha sonra 1961'de ve 1977'de Charnes ve Cooper bu modellemeyi geliştirmişlerdir.

Ignizio (1985), hedef programlamayı şu şekilde açıklamıştır: Her bir amacın verilen hedeflere mümkün olduğunca ulaşması için hedefteki sapmaların minimize edilmesidir.

Hedef programlama matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Charnes ve Cooper, 1961):

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-) \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad (2)$$

$$d_i^+ + d_i^- = 0 \quad (3)$$

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad i=1\dots k \quad j=1\dots n \quad (4)$$

Notasyonlar

x_j : j. Karar değişkeni

a_{ij} :i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı

b_i : i. hedef için ulaşılmak istenen değer

d_i^+ : i. hedefin pozitif sapma değişkeni

d_i^- : i. hedefin negatif sapma değişkeni

4. Literatür Taraması

Ders programlarının yapılması, sınav çizelgelerinin hazırlanması, oluşturulan ders programı veya sınavlara personel ataması gibi konular üzerinde literatürde pek çok çalışma vardır. Bu çalışmalardaki ele alınan problemlerin çözümü için oluşturulan model yapıları ve kısıtlar genel olarak birbirine benzemektedir. Bu sebepten ötürü literatür taramasında model yapıları benzer çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmalardan bazıları şu şekildedir:

Schaerf (1999) alışmasında, ders çizelgeleme problemini çözüme kavuşturmuştur. izelgelemede, aynı zaman diliminde olan derslere aynı öğretmenin atanmaması gibi kısıtlar kullanmıştır. Zhaohui ve Lim (2000), ulusal bir üniversitede sınav çizelgeleme yapabilmek için bir algoritma geliştirmişlerdir. Abbas ve Tsang (2001) ise, bir üniversitedeki yazılım mühendisleri personellerini atamak için kısıt tatmin tekniklerini kullanarak bir personel atama çalışması yapmışlardır. Alfares (2001), güvenlik personeli için iş gücü planlaması üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Tam ve Ting (2003) alışmalarında niversite ders programı çizelgeleme problemi için sezgisel algoritmalarından faydalanarak bir model geliştirmişlerdir. Sigl vd. (2003), ders çizelgeleme problemi için genetik bir algoritma geliştirmişlerdir. Legierski ve Widawski (2003), kısıt optimizasyon yöntemi ile çizelgeleme problemi için bir model önermişlerdir. Daskalaki vd. (2004), tam sayılı programlama yardımıyla niversite ders programa çizelgeleme problemi üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Dimopoulou ve Miliotis (2004), tam sayılı programlama yöntemini kullanarak bir üniversitede bilgisayar ağları oluşturmuşlar ve ortak veri tabanından ihtiyaç duyulan çizelgeleme verilerini alarak uygun dersliklere uygun dersleri atama yapmışlardır. Parthiban vd. (2004) alışmalarında, analitik hiyerarşi prosesi ve karar destek yaklaşımını kullanarak bir okuldaki öğretmenlerin, öğrencilerin ve dersliklerin atanması konusundaki sorunu gidermişlerdir. Corominas vd. (2004), personeller için gerekli işgücünü dengeleme ve onların haftalık planını düzenleme gibi problemler üzerinde çalışmışlardır ve problemin çözümü için karışık tam sayılı programlamayı kullanmışlardır. Yang ve Petrovic (2004) ise, meta sezgisel yöntemlerden faydalanarak sınav çizelgeleme problemi üzerine çalışmışlardır. Zhang ve Lau, niversite çizelgeleme problemi için kısıt programlama modeli geliştirmişlerdir. Asmuni vd. (2004), bulanık uzman sistemler ile sınav çizelgelemesi problemi üzerine çalışmışlardır. Topaloğlu ve zkarahan (2004) alışmalarında planlama esnekliği ile hedef programlama kullanarak bir model geliştirmişlerdir. Al-Yakoob ve Sherali (2007), ders çizelgeleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Problemin zm için karışık tam sayılı programlamadan yararlanmışlardır. Chu (2007) yaptığı çalışmada iş gücü planlamasını hedef programlama yöntemini kullanarak

yapmıştır. Lewis (2008) çalışmasında meta sezgisel yöntemlerden faydalanarak ders programı çizelgeleme çalışması yapmıştır. Qu vd. (2009), sınav çizelgeleme problemi üzerine çalışmışlardır. Gunawan ve Ming (2011), çalışmalarında tabu arama ve benzetimli tavlama sezgisellerini kullanarak, ders programı çizelgeleme problemini çözmüşlerdir. Al-Betar ve Khader (2012), ders programı çizelgeleme problemi için harmoni arama algoritması kullanarak çözüm üretmişlerdir. Soria-Alcaraz vd. (2014) çalışmalarında ders programı çizelgeleme problemini gidermek için öğrenme etkisinin dahil olduğu bir sezgisel önermişlerdir.

Son yıllarda yapılan çizelgeleme çalışmalarına bakıldığında, hedef programlama yönteminin farklı alanlardaki personel çizelgeleme problemlerinin çözümünde kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak; Ünal ve Eren (2016) hedef programlama kullanarak nöbet çizelgeleme problemini ele almışlardır. Varlı vd. (2016) çalışmalarında Ankara metrosunda çalışan vatmanların aylık çalışma planını çizelgelemişlerdir. Ünlüsoy ve Eren (2016), kamusal binalarında çalışan temizlik personellerinin çizelgelenmesiyle ilgili bir çalışma yapmışlardır. Varlı vd. (2017), özel kısıtları olan hemşire çizelgeleme problemini hedef programlama tekniği yardımıyla çözüme kavuşturmuşlardır. Varlı ve Eren (2017), yaptıkları çalışmada, 24 saat hizmet veren bir hastanenin yoğun bakım, ameliyathane ve acil bölümlerine, her vardiyada ihtiyaç duyulan hemşire sayısını karşılamak için bir çizelge önerilmişlerdir. Bu çizelgeyi oluştururken hedef programlama tekniğini kullanmışlardır.

5. Mühendislik Fakültesi Sınav Görevlisi Ataması

Bu çalışmada Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde çalışan araştırma görevlilerinin vize ve final sınavları için sınav gözetmenliklerinin atanması problemi ele alınmıştır. Örnek problemde 36 araştırma görevlisi, 7 bölüm ve 9 günlük sınav periyodu kapsamında model kurulmuştur ve modelde gerçekleştirilmesi istenen hedefler için hedef programlama yöntemi kullanılmıştır.

Araştırma görevlilerinin sınav haftası boyunca sınav gözetmenliklerine dengeli bir şekilde atanması, her araştırma görevlisinin olabildiğince

kendi görevli olduğu bölümdeki sınavlara atanması ve her bir araştırma görevlisinin ardi ardına olan sınavlara olabildiğince atanmaması gibi hedefler gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Çizelge 1'de araştırma görevlilerinin bağlı olduğu bölümler verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma görevlilerinin bağlı olduğu bölümler.

Bölüm	Araştırma görevlisi
İnşaat Mühendisliği	20,21,22,23,24,25,26
Makine Mühendisliği	1,2,3,4,5,6,7,8
Elektrik-Elektronik Mühendisliği	13,14,15,16,17,18,19
Bilgisayar Mühendisliği	27,28,29,30,31,32
Biyomühendislik	36
Endüstri Mühendisliği	9,10,11,12
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği	33,34,35

Çizelge 2'de sınav haftasında her bir bölüm ve her bir saat dilimi için gerekli görevli sayıları verilmiştir.

Çizelge 2. Her saat dilimi için gerekli görevli sayısı

Bölmeler	Saat Dilimi	Günler								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
İnşaat	09:00-11:00	7	4	2	6	2	1	5	4	-
	11:00-13:00	5	4	4	5	5	5	6	4	-
	13:00-15:00	7	4	1	5	7	-	-	4	-
	15:00-17:00	7	1	7	2	5	-	6	4	-
	17:00-19:00	-	-	3	3	-	-	1	-	-
Makine	09:00-11:00	9	-	3	8	3	8	8	-	4
	11:00-13:00	-	5	5	1	5	1	5	1	4
	13:00-15:00	4	-	2	2	-	-	-	3	2
	15:00-17:00	3	-	2	1	2	-	1	4	7
	17:00-19:00	6	-	7	-	8	1	4	-	-
Elektrik-Elektronik	09:00-11:00	8	-	4	6	3	7	1	-	7
	11:00-13:00	6	-	8	5	3	4	4	-	9
	13:00-15:00	6	-	3	5	4	-	-	-	4
	15:00-17:00	3	-	1	3	9	-	7	-	4
	17:00-19:00	-	-	-	-	-	5	9	-	-
Bilgisayar	09:00-11:00	-	-	3	-	2	2	5	6	-
	11:00-13:00	8	1	2	4	4	6	-	1	2
	13:00-15:00	4	4	6	2	6	-	-	4	4
	15:00-17:00	4	3	4	6	-	-	5	-	-
	17:00-19:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Biyomühendislik	09:00-11:00	2	2	2	2	2	2	1	2	-
	11:00-13:00	2	1	1	1	1	1	3	1	-
	13:00-15:00	1	1	2	3	1	2	-	2	-
	15:00-17:00	-	-	1	1	2	1	1	1	-
	17:00-19:00	-	-	2	2	1	2	2	-	-
Endüstri	09:00-11:00	-	-	1	3	2	4	2	6	-
	11:00-13:00	4	-	4	3	2	5	4	2	-
	13:00-15:00	2	-	5	4	4	-	-	4	-
	15:00-17:00	4	-	4	1	3	-	3	4	-
	17:00-19:00	2	-	1	-	-	4	1	-	-
Metalürji ve Malzeme	09:00-11:00	-	5	4	3	1	2	1	-	-
	11:00-13:00	2	1	2	3	2	2	-	-	-
	13:00-15:00	3	-	7	4	3	-	-	1	-
	15:00-17:00	6	3	4	5	5	-	1	-	-
	17:00-19:00	1	1	1	1	1	1	5	-	-

5.1. Parametreler

n: Fakülte'deki araştırma görevlisi sayısı n=36

m: Gün sayısı m=9

t: Saat dilimi sayısı t=5

p: Bölüm sayısı p=7

i: Araştırma görevlisi indeksi, i=1,2,...,n.

j: Gün indeksi, j=1,2,...,m.

k: Saat dilimi indeksi k=1,2,...,t.

l: Bölüm indeksi l=1,2,...,p.

$d1_{il}^+$: i. asistanın kendi bölümünden farklı bölümlere atanmama hedefinden negatif sapma miktarı

$d1_{il}^+$: i. asistanın kendi bölümünden farklı bölümlere atanmama hedefinden pozitif sapma miktarı

$d8_{ij}^-, d9_{ij}^-, d10_{ij}^-, d11_{ij}^-, d12_{ij}^-$: i. asistanın j. gün art arda sınava girmesinden negatif sapma miktarı

$d8_{ij}^+, d9_{ij}^+, d10_{ij}^+, d11_{ij}^+, d12_{ij}^+$: i. asistanın j. gün art arda sınava girmesinden pozitif sapma miktarı

Z_{jkl} : j. günde, k. saat diliminde, l. bölümü için ihtiyaç duyulan araştırma görevlisi sayısı

5.2. Karar değişkenleri

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1, & i. \text{ asitan } j. \text{ günün } k. \text{ saat diliminin} \\ & l. \text{ bölümündeki sınava atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

5.3. Kısıtlar

1. Kısıt: Her bir günde, her bir saat diliminde ve her bir bölüm için ihtiyaç duyulan görevli sayısı kısıtı.

$$\sum_{i=1}^n X_{ijkl} = Z_{jkl} \quad \begin{matrix} j=1,2,\dots,m \\ k=1,2,\dots,t \quad l=1,2,\dots,p \end{matrix}$$

2. Kısıt: Her bir araştırma görevlisinin aynı günde ve aynı saat diliminde belirlenen sınavların en fazla bir tanesine atanması kısıtı.

$$\sum_{l=1}^p X_{ijkl} \leq 1 \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m \quad k=1,2,\dots,t \end{matrix}$$

3. ve 4. Kısıt: Sınav haftası boyunca her bir araştırma görevlisinin toplam görev sayısını dengelemek için, görev sayısının alt ve üst sınırları belirlenmiş ve iki kısıt ile sınırlandırılmıştır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^p X_{ijkl} \leq 21 \quad i=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t \sum_{l=1}^p X_{ijkl} \geq 19 \quad i=1,2,\dots,n$$

5. Kısıt: Araştırma görevlilerinin istekleri de göz önüne alınmıştır. Buna göre; i. araştırma görevlisinin, j. gün k. saat için görev istememesi durumunda.

$$\sum_{l=1}^p X_{ijkl} = 0$$

5.4. Hedef kısıtları

Hedef 1: Her bir araştırma görevlisi olabildiğince kendi bölümündeki sınavlara atanması için belirlenen hedef kısıtı. Bu hedef için araştırma görevlilerinin diğer bölümlerdeki görev sayılarının sıfır olması hedeflenmiştir.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk1} + d1_{i1}^- - d1_{i1}^+ = 0 \quad i=1,2,\dots,n / \{20,21,22,23,24,25,26\}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk2} + d1_{i2}^- - d1_{i2}^+ = 0 \quad i=1,2,\dots,n / \{1,2,3,4,5,6,7,8\}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk3} + d1_{i3}^- - d1_{i3}^+ = 0 \quad i=1,2,\dots,n / \{13,14,15,16,17,18,19\}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk4} + d1_{i4}^- - d1_{i4}^+ = 0 \quad i=1,2,\dots,n / \{27,28,29,30,31,32\}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk5} + d1_{i5}^- - d1_{i5}^+ = 0 \quad i=1,2,\dots,n / \{36\}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk6} + d1_{i6}^- - d1_{i6}^+ = 0 \quad i=1,2,\dots,n / \{9,10,11,12\}$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t X_{ijk7} + d1_{i7}^- - d1_{i7}^+ = 0 \quad i=1,2,\dots,n / \{33,34,35\}$$

Hedef 2: Her bir araştırma görevlisi olabildiği kadar ardi ardına olan sınavlara atanmaması ve birbirinden uzak saat dilimindeki (1. ve 5. saat dilimleri) sınavlara atanmaması için belirlenmiş hedef kısıtları.

$$\sum_{l=1}^p (X_{ij1l} + X_{ij2l}) + d8_{ij}^- - d8_{ij}^+ = 1 \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m \end{matrix}$$

$$\sum_{l=1}^p (X_{ij1l} + X_{ij5l}) + d9_{ij}^- - d9_{ij}^+ = 1 \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m \end{matrix}$$

$$\sum_{l=1}^p (X_{ij2l} + X_{ij3l}) + d10_{ij}^- - d10_{ij}^+ = 1 \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m \end{matrix}$$

$$\sum_{l=1}^p (X_{ij3l} + X_{ij4l}) + d11_{ij}^- - d11_{ij}^+ = 1 \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m \end{matrix}$$

$$\sum_{l=1}^p (X_{ij4l} + X_{ij5l}) + d12_{ij}^- - d12_{ij}^+ = 1 \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ j=1,2,\dots,m \end{matrix}$$

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \sum_{l=1}^p \sum_{i=1}^n 100 * (d1_{il}^+) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (d8_{ij}^+ + d9_{ij}^+ + d10_{ij}^+ + d11_{ij}^+ + d12_{ij}^+)$$

Birinci hedef, ikinci hedeften daha önemlidir. Bu yüzden 100 ile çarpılmıştır. Modelin çözümünde "Intel (R) Core (TM) i5-3210 M CPU@2.50 GH" işlemcisi, 8 GB belleği ve Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayar kullanılmıştır. İlgili verilerin girilmesiyle model ILOG CPLEX Studio IDE programında yazılmış ve CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür.

Çizelge 3. Sınav haftasında araştırma görevlisinin atandığı saat dilimi (el ile yapılan atama)

		Sınav Günleri				
Bölümler	Saat Dilimi	1	2	3	4	5
İnşaat	09.00-11.00	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31	25, 26, 27, 28	29, 26	28, 29, 30, 31, 25, 26	30, 31
	11.00-13.00	25, 26, 27, 28, 29	26, 28, 29, 30	31, 25, 26, 27	26, 27, 29, 30, 31	31, 25, 26, 27, 28, 29
	13.00-15.00	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31	29, 30, 31, 25	29	31, 25, 26, 27, 28	26, 27, 28, 29, 30, 31, 21
	15.00-17.00	30, 31, 25, 26, 27, 28	28	27, 28, 29, 30, 31, 25	29, 30	31, 25, 26, 27, 28
	17.00-19.00			28, 29, 30	31, 25, 26	1, 2, 9
Makine	09.00-11.00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 34		5, 6, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	1, 2, 3, 4, 9
	11.00-13.00		3, 5, 6, 8	1, 3, 4, 5, 6, 9	1	
	13.00-15.00	3, 4, 5, 6		2, 8	3, 8	5, 6
	15.00-17.00	5, 18		2, 3	1	
	17.00-19.00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 34, 37	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9		1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 35
Elektrik-Elektronik	09.00-11.00	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 35		18, 19, 20	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	17, 22, 23
	11.00-13.00	17, 18, 19, 20, 21, 22		17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 39, 34	18, 19, 20, 21, 22, 32	17, 21, 23
	13.00-15.00	17, 18, 19, 20, 21, 22		20, 21, 23	17, 18, 20, 21, 22, 23	17, 18, 22, 23
	15.00-17.00	17, 19, 21		23	21, 22, 23	17, 18, 21, 22, 23, 34, 35, 36
Bilgisayar	09.00-11.00			34, 35, 36		38, 39
	11.00-13.00	34, 35, 36, 37, 38, 39	36	34, 37	34, 35, 36, 37	36, 37, 38, 39
	13.00-15.00	34, 35, 37, 38	34, 35, 37, 38	34, 35, 36, 37, 38, 39, 3	35, 36	34, 35, 36, 37, 38, 39
	15.00-17.00	35, 36, 37, 38	34, 37, 39	34, 35, 37, 39	34, 35, 36, 37, 38, 39, 3	34, 35, 36, 37, 38, 39
Biyomühendislik	09.00-11.00	45, 37	31, 36	27, 38	45, 13	29, 13
	11.00-13.00	45, 36	25	2	8	5
	13.00-15.00	45	45	45, 1	30, 2, 39	1
	15.00-17.00			45	45	45, 13
	17.00-19.00			45, 13	45, 30	45
Endüstri	09.00-11.00			11	11, 12, 15	12, 15
	11.00-13.00	11, 12, 13, 15		11, 12, 13, 15	11, 12, 15	12, 15
	13.00-15.00	12, 15		11, 12, 15, 5, 18	11, 12, 13, 15	11, 12, 15, 13
	15.00-17.00	11, 12, 15, 4, 22		11, 15, 19, 20	11	11, 12, 15
	17.00-19.00	12, 15		11		
Metalürji ve Malzeme	09.00-11.00		40, 41, 42, 35, 38	40, 41, 42, 39	40, 41, 42	41
	11.00-13.00	40, 41	41	40, 41	40, 41, 42	40, 41
	13.00-15.00	40, 41, 2		40, 41, 42, 6, 9	40, 41, 42	40, 41, 42
	15.00-17.00	40, 41, 42, 39, 20, 3	40, 41, 42	40, 41, 42, 36, 8, 26	40, 41, 42, 4, 27	40, 41, 42, 38, 39
	17.00-19.00	42	40	42	42	42

Çizelge 3. Sınav haftasında araştırma görevlisinin atandığı saat dilimi (el ile yapılan atama) (devamı...)

		Sınav Günleri			
Bölgümler	Saat Dilimi	6	7	8	9
İnşaat	09.00-11.00	27	27, 28, 29, 31, 18	29, 30, 31, 25	
	11.00-13.00	30, 31, 25, 26, 27	26, 27, 28, 29, 30, 31	26, 27, 28, 29, 30	
	13.00-15.00			31, 25, 27, 25	
	15.00-17.00		25, 26, 27, 28, 29, 30	28, 29, 30, 31, 25	
	17.00-19.00		25		
Makine	09.00-11.00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9		3, 5, 6, 8
	11.00-13.00	2	1, 2, 4, 5, 8	9	2, 4, 5, 9
	13.00-15.00			1, 4, 9	2, 9
	15.00-17.00		8	3, 5, 6, 8	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9
	17.00-19.00	2	1, 4, 6, 9		
Elektrik-Elektronik	09.00-11.00	17, 19, 20, 22, 23, 25, 30	19		17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
	11.00-13.00	19, 20, 23, 3	17, 18, 20, 21		17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 6, 8
	13.00-15.00				17, 19, 20, 22
	15.00-17.00	17, 18, 21, 22, 23	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23		17, 19, 21, 22
	17.00-19.00	34, 39	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 34, 39		
Bilgisayar	09.00-11.00	34, 35, 36, 37, 38, 39	34, 35, 36, 37, 38, 39	34, 35, 36, 37, 38, 39	
	11.00-13.00			38	38, 39
	13.00-15.00			35, 36, 37, 38, 39	34, 36, 37, 38
	15.00-17.00		34, 35, 36, 38, 39		
	17.00-19.00				
Biyo mühendislik	09.00-11.00	45, 37	45	45, 9	
	11.00-13.00	9	3, 6, 19	45	
	13.00-15.00	45, 2		26, 5	
	15.00-17.00	45	45	45	
	17.00-19.00	45, 38	45, 35		
Endüstri	09.00-11.00	11, 12, 15, 13	12, 20	11, 12, 13, 15, 1, 28	
	11.00-13.00	11, 12, 15, 13, 4	11, 12, 15, 13	12, 15	
	13.00-15.00			11, 12, 13, 15	
	15.00-17.00		11, 12, 15	11, 12, 13, 15	
	17.00-19.00	11, 12, 15, 36	11		
Metalurji ve Malzeme	09.00-11.00	41, 42	42		
	11.00-13.00	40, 42			
	13.00-15.00			40	
	15.00-17.00		42		
	17.00-19.00	41	40, 41, 42, 37, 38		

Çizelge 4. Sınav haftasında araştırma görevlisinin atandığı saat dilimi (model ile yapılan atama)

		Sınav Günleri				
Bölümler	Saat Dilimi	1	2	3	4	5
İnşaat	09.00-11.00	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	21, 22, 23, 26	20, 26	20, 21, 22, 23, 25, 26	20, 26
	11.00-13.00	20, 21, 24, 25, 26	21, 22, 23, 24	20, 23, 24, 26	22, 23, 24, 25, 26	20, 21, 22, 24, 25
	13.00-15.00	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	20, 21, 22, 23	21	20, 23, 24, 25, 26	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
	15.00-17.00	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	24	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	21, 25	21, 22, 23, 24, 25
	17.00-19.00			23, 24, 26	21, 23, 26	
Makine	09.00-11.00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 30		3, 4, 7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	3, 4, 7
	11.00-13.00		2, 3, 4, 7, 8	1, 2, 4, 7, 8	5	1, 3, 5, 6, 7
	13.00-15.00	2, 4, 5, 6		3, 7	2, 3	
	15.00-17.00	4, 5, 6		2, 3	6	5, 7
	17.00-19.00	3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 17, 27	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Elektrik-Elektronik	09.00-11.00	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 29		14, 15, 18, 19	13, 14, 15, 16, 17, 18	13, 16, 17
	11.00-13.00	13, 14, 15, 16, 17, 19		3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	14, 15, 16, 17, 18	14, 15, 17
	13.00-15.00	13, 15, 16, 17, 18, 19		14, 17, 19	13, 14, 16, 18, 19	16, 17, 18, 19
	15.00-17.00	15, 17, 19		14	15, 16, 17	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 31
Bilgisayar	09.00-11.00			27, 29, 32		28, 29
	11.00-13.00	7, 18, 27, 28, 29, 30, 31, 32	27	27, 28	27, 29, 31, 32	27, 29, 30, 31
	13.00-15.00	27, 30, 31, 32	29, 30, 31, 32	27, 28, 29, 30, 31, 32	28, 29	27, 28, 29, 30, 31, 32
	15.00-17.00	27, 28, 30, 32	27, 29, 32	27, 29, 31, 32	27, 28, 29, 30, 31, 32	
Biyo mühendislik	09.00-11.00	31, 36	15, 25	13, 36	19, 36	2, 32
	11.00-13.00	1, 36	36	29	13	2
	13.00-15.00	36	36	18, 36	7, 15, 17	36
	15.00-17.00			16	2	6, 36
	17.00-19.00			16, 36	7, 28	27
Endüstri	09.00-11.00			10	9, 10, 12	10, 11
	11.00-13.00	9, 10, 11, 12		9, 10, 11, 12	9, 10, 11	10, 12
	13.00-15.00	11, 12		2, 9, 10, 11, 12	9, 10, 11, 12	9, 10, 11, 12
	15.00-17.00	9, 10, 11, 12		9, 10, 11, 12	12	9, 11, 12
	17.00-19.00	9, 12		12		
Metarji ve Malzeme	09.00-11.00		1, 2, 33, 34, 35	8, 33, 34, 35	33, 34, 35	34
	11.00-13.00	33, 34	33	33, 35	33, 34, 35	33, 35
	13.00-15.00	33, 34, 35		5, 6, 22, 25, 33, 34, 35	21, 33, 34, 35	33, 34, 35
	15.00-17.00	1, 7, 8, 33, 34, 35	33, 34, 35	8, 33, 34, 35	1, 4, 33, 34, 35	1, 8, 33, 34, 35
	17.00-19.00	34	34	35	34	33

Çizelge 4. Sınav haftasında araştırma görevlisinin atandığı saat dilimi (model ile yapılan atama) (devamı...)

		Sınav Günleri			
Bölgümler	Saat Dilimi	6	7	8	9
İnşaat	09.00-11.00	24	20, 21, 22, 24, 25	20, 24, 25, 26	
	11.00-13.00	20, 22, 24, 25, 26	21, 22, 23, 24, 25, 26	20, 22, 23, 25	
	13.00-15.00			20, 23, 24, 25	
	15.00-17.00		20, 21, 22, 24, 25, 26	20, 22, 23, 26	
	17.00-19.00		21		
Makine	09.00-11.00	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8		2, 3, 4, 8
	11.00-13.00	1	1, 5, 6, 7, 8	4	1, 5, 6, 8
	13.00-15.00			5, 6, 8	1, 6
	15.00-17.00		3	2, 4, 5, 6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
	17.00-19.00	4	3, 6, 7, 8		
Elektrik-Elektronik	09.00-11.00	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	16		13, 14, 15, 16, 17, 18, 19
	11.00-13.00	13, 14, 15, 18	13, 14, 15, 16		2, 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19
	13.00-15.00				13, 14, 17, 19
	15.00-17.00		13, 14, 15, 16, 17, 18, 19		13, 14, 18, 19
	17.00-19.00	13, 15, 16, 18, 19	5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19		
Bilgisayar	09.00-11.00	28, 29	27, 28, 29, 30, 32	27, 28, 29, 30, 31, 32	
	11.00-13.00	27, 28, 29, 30, 31, 32		30	27, 32
	13.00-15.00			27, 28, 29, 30, 31, 32	27, 29, 30, 31
	15.00-17.00		28, 29, 30, 31, 32		
	17.00-19.00				
Biyo mühendislik	09.00-11.00	21, 22	36	19, 36	
	11.00-13.00	5	19, 29, 36	36	
	13.00-15.00	27, 36		1, 36	
	15.00-17.00	36	36	36	
	17.00-19.00	14, 23	32, 36		
Endüstri	09.00-11.00	9, 10, 11, 12	10, 11	1, 4, 9, 10, 11, 12	
	11.00-13.00	9, 10, 11, 12, 23	9, 10, 11, 12	9, 11	
	13.00-15.00			9, 10, 11, 12	
	15.00-17.00		9, 10, 11	9, 10, 11, 12	
	17.00-19.00	9, 10, 11, 12	9		
Metalurji ve Malzeme	09.00-11.00	34, 35	35		
	11.00-13.00	33, 35			
	13.00-15.00			34	
	15.00-17.00		35		
	17.00-19.00	33	26, 31, 33, 34, 5		

Çizelge 5. Araştırma görevlilerinin sınav haftası boyunca atandıkları toplam görev sayısı**Çizelgeleme**

Araştırma görevlisi	El ile Yapılan	Önerilen
1	21	21
2	21	21
3	21	21
4	21	21
5	21	21
6	21	21
7	21	21
8	21	20
9	22	21
10	22	21
11	14	21
12	22	21
13	21	20
14	21	21
15	21	21
16	21	21
17	21	21
18	21	19

Araştırma görevlisi	El ile Yapılan	Önerilen
19	21	21
20	21	20
21	21	21
22	21	21
23	21	21
24	21	21
25	21	21
26	21	21
27	22	21
28	21	18
29	21	21
30	22	18
31	22	19
32	21	19
33	20	21
34	21	21
35	21	21
36	21	21

Elde edilen sonuçlar Çizelge 4’te verilmiştir ve Çizelge 3 ile karşılaştırılmıştır. Önerilen modelde her bir araştırma görevlisinin olabildiği kadar ilk önce kendi bölümünde gözetmen olarak atanmıştır.

Çizelge 5’te iki çizelgedeki toplam gözetmen sayıları karşılaştırılmış ve yeni modelde daha adil ve dengeli bir atama olduğu görülmüştür. Öncesinde el ile yapılan atamada kimi personelin 14 ataması varken kimi personelde bu durum 22 seviyesindedir. Her personel için yapılan atamanın hemen hemen eşit sayılarda olması, atamanın adil yapıldığını gösterir niteliktedir. El ile yapılan çizelgede ardı ardına araştırma görevlisinin atamalarının olmaması kriteri hiç dikkate alınmadan oluşturulurken, yeni modelde bu kriter hedef programlama yöntemi ile olabildiğince azaltılmak istenmiştir. El ile yapılan atamalarda 32 personelin art arda sınav ataması

yapılmıştır ve bu sorun yeni oluşturulan matematiksel model sayesinde giderilmiştir.

Çizelge 6’da birinci hedefin diğer hedefe göre önem değerleri değiştirilerek çözülen modelin hedeften ne oranda saptığı ile ilgili bilgi verilmiştir. Buna göre dört farklı senaryo ile hedef önemleri değiştirilmiştir. İlkinde her iki hedefin aynı önem derecesine sahip olduğu varsayımı üzerinden hesaplama yapılmıştır. Sonrasında ise ilk hedefin diğerinden iki kat daha önemli, beş kat daha önemli ve on kat daha önemli olması durumu incelenmiştir. Buna göre sonuçların sadece ilk iki önem değeri değiştiğinde farklılık ortaya koyduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 6. Farklı önem değerlerine göre hedeften sapma miktarları

	100-1	10-1	5-1	2-1	1-1
Farklı bölüme atanma	86	86	86	90	100
Art arda atanmama	32	32	32	24	8

6. Sonuç

Çalışanların belirlenen işlere atanması üretim sektöründe uzun yıllardan beri çalışılan bir konudur. Hizmet sektöründe ise son zamanlarda artan hizmet kolları, müşteri memnuniyetlerine verilen önem ve çalışanların dengeli iş beklentilerinden dolayı daha personel atamalarına daha çok önem verilmektedir. Bu çalışmada da Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde çalışan araştırma görevlilerinin sınav gözetmenlikleri atanmaları bir hedef programlama modeli ile yapılmıştır.

Çalışmada araştırma görevlilerinin dengeli ve adil bir şekilde atanması kesin olarak sağlanmıştır ve kurumun isteği üzerine ilk önce kendi bölümündeki bir sınava atanması ve ardı ardına sınavlara atanmanın en aza indirgenmesi olmak üzere iki hedef dikkate alınmıştır. Önerilen model ile daha önce uzun süreler alan görevli ataması ve kontrol işlemleri çok daha kısa sürede ve hatasız olarak yapılmaya başlanmıştır.

Bundan sonraki çalışmalarda kurulan modeller sadece üniversite ortamında değil daha birçok sektörde uygulanıp kullanılabilir. Bu çalışmadaki sınav sayıları, görevli sayıları, görevli istekleri ve bunun gibi her türlü unsur artırılarak daha geniş çaplı çizelgeler yapılabilir. Kullanılacak modellerin büyüklüğüne göre meta sezgisel yöntemlerden faydalanılabilir.

Kaynaklar

Abbas, A.M., Tsang, E.P.K. (2001). Constraint-based timetabling-a case study. Computer Systems and Applications, ACS/IEEE International Conference, Beirut, Lebanon, 67-72.

Alfares, H. (2001). Staffing and Workforce Scheduling for a Security Gate. International Journal of Operations & Quantitative Management, 7, 281-293.

Al-Betar, M.A., Khader, A.T. (2012). A harmony search algorithm for university course timetabling, Annals of Operations Research, 194(1), 3-31.

Al-Yakoob, S.A., Sherali, H.D. (2007). A mixed-integer programming approach to a class timetabling problem: A case study with gender policies and traffic considerations. European Journal of Operational Research, 180 (3), 1028-1044.

Asmuni, H., Burke, E.K., Garibaldi, J., McCollum B. (2004). Fuzzy multiple ordering criteria for examination timetabling". Selected Papers from the 5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling. Berlin, Germany, Springer Lecture Notes in Computer Science, 3616, 334-353.

Charnes, A., Cooper, W.W. (1961). Management Models and Industrial Applications of Linear Programming. Wiley, New York.

Charnes, A., Cooper, W. W., Ferguson, R. (1955). Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming, Management Science, 1, 138-151.

Charnes, A., Cooper, W.W. (1977). Goal programming and multiple objective optimizations, European Journal of Operational Research I, 39-54.

Chu, S. C. K. (2007). Generating, scheduling and rostering of shift crew-duties: Applications at the Hong Kong International Airport. European Journal of Operational Research, 177, 1764-1778.

Corominas, A., Lusa, A., Pastor, R. (2004). Planning annualised hours with a finite set of weekly working hours and joint holidays. Annals of Operations Research, 128, 217-233.

Daskalaki, S., Birbas, T., Housos, E. (2004). An Integer Programming Formulation for a Case Study in University Timetabling. European Journal of Operational Research, 153 (1), 117-135.

Dimopoulou, M., Miliotis, P. (2004). An Automated University Course Timetabling System Developed in a Distributed Environment: A Case Study. European

- Journal of Operational Research, 153 (1), 136-147.
- Gunawan, A., Ming, K. (2011). Solving the Teacher Assignment Problem by Two Metaheuristics, *International Journal of Information and Management Sciences* 22, 73-86.
- Ignizio, J. *Introduction to Goal Programming*, Sage Publications Inc., Beverley Hills, California, USA, 1985.
- Legierski, W., Widawski, R. (2003). System of Automated Timetabling. 25th Int. Conf. Information Technology Interfaces ITI 2003, Cavtat, Croatia, 495-500.
- Lewis, R. (2008). A survey of metaheuristic-based techniques for University Timetabling problems, *OR Spectrum*, 30(1), 167-190.
- Parthiban, P., Ganesh, K., Narayanan, S., Dhanalakshmi, R. (2004). Preferences Based Decision-Making Model (PDM) for Faculty Course Assignment Problem. *Engineering Management Conference Proceedings, IEEE International*, Singapore, 3, 1338- 1341.
- Qu, R., Burke, E.K., McCollum, B., Merlot, L.T.G., Lee, S.Y. (2009). A survey of search methodologies and automated system development for examination timetabling, *Journal of Scheduling*, 12(1), 55-89.
- Schaerf, A. (1999). Local Search Techniques for Large High School Timetabling Problems. *Systems, Man and Cybernetics. Part A, IEEE Transactions*, 29 (4), 368-377.
- Sigl, B., Golub, M., Mornar, V. (2003). Solving Timetable Scheduling Problem Using Genetic Algorithms. *Information Technology Interfaces, ITI 2003. Proceedings of the 25th International Conference*, Dubrovnik, Croatia, 519- 524.
- Soria-Alcaraz, J.A., Ochoa, G., Swan, J., Carpio, M., Puga, H., Burke, E.K. (2014). Effective learning hyper-heuristics for the course timetabling problem, *European Journal of Operational Research*. 238, 77-86.
- Tam, V., Ting, D. (2003). Combining the Min-Conflicts and Look-Forward Heuristics to Effectively Solve a Set of Hard University Timetabling Problems. 15th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'03). Sacramento, California, USA, 492-496.
- Topaloğlu, S., Özkarahan, I. (2004). An implicit goal programming model for the tour scheduling problem considering the employee work preferences. *Annals of Operations Research*, 128, 135-158.
- Ünal, F.M., Eren, T. (2016). Hedef Programlama ile Nöbet Çizelgeleme Probleminin Çözümü. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (1), 28-37.
- Ünlüsoy, S., Eren, T. (2016). Kamusal Binalarda Temizlik Çizelgeleme ve Örnek Uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4 (3), 149-155.
- Varlı, E., Eren, T., Gençer, M. A., Çetin, Ö.S. (2016). Ankara Metrosu M1 Hattındaki Vatmanların Vardiya Saatlerinin Çizelgelenmesi. *3.Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu-Karabük*.
- Varlı, E., Eren, T. (2017). Hemşire Çizelgeleme Problemi ve Bir Hastanede Uygulama. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), ss. 34-40.
- Varlı, E., Ergişi, B., Eren, T. (2017). Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Problemi: Hedef Programlama Yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 0 (49), 189-206.
- Yang, Y., Petrovic, S. (2004). A Novel Similarity Measure for Heuristic Selection in Examination Timetabling. In: Burke, E.K., Trick, M. (eds.) *Proceedings of the 5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling*, 377-396.
- Zhang, L., Lau, S.K. (2005). Constructing university timetable using constraint satisfaction programming approach. *Proceedings of the 2005 International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'05)*, Vienna, Austria, 55-60.

Zhaohui, F., Lim, A. (2000). Heuristics for the Exam Scheduling Problem. Tools with Artificial Intelligence, ICTAI 2000 Proceedings. 12th IEEE International Conference, Vancouver, Canada, 172–175.

Essential Oil Yield and Components of Juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) Leaves

S. Gülsoy¹, A. Merdin^{1*}

Abstract: This study was carried out in order to determine essential oil yield and components in the leaves of Crimean juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.), which has a wide distribution in the western Mediterranean region. Leaf specimens were collected from 20 different samples at this study. All samples were air-dried and then essential oil was obtained from the leaves using water vapour distillation method. The average essential oil yield for the 20 different samples plots was 0.87 ± 0.12 v/w. In addition, the volatile components were determined by GC/MS method from the leave samples of *J. excelsa*. A total of 41 volatile components were identified in the leaves, and α -pinene ($81.28 \pm 2.76\%$), myrcene ($5.19 \pm 0.91\%$) and limonene ($4.52 \pm 0.86\%$) were found as major volatile components.

Keywords: Crimean juniper, GC/MS Metot, Water Steam Distillation, Volatile components.

Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) Türünün Yapraklarında Uçucu Yağ Miktarı ve Bileşenleri

Özet: Bu çalışma Batı Akdeniz bölgesinde geniş bir yayılışa sahip olan boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) türünün yapraklarındaki uçucu yağ miktarı ve özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 20 farklı örnek alandan yaprak örnekleri toplanmıştır. Toplanan bu yaprak örnekleri hava kurusu haline getirildikten sonra su buharı distilasyon yöntemi kullanılarak yapraklardan uçucu yağ elde edilmiştir. Yapraklarda ortalama 0.87 ± 0.12 v/w oranında uçucu yağ belirlenmiştir. Ayrıca çalışmaya konu olan her bir alandan alınan örneklerden GC/MS yöntemi aracılığı ile uçucu bileşenler tespit edilmiştir. Bu işlem neticesinde yapraklarda toplam 41 farklı uçucu bileşen belirlenmiş olup, bu bileşenler içerisinde α -pinen (81.28 ± 2.76), mirsen (5.19 ± 0.91) ve limonen (4.52 ± 0.86)'in majör uçucu bileşenler olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Boylu Ardıç, GC/MS Yöntemi, Su Buharı Distilasyonu, Uçucu Yağ Bileşimi.

1. Giriş

Ülkemiz; Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz olmak üzere üç farklı fitocoğrafik bölgenin etkisinde kalması, Asya ve Avrupa kıtalarının kesişim noktasında bulunması ve üç tarafının denizlerle çevrili olmasından dolayı bitki tür çeşitliliği bakımından oldukça zengindir. Bu bilgiyi destekler nitelikte yapılan son araştırmalara göre ülkemizde yaklaşık 12.000 civarında bitki taksonu bulunmakta ve bu bitki taksonlarının ise yaklaşık %34'ü endemik bitki özelliği göstermektedir (Uyanık vd., 2013).

Ülkemizde yayılış gösteren kozmopolit ve endemik bitki türlerinin önemli bir kısmı tıbbi ve aromatik bitki niteliği taşımaktadır (Bağdat, 2006). İnsanlığın varoluşundan günümüze kadar geçen süreçte tıbbi ve aromatik bitkiler halk arasında geleneksel olarak çeşitli hastalıkları tedavi etmek, yiyeceklere tat ve aroma vermek gibi birçok amaçla kullanılmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tıbbi ve aromatik bitkilerin son dönemlerde bünyesinde barındırdıkları çeşitli kimyasal özellikler (uçucu yağ, fenolik, antioksidan vb.) değişik yöntemlerle tespit edilmiş ve bu türlerin gıda, tıp ve kozmetik gibi birçok alanda kullanım

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32200, Isparta, Türkiye.

*Corresponding author (İletişim yazarı): aslanmerdin@gmail.com

Citation (Atıf): Gülsoy, S., Merdin, A. (2017). Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) Türünün Yapraklarında Uçucu Yağ Miktarı ve Bileşenleri. Bilge International Journal of Science and Technology, 1 (2): 119-128.

alanları artmıştır. Bu durum tıbbi ve aromatik özelliklere sahip bitki türlerinin ticari değerini arttırmış olup, sektörden ülke ekonomilerine katkı sağlamaları başlamıştır (Faydaloğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

Bitkilerin tıbbi ve aromatik özelliklere sahip olması, bünyelerinde barındırdıkları biyokimyasal maddeler ile yakından ilişkilidir. Özellikle farklı uçucu bileşenler içeren bitkilerin tıbbi ve aromatik potansiyellerinin yüksek olduğu bilinmektedir. Çünkü bu bitkiler yaprak, gövde, çiçek gibi organlarındaki salgı tüylerinde uçucu yağları barındırmakta olup, bu yağlar sayesinde diğer bitkilere göre daha fazla tat, koku ve aroma özelliğine sahiptirler (Faydaloğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

Bitkilerdeki uçucu yağlar çeşitli yöntemlerle elde edilmekte olup, bileşenleri belirlendikten sonra kullanım alanları tespit edilebilmektedir. Genel olarak bitkilerin bünyesindeki bu uçucu yağ miktarının tespit edilmesi için belirli kısımlarının yaş veya kurutulmuş olarak distilasyon işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu işlemin ardından uçucu yağ bileşimlerin belirlenmesi ise GC ve GC-MS gibi yöntemler sayesinde yapılmaktadır (Başer, 2010). Ülkemiz doğal orman sahalarında pek çok bitki türünün belirtilen yöntemler ile uçucu yağ miktar ve bileşenleri tespit edilmiştir. OGM (2015), verilerine göre yaklaşık 22.3 milyon ha orman varlığına sahip ülkemizde *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Rosaceae*, *Asteraceae*, *Myrtaceae*, *Pinaceae* ve *Cupressaceae* tıbbi ve aromatik bitki türlerini barındıran en önemli familyalardır. Bunlar içerisinde *Cupressaceae* familyasında bulunan ardıç türleri ise ülke orman alanının yaklaşık olarak 958.423 ha'lık bir kısmını kaplamakta olup uçucu yağ içerikleri bakımından önemli bir potansiyele sahiptir (OGM, 2015).

Ardıç türlerinin ülkemizde 3 farklı seksiyon (*Juniperus* seksiyonu, *Caryocedrus* seksiyonu ve *Sabina* seksiyonu) içerisinde 7 türe bağlı 11 farklı taksonu bulunmaktadır (Fakir, 2014). Bu taksonlar içerisinde ise ülkemizde en geniş yayılış alanına Boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) türünün sahip olduğu bilinmektedir. Boylu ardıcın ekstrem yetişme ortamı koşullarına dayanıklı olduğu, sık ibrelere sahip olduğu ve yaban hayatı için barınma ve beslenme ortamı sağladığı için orman ekosistemlerinde önemli bir türdür (Gültekin, 2007; Mert ve Yalçınkaya, 2017).

Odununun yumuşak olması, reçine içermemesi ve kolay işlenebilmesinden dolayı tel direk, baston ve kırbaç sapı yapımında, müzik aletleri yapımı gibi birçok alanda kullanımı yaygındır. Kozalak ve yaprağında kimyasal maddeler bulunması nedeniyle eczacılık, tıp ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanımı oldukça fazladır (Aswal ve Goel, 1989; Muhammad vd., 1992; Fujita vd., 1995; Erenler, 1997; Baytop, 1999). Türün belirtilen kısımlarda bulunan uçucu yağ, doğal şekerler, flavon glikozitleri, reçine tanen ve organik asitler çoğunlukla bazı yiyecek ve içeceklerde tat ve koku maddesi olarak kullanıldıkları bilinmektedir (Aswal ve Goel, 1989; Muhammad vd., 1992; Fujita vd., 1995; Erenler, 1997; Baytop, 1999). Ayrıca odun ve yapraklarından damıtma yoluyla ardıç esansı elde edilerek parfümeri endüstrisinde kullanıldığı da tespit edilmiştir. (Ebcioğlu, 2003). Ardıç tohumu çayı vücutta biriken laktik asidi gidererek kan dolaşımını düzenlediği, baş ve mide ağrularına ve çocuklarda böbrek iltihaplarına iyi geldiği ifade edilmektedir. Yine ardıç yağının kullanımı kırınglık, mide krampı, sinir bozukluklarında, migren ve sinir merkezli kalp rahatsızlıklarında etkili olduğu ifade edilmiş olup, yapraklarının ve taze sürgünlerinin kaynatılması ile elde edilen su banyosu ayakların kan dolaşımını rahatlatarak mantar türü deri rahatsızlıklarını giderdiği açıklanmıştır (Erenler, 1997; Koç, 2002; Gürkan, 2003).

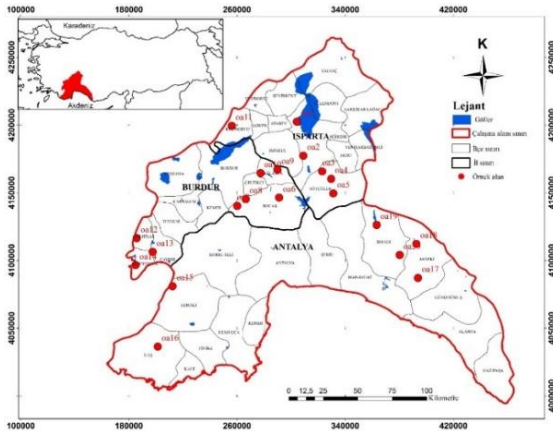
Boylu ardıç türleri, belirtilen tüm bu özellikleri itibarıyla dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmalardan önemli bir kısmı ise türün farklı organlarında uçucu yağ özelliklerinin tespit edilmesine yönelik olmuştur Soković vd., (2004) tarafından yapılan çalışmada *J. excelsa* kozalaklarında uçucu yağ ve bileşenleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda kozalaklardaki ortalama uçucu yağ verimi %1.2 olarak tespit edilmiştir. Uçucu yağ içerisinde toplam 19 farklı bileşen belirlenmiş olup, bunlar içerisinde Sabinen (%72.8) bariz bir şekilde majör bileşen olmuştur. Sabinen'den sonra uçucu yağlardaki en temel bileşen ise mirsen (%5.6) olduğu ifade edilmiştir. Ünlü vd., (2008) tarafından *J. excelsa* kozalaklarında uçucu yağ bileşimlerinin tespit edilmesine yönelik yapılan çalışmada 44 farklı bileşen elde edilmiş olup, bunlar içerisinde α -pinen (%55.5), α -sedrol (%7.7), sabinen (%3.5) ve verbenon (%2.4) majör bileşenler olduğu ifade edilmiştir. Adamopoulos ve Koch (2011) Yunanistan'da yaptıkları bir çalışmada *Juniperus*

excelsa'nın özodun ile diri odunun fenolik bileşenleri karşılaştırmış, özodunda daha fazla fenolik bileşen bulunduğunu tespit etmişlerdir. Khoury vd., (2014), Lübnan'da yaptığı çalışmada *J. excelsa* yaprak ve dallarında uçucu yağlar ve bu uçucu yağların antimikrobiyal etkilerini araştırmışlardır. Clevenger ile elde ettikleri uçucu yağlarda GC-MS analizi sonucu α -pinen ve α -sedrol ana bileşenler olmuştur. Ayrıca tütün uçucu yağlarının in-vitro koşullarda *Staphylococcus aureus* ve *Trichophyton rubrum* (MICs of 64- 128 μ g/ml)'e karşı antimikrobiyal aktivite gösterdikleri tespit edilmiştir. Fakat yukarıda belirtilen bilgiler ışığında konu oldukça önem arz etmekte olup bu doğrultuda yapılacak yeni çalışmalara halen ihtiyaç duyulmaktadır. Buradan hareketle gerçekleştirilen bu çalışmada Göller yöresinde yayılış gösteren boylu ardiç türünün yapraklarının sahip olduğu uçucu yağ miktarı ve bileşenlerinin tespit edilmesi amaçlanarak, bu konudaki bilgi birikiminin artırılması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma alanı

Çalışma türün ülkemizde yaygın olarak dağılım gösterdiği Isparta, Burdur ve Antalya il sınırlarını içine alacak şekilde 38°25'-36°06' kuzey enlemleri ile 29°30'-32°34' doğu boylamları arasında kalan ve Göller yöresi olarak isimlendirilen yaklaşık 36.676 km²'lik alan içerisinde seçilen 20 örnek sahada yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma yapılan örnek alanların harita üstündeki konumları

Çalışma alanı, içerisinde yeryüzünde tektonik ve volkanik olaylarla meydana gelen çukurlarda suların birikmesiyle oluşmuş çok sayıda göl

bulunmakta ve yöre adını bu göllerden almaktadır. Alan içerisinde hakim anakaya kireçtaşıdır. Bölgede oldukça sık değişime uğrayan başta iklim özellikleri olmak üzere, yine kısa mesafelerde farklılık arz eden yeryüzü şekilleri ve anakaya varyasyonuna bağlı olarak toprak özellikleri farklılık göstermektedir. Farklı toprak tipleri içerisinde ise yine en hakim oluşumlar kırmızı akdeniz (terra-rossa) toprakları, esmer orman toprakları, kahverengi orman toprakları ve kestane renkli topraklardır (Atalay, 1987; Gülsoy, 2011). Yörede genel iklim özelliklerine bakıldığında Akdeniz'e yakın yerler, alçak kesimler ve dağların denize bakan yamaçlarında tipik Akdeniz iklimi (yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı), denizden uzak ve daha yüksek kesimlerde Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında geçiş iklimi görülmektedir (Evlıyaoğlu, 1996).

2.2. Arazi çalışmaları

Çalışmada ilk olarak mevcut ardiç alanları içerisinde türün yayılış durumu, ağaçların sağlık durumu gibi kriterler göz önünde bulundurularak örnek alanlar belirlenmiştir. Yine örnek alanlar belirlenirken insan baskısından uzak, mantar ve böcek zararının olmadığı sahalara seçilmesine dikkat edilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda bu koşulları sağlayan 20 örnek alanda çalışma yapılmıştır. Her bir örnek alanda alanı en iyi temsil edecek sağlıklı 3 ağaç belirlenip, yaparak örnekleri belirlenen ağaçların kuzeye bakan taraflarındaki son yıl sürgünleri üzerinden alınmıştır.

2.3. Laboratuvar çalışmaları

Araziden toplanan yapraklar ilk olarak laboratuvar ortamında, açıkta kuruması amacıyla 2 ay süre ile bekletilmiştir. Daha sonra hava kurusu hale gelen örnekler sabit ağırlığa gelmesi için metal kaplar içerisinde 35 °C'de kurutma fırınına konulmuştur. Bu işlemin ardından yapraklar elektronik mikser vasıtasıyla öğütülerek toz haline getirilmiştir. Ardından 2 mm göz açıklığındaki elekten geçirilen toz halindeki yapraklar 100'er gram tartılarak uçucu yağ analizi için Clevenger cihazının cam haznesine konulmuştur. Üzerlerine 1 litre su ilave edildikten sonra kaynatılmaya bırakılmıştır. Her bir örnek alan için 3 tekerrürlü olacak şekilde distilasyon (damıtma) işlemi başlatılmıştır. Clevenger düzeneğinde distile edilmiş örneklerden % uçucu yağ verimleri (v/w) elde edilmiştir (Başer, 2010).

Uçucu yağ veriminin tespitinin ardından yapılan diğer bir işlem ise uçucu bileşenlerin tespit edilmesi olmuştur. Bu amaçla kurutulmuş yapraklar SDÜ Deneysel ve Gözlemsel Öğrenci Araştırma ve Uygulama Merkezine sevk edilmiştir. Örnekler burada yaklaşık 1'er gram öğütülerek viallere konulmuştur. Vialler içerisindeki örnekler 25°C'de fibersiz 5 dakika bekletilmiştir. Bu sırada viallerin üst kısmına numune içerisindeki uçucu bileşenler birikmiştir. Bu işlemin ardından numune içerisine fiber daldırılıp 5 dakika daha bekletilmiştir. Böylelikle fiber uçucu bileşenleri absorbe etmiştir. Bu aşamada son olarak numunedan çekilen fiber Shimadzu (Japan) GC 2010 PLUS GC/MS marka cihaza enjekte edilip uçucuların sistemde desorpsiyonu gerçekleştirilmiştir. GC/MS cihazında Restek Rx-5Sil MS 30 m *0.25 mm, 0.25 mm kolon kullanılmıştır. Kolon sıcaklık programı; 40 °C de 2

dakika bekletildikten sonra 250°C'ye, dakikada 4°C'lik artışla ulaşmakta ve 250°C'de 5 dakika beklemektedir.

3.Araştırma Bulguları

Laboratuvarında yaprakların uçucu yağ verimini belirlemeye yönelik yapılan çalışmada boylu ardıç yapraklarında ortalama %0.87±0.12 v/w oranında uçucu yağ verimi belirlenmiştir. Uçucu yağ veriminin tespit edilmesinin ardından uçucu yağ bileşenlerini belirlemeye yönelik uygulanan SPME analizi neticesinde ise 41 adet uçucu bileşen tespit edilmiştir. Çalışmada tespit edilen bileşenler ve tüm örnek alanlara göre ortalama değerler (% v/w) Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Boylu ardıç yapraklarında tespit edilen uçucu bileşenler ve ortalama oranları (% v/w)

Uçucu Bileşenler	(% v/w)	Uçucu Bileşenler	(% v/w)	Uçucu Bileşenler	(%v/w)
α -pinen	81.3	β -sedren	0.1	Kadina-1(6),4-diene 10betaH	0.1
Mirsen	6.2	Sedrol	0.1	Δ -Kadinen	0.1
Limonen	4.5	Bornyl acetat	0.1	α -p-Dimethylstyren	0.1
Δ 3-karen	1.4	Thujopsen cis	0.1	Undeca-1,3,5-trien	0.1
γ -terpinen	1.2	Kamphor	0.6	β -Farnesen (E)	0.1
β -Pinen	1.0	β -Osimen (E)	0.1	Butyrate isopropyl-, 2-methyl	0.1
Terpinolen	0.9	Fenchon	0.1	α -Fenchol	0.1
p-simen	0.9	Sabinen	0.1	Pyrazine-2-isobutyl- 3-methyl	0.1
Kamphen	0.6	β -Karyophyllen	0.1	β -Bourbonen	0.1
α -sedren	0.5	Fenchyl asetat endo	0.1	Capronaldehide; Hexanal	0.1
α -terpinen	0.4	α -Thujen	0.1	β -Osimen <(Z)-	0.1
α -pellandren	0.3	α -Humulen	0.1	Linalool	0.1
Tricyclen	0.2	γ -Kadinen	0.1	Verbenon	0.1
Germakren D	0.1	α -Kopaen	0.1		

Boylu ardıç yapraklarından elde edilen uçucu bileşenlerin toplamına bakıldığında en fazla tespit edilen bileşenin %81.28±2.76 ortalama ile α -pinen olduğu görülmektedir. α -pinen'den sonra ise %6.19±0.92 ile mirsen ve son olarak %4.52±0.89 ile limonen olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen diğer 38 bileşenin toplam oranı %8.01

ile oldukça düşük olduğundan boylu ardıç yapraklarında α -pinen, mirsen ve limonen bileşenlerinin sırasıyla en temel (majör) uçucu bileşenler olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada tespit edilen majör uçucu bileşenlerin örnek alanlardaki dağılımı ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Boylu ardıç yapraklarında tespit edilen uçucu bileşenlerin örnek alanlardaki miktarı (%)

OA	Mevkii Adı	α -pinen	Mirsen	Limonen
oa1	Barla (Eğirdir) Mevkii	84.0	5.2	4.0
oa2	Yukarı gökdere (Eğirdir) Mevkii	79.3	6.7	5.1
oa3	Sipahiler (Sütçüler) Mevkii	81.8	5.5	4.1
oa4	Tota (Sütçüler) Mevkii	78.0	5.8	4.3
oa5	Çobanisa (Sütçüler) Mevkii	74.5	5.5	4.3
oa6	Beşkonak (Bucak) Mevkii	80.5	5.8	5.5
oa7	Yüreğil (Bucak) Mevkii	81.1	6.5	5.3
oa8	Kestel (Bucak) Mevkii	83.7	6.4	4.1
oa9	Dereköy (Ağlasun) Mevkii	79.7	8.2	4.9
oa10	Güvenli (Ağlasun) Mevkii	82.8	6.2	4.5
oa11	Kozluca (Keçiborlu) Mevkii	82.5	5.7	4.4
oa12	Böğürdelik (Göhlisar) Mevkii	79.8	7.5	6.2
oa13	Boncuk kulesi (Altınyayla) Mevkii	78.5	4.3	4.0
oa14	İbecik (Altınyayla) Mevkii	78.2	7.3	6.5
oa15	Yapraklı (Elmalı) Mevkii	82.5	7.3	3.8
oa16	Sütleşen (Kaş) Mevkii	82.6	6.6	4.6
oa17	Güzelsu (Akseki) Mevkii	86.2	5.3	3.0
oa18	Cevizli (Akseki) Mevkii	81.5	5.9	4.9
oa19	Kızılkırlık (İbradı) Mevkii	84.8	5.5	3.3
oa20	Üzümlüdere (İbradı) Mevkii	83.5	6.6	3.7
	Ortalama	81.28	6.19	4.52

Çizelge 2 incelendiğinde majör uçucu bileşenlerden α -pinen en fazla oa17 (%86.2)'de iken en az oa 5 (%74.5)'te tespit edilmiştir. Majör uçucu bileşenlerden mirsene bakıldığında ise en fazla oa 8 (%8.2) de yer alırken, en az oa 13 (%4.3)'te yer almıştır. Majör uçucu bileşenlerden bir diğer bileşen olan limonene bakıldığında en fazla oa 14 (%6.5)'teyken en az oa 17(%3.0)'de olduğu tespit edilmiştir.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada Türkiye ve dünyada önemli yayılışı olan boylu ardıç ağacının yapraklarında ortalama uçucu yağ miktarı tespit edilmiş olup, bu uçucu yağların sahip oldukları bileşenler belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada boylu ardıç yapraklarında ortalama %0.87±0.12 v/w oranında uçucu yağ tespit edilmiştir. Yunanistan'da toplanan *J. excelsa* yapraklarında %0.78 ile %1.85 v/w arasında (Adams, 1990), İran'da yapılan bir çalışmada %0.8 v/w arasında (Ehsani vd. 2012) ve Makedonya'da gerçekleştirilen bir çalışmada ise %0.89 ile %1.39 arasında uçucu yağ verimi tespit edilmiştir (Sela

vd., 2015). Dolayısıyla türün yapraklarındaki uçucu yağ miktarlarının tespit edildiği tüm bu çalışmalardan elde edilen sonuçların, bu çalışmanın bulguları ile uyumlu olduğu, görülen ufak farklılıkların ise yaprak toplanma zamanı, uygulanan yöntem ve genetik gibi koşullardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Başer (1993) tarafından *Labiatae* familyası üzerine yapılan bir çalışmada, bünyesinde %2 v/w ve üzerinde uçucu yağ miktarı bulunan bitkilerin uçucu yağ bakımından zengin olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir. Bu bağlamda boylu ardıçlar önemli uçucu yağ bitkilerini içeren *Labiatae* familyası ile kıyaslandığında türün zengin içerikli bir uçucu yağ bitkisi olduğunu söylemek pek mümkün değildir. Fakat yine de türün yapraklarında azımsanmayacak miktarda uçucu yağ içerdiğini söylemek yanlış olmayacaktır.

Yapraklarda belirlenen 41 farklı bileşen içerisinde α -pinen (%81.28±2.76) bariz olarak temel (majör) uçucu bileşen olmuştur. Mirsen (%5.19±0.91) ve

limonen (%4.52±0.86) bileşenleri diğer bileşenlerden fazla olmasına rağmen, bu iki bileşen oranının α -pinen'e göre net bir şekilde az olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de yapılan bir çalışmada boylu ardıç yapraklarında en temel uçucu yağ bileşenleri sırasıyla α - pinen (%29.7), sedrol (%25.3), α -murolen (%4.4) ve 3-karen (%3.8) olarak sıralanırken (Topçu vd., 2005), İran'da yapılan bir başka çalışmada *J. excelsa* yapraklarında ana bileşenin α -pinen (%32.34) olduğu tespit edilmiştir (Emami vd., 2011a). Konuya ilişkin yürütülen bir başka çalışmada ise α -pinen (%36), β -pinen (%30.2), limonen (%12.6), β -fellandren (%3.9) türün yapraklarında ana bileşenler olarak tespit edilmiştir (Nadir vd., 2013). Görüleceği üzere tüm bu çalışmalarda α -pinen majör bileşen olarak tespit edilirken, hem α -pinen hem de diğer bileşen oranlarında farklılıklar gözlemlenmiştir. Konuya ilişkin önceki çalışmalarda bitkilerden elde edilen uçucu yağların miktar ve bileşimleri üzerinde kısmen kullanılan yöntemlere ilişkin standartlar ile uçucu yağ elde edilecek bitkinin türü ve toplandığı lokalite, bitkinin hangi kısmının kullanılacağı, olgunluk dönemi ve genetik faktörler gibi pek çok değişkenin etkili olabileceği ifade edilmektedir (Şarer, 1988; Acar, 1989; Akgül ve Bayrak, 1989; Duru ve Harmandar, 1993; Tawatsin vd., 2001; Baydar, 2005; Toroğlu vd., 2006; Bağcı ve Koçak, 2008; Gülsoy, 2011). Dolayısıyla bu çalışmadan elde edilen sonuçların önceki çalışmalar ile oluşan kısmi farklılıklarının örneklerin toplandığı lokalite, toplanma zamanı, olgunluk evresi ve genetik gibi farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türün yapraklarından bulunan α -pinen'in en çok aromatik özelliklere sahip iğne yapraklı orman ağaç türlerinde mevcut olduğu ve okalıptus ve biberiye gibi bitkilerde de tespit edildiği belirtilmiştir (Simonsen, 1957; Lazutka vd., 2001; Bakkali vd., 2008). Tıp-eczacılık, kozmetik ve halk sağlığı üzerindeki etkilerine yönelik yapılan çalışmalarda ise bu bileşenin iyi bir bronchodilatör (bronş genişletici) özelliğe sahip olduğu ve bunun yanında antioksidan, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antimetastak, apoptosis, alerjik rinit ve antibiyotik etkilerinin olabileceği ifade edilmiştir (Martin vd., 1993; Nissen vd., 2010; Matsuo vd., 2011; Russo, 2011; Bae vd., 2012; Donahue vd., 2012; Nama vd., 2014; Rufino vd., 2014). Mirsen bileşeninin sahip olduğu hoş kokusundan dolayı parfümeri sanayiinde kullanılabilirliğine yönelik bilgiler mevcuttur (Fahlbusch vd., 2002). Ayrıca bu bileşenin farmakolojik olarak analjezik (ağrı kesici),

antiinflamatuvar (Lorenzetti vd., 1991) ve yatıştırıcı-sakinleştirici (Do Vale vd., 2002) gibi çeşitli etkilerinin olduğunu ifade eden çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Son olarak limonen bileşeninin kullanım alanlarına bakıldığında ise yoğun olarak portakal kabuğunda (~%95) bulunduğu ve menengiç meyvelerinin uçucu yağlarında da tespit edildiği ifade edilmiştir (Grassmann vd., 2002, Gülsoy, 2011). Yine bu bileşenin farmakolojik özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan çeşitli çalışmalarda beyin tümörünün tedavisi (da Fonseca vd., 2011), pankreas kanseri (Nakaizumi vd., 1997), mide kanseri (Uedo, 1999), cilt, meme, böbrek ve akciğer kanserleri gibi çeşitli hastalıklarda (Wagner ve Elmafda, 2003) etkili olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca yapılan çeşitli çalışmalarda yine limonen bileşeninin hipolipidemik, antianjiogenik, hipertermi, negatif apoptoz düzenleme ve antioksidan etkilerinin olduğu da ifade edilmiştir (de Saldanha da Gama Fischer vd., 2011; Ahmad ve Beg, 2013).

Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda tıp ve eczacılık alanında önemi oldukça yüksek olan bileşenlerin elde edildiği boylu ardıç yapraklarının ülkemizde tıbbi ve aromatik bitki statüsünde değerlendirilebilir bir yerde olduğu görülmektedir. Türün yapraklarından çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılan bileşenlerin elde edilebilmesi hem türün ticari değerini arttırmakta hem de türün yaygınlaştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Diğer yandan konuya ilişkin daha net bilgilere ulaşılabilmesi için bu ve benzeri bitki türlerinin özellikle biyokimyasal özellikleri ile ilgili konularda farklı detay çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Çalışmamızı SDÜ-BAPKB-4116-YL1-14 numaralı proje ile destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Acar, İ. (1989). *Liquidambar orientalis* Mill. balsamı eterik yağının GC-MS-DS sistemi ile analiz edilerek bileşiminin belirlenmesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Rapor No:33, 11s. Ankara.

- Adamopoulos, S., Koch, G. (2011). "Wood structure and topochemistry of *Juniperus excelsa*", IAWA Journal, 32 (1), 67-76.
- Adams, R. P. (1990). The Chemical Composition of Leaf Oils of *Juniperus excelsa* M.-Bieb. Journal of Essential Oil Research, 2 (1), 45-48.
- Ahmad, S., Beg, Z.H. (2013). "Hypolipidemic and antioxidant activities of thymoquinone and limonene in atherogenic suspension fed rats". Original Research Article Food Chemistry, 138, 1116-1124.
- Akgül, A., Bayrak, A. (1989). Mersin bitkisi (*Myrtus communis* L.) yapraklarının uçucu yağ verimi ve yağların bileşimi. TÜBİTAK Doğa Bilim Dergisi, 13(2), 143-147.
- Aswal, B.S., Goel, A.K. (1989). Less Known Medicinal Uses of Three Plants from Western Himalaya (India). Economic Botany 43(3), 419-420.
- Atalay, İ. (1987). Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Ormanları'nın yayılış gösterdiği alanlar ve yakın çevresinin genel ekolojik özellikleri ile sedir tohum transfer rejyonlaması. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 663, 167s. Ankara.
- Bae, G.S., Park, K.C., Choi, S.B., Jo, I.J., Choi, M.O., Hong, S.H., Song, K., Song, H.J., Park, S.J. (2012). Protective effects of alpha pinene in mice with cerulean-induced acute pancreatitis. Life Sciences, 91, 866-871.
- Bağcı, E., Koçak, A. (2008). *Salvia palaestina* Bentham ve *S. tomentosa* Miller türlerinin uçucu yağ kompozisyonu, kemotaksonomik bir yaklaşım. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendis Bilimleri Dergisi, 20(1), 35-41.
- Bağdat, B. (2006). Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları, Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Ve Ülkemizde Kekik Adıyla Bilinen Türlerin Yetiştirme Teknikleri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, Yıl: 2006 Cilt: 15 Sayı: 1-2.
- Başer, K.H.C. (1993). Essential oils of Anatolian Labiatae: A profile. Acta Horticulture, 333, 217-238.
- Başer, K.H.C. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkisel ürünlerin üretimi ve kalite kontrolü. Anadolu Üniversitesi Yayın No. 2109, Anadolu Üniversitesi Yayınevi, Eskişehir.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). "Biological effects of essential oils a review". Food and Chemical Toxicology, 46, 446-75.
- Baydar, H. (2005). Yayla kekiği (*Origanum minutiflorum* O. Schwarz et. P. H. Davis)'nde farklı toplama zamanlarının uçucu yağ içeriği ve uçucu yağ bileşenleri üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2), 175-178.
- Baytop, T. (1999). Türkiye'de Bitkilerle Tedavi. Nobel Tıp Kitapevleri Yayını, 2. Baskı, 480s, İstanbul.
- Da Fonseca, C.O., Simao, M., Lins, I.R., Caetano, R.O., Futuro, D., Quirico-Santos, T. (2011). Efficacy of monoterpene perillyl alcohol upon survival rate of patients with recurrent glioblastoma. Journal of cancer research and clinical oncology, 137(2), 287-293.
- De Saldanha da Gama Fischer, J., Costa Carvalho, P., da Fonseca, C.O., Liao, L., Degrave, W.M., da Gloria da Costa Carvalho, M., Yates, J.R., Domont, G.B. (2011). "Chemo-resistant protein expression pattern of glioblastoma cells (A172) to perillyl alcohol". Proteomics Research Journal, 10 (1), 153-160.
- Donahue, N.M., Henry, K.M., Mentel, T.F., Kiendler-Scharr, A., Spindler, C., Bohn, B., Brauers, T., Dorn, H.P., Fuchs, H., Tillmann, R., Wahner, A., Saathoff, H., Naumann, K.H., Mohler, O., Leisner, T., Müller, L., Reinnig, M.C., Hoffmann, T., Salo, K., Hallquist, M., Frosch, M., Bilde, M., Tritscher, T., Barmet, P., Praplan, A.P., DeCarlo, P.F., Dommen, J., Prevot, A.S.H., Baltensperger, U. (2012). Aging of biogenic secondary organic aerosol via gas-phase OH radical reactions. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109, 13503-13508.
- Do Vale, T.G., Couto Furtado, E.C., Santos, J.G., Viana, G.S. (2002). "Central effects of citral, myrcene and limonene, constituents of essential oil chemotypes from *Lippia alba* (Mill.) n.e. Brown. Phytomedicine". International Journal of Phytotherapy And Phytopharmacology, 9 (8), 709-714.
- Duru, M.E., Harmandar M. (1993). *Liquidambar orientalis* Miller Uçucu Yağının Bileşimi.

- IX. Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu, 93 s, Trabzon.
- Ebcioğlu, N. (2003). Sağlığımız İçin Yararlı Bitkiler. Remzi Kitabevi, ISBN: 975-14-0785-0, İstanbul, 182.
- Ehsani, E., Akbari, K., Teimouri, M., Khadem, A. (2012). Chemical composition and antibacterial activity of two *Juniperus* species essential oils. *African Journal of Microbiology Research*, 6(38), 6704-6710.
- Emami, A.S., Abedindo, B.F., Khayyat, M.H. (2011). Antioxidant Activity of the Essential Oils of Different Parts of *Juniperus excelsa* M. Bieb. subsp. *excelsa* and *J. excelsa* M. Bieb. subsp. *polycarpus* (K. Koch) Takhtajan (*Cupressaceae*), 10 (4), 799-810.
- Erenler, R. (1997). Yüksek Ardiç (*Juniperus excelsa* Bieb.)'ın Meyvelerindeki Bileşiklerin İzolasyonu, Yapı Tayini ve Aktivite Testleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), 68 s., Tokat.
- Evliyaoğlu, S. (1996). Türkiye turizm coğrafyası ve Türkiye coğrafyasının anahatları. *Dizgi Ofset*, 72s. Ankara.
- Fakir, H. (2014). *Juniperus L.* (Ardıçlar). (Editör) Akkemik, Ü. 2014. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalılırları 1. Ü., T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 115-174.
- Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S. (2011). Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2011, 11 (1): 52 - 67.
- Fahlbusch, K.G., Hammerschmidt, F.J., Panten, J., Pickenhagen, W., Schatkowski, D., Bauer, K., Garbe, D., Surburg, H. (2002). *Flavors and Fragrances, ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*. Weinheim, Wiley-VCH.
- Fujita, T., Sezik, E., Tabata, M., Yeşilada, E., Honda, G., Takeda, Y., Tanka, T. ve Takaishi, Y. (1995). Traditional Medicine in Turkey, VII. Folk Medicine in Middle and West Black Sea Regions, *Econ. Bot.*, 49, 406-422.
- Grassman, J., Hippeli, S., Elstner, E.F. (2002). Plant's defence and its benefits for animals and medicine: role of phenolics and terpenoids in avoiding oxygen stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40, 471-478.
- Gülsoy, S. (2011). *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Ender (*Anacardiaceae*)'in göller yöresindeki yetişme ortamı özellikleri ve yetişme ortamı-meyve uçucu yağ içeriği etkileşimleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 194 s.
- Gültekin, H.C. (2007). Türkiye Ardiç (*Juniperus L.*) Türlerinin Ekolojisi ve Silvikültür Teknikleri. Orman Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, Turkey.
- Gürkan, E. (2003). Bitkisel Tedavi. Marmara Üniversitesi Yayınları, No:699, Fakülte Yayın No:19.
- Khoury, M., El Beyrouthy, M., Ouaini, N., Iriti, M., Eparvier, V., Stien, D. (2014). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Juniperus excelsa* M. Bieb. growing wild in Lebanon. *Chemistry & biodiversity*, 11(5), 825-830.
- Koç, T. (2002). Bitkilerle Sağlıklı Yaşam. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, s. 102-104.
- Lazutka, J.R., Mierauskien, J., Slap, G., Dedonyt, V. (2001). Genotoxicity of dill (*Anethum graveolens* L.), peppermint (*Mentha piperita* L.) and pine (*Pinus sylvestris* L.) essential oils in human lymphocytes and *Drosophila melanogaster*. *Food and Chemical Toxicology*, 39, 485-92.
- Lorenzetti, B.B., Souza, G.R.E.P., Sarti, S.L.J., Santos Filho, D., Ferreira, S.R.H. (1991). "Myrcene mimics the peripheral analgesic activity of lemongrass tea". *Journal of Ethnopharmacology*, 34(1), 43-48.
- Martin, S., Padilla, E., Ocete, M.A., Galvez, J., Jiméñez, J., Zarzuelo, A. (1993). Anti-inflammatory activity of the essential oil of *Bupleurum fruticosum*. *Planta Medica*, 59, 533-536.
- Matsuo, A.L., Figueiredo, C.R., Arruda, D.C., Pereira, F.V., Scutti, J.A., Massaoka, M.H., Travassosa, L.R., Sartorellib, P., Lagob

- J.H.G. (2011). “ α - Pinene isolated from *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) induces apoptosis and confers antimetastatic protection in a melanoma model” , *Biochem Biophys Res Commun*, 29, 411–54.
- Mert, A., Yalçinkaya, B. (2017). Relationship between some wild mammals and forest structural diversity parameters, *Journal of Environmental Biology*, 38(5):879-883. DOI: 10.22438/jeb/38/5(SI)/GM-02.
- Muhammad, I., Mossa, J.S., El-Feraly, F.S. (1992). Antibacterial Diterpens From the Leaves and Seeds of *Juniperus excelsa* M. Bieb. *Phytotherapy Research* 6(5), 261-264.
- Nadir, M., Rasheed, M., Ahmed, A. (2013). Comparative studies on the phytochemistry of essential oil from needles and berries of *Juniperus excelsa* M. Bieb, *IAEA*, 438-443.
- Nakaizumi, A., Baba, M., Uehara, H., Iishi, H., Tatsuta, M. (1997). d-Limonene inhibits N-nitrosobis(2-oxopropyl)amine induced hamster pancreatic carcinogenesis. *Cancer letters*, 117(1), 99-103.
- Nama, S.Y., Chungb, C., Seoc, J.H., Rahd, S.Y., Kima, H.M., Jeong, H.J. (2014). The therapeutic efficacy of α -pinene in an experimental mouse model of allergic rhinitis. *International Immunopharmacology*, 23, 273–282.
- Nissen, L., Zatta, A., Stefanini, I., Grandi, S., Sgorbati, B., Biavati, B., Monti, A. (2010). “Characterization and antimicrobial activity of essential oils of industrial hemp varieties (*Cannabis sativa* L.)”, *Fitoterapia* 81, 413–419.
- OGM. (2012). Türkiye Orman Varlığı-2012, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. Erişim Tarihi: 30.11.2016. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2015.pdf>.
- Rufino, A.T., Ribeiro, M., Judas, F., Salgueiro, L., Lopes, M.C., Cavaleiro, C., Mendes, A.F. (2014). “Antiinflammatory and chondroprotective activity of (+)- α -Pinene: structural and enantiomeric selectivity”, *J Nat Prod*, 77, 264–269.
- Russo, E.B. (2011). Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *British Journal of Pharmacology*, 163(7), 1344–1364.
- Sela, F., Karapandzova, M., Stefkov, G., Cvetkovikj, I., Kulevanova, S. (2015). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Juniperus excelsa* Bieb. (*Cupressaceae*) grown in R. Macedonia, *Pharmacognosy Res.*, 7 (1): 74–80.
- Simonsen, J.L. (1957). *The Terpenes* (2nd edition). Cambridge University, 2, pp 105-191.
- Soković, M. D., Ristić, M., Grubišić, D. (2004). “Chemical Composition and Antifungal Activity of the Essential Oil from *Juniperus excelsa* Berries”, *Pharmaceutical Biology*, Vol. 42, Nos. 4–5, pp. 328–331.
- Şarer, E. (1988). *Salvia yosgadensis* Freyn. et Bornm. Uçucu Yağı Üzerine Kimyasal Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 18(1), 38-43.
- Tawatsin, A., Wratten, S. D., Scott, R. R., Thavara, U., Techadamrongsin, Y. (2001). Repellency of volatile oils from plants against three mosquito vectors. *Journal of Vector Ecology*, 26, 76-82.
- Topçu, G., Gören, A. C., Bilsel, G., Bilsel, M., Çakmak, O., Schilling, J., Kinston, D.G.I. (2005). Cytotoxic Activity and Essential Oil Composition of Leaves and Berries of *Juniperus excelsa*”, *Pharmaceutical Biology*, 43 (2), 125-128.
- Toroğlu, S., Diğrak, M., Çenet, M. (2006). Baharat olarak tüketilen *Laurus nobilis* Linn ve *Zingiber officinale* Roscoe bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri ve antibiyotiklere in-vitro etkilerinin belirlenmesi. *KSU Journal of Science and Engineering*, 9(1), 20-26.
- Uedo, N., Tatsuma, M., Iishi, H., Baba, M., Sakai, N., Yano, H., Otani, T. (1999). Inhibition by d-limonene of gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N'-nitrosoguanidine in Wistar rats. *Cancer Letters*, 137, 131-136.
- Uyanık, M., Kara, Ş. M., Gürbüz, B., Özgen, Y. (2013). Türkiye'de bitki çeşitliliği ve endemizm. *Ekoloji Kongresi*, 02-04 Mayıs 2013, Tekirdağ.

Ünlü, M., Vardar-Ünlü, G., Vural, N., Dönmez, E., Çakmak, O. (2008). "Composition and antimicrobial activity of *Juniperus excelsa* essential oil", Chemistry of Natural Compounds, 44 (1), 129-131.

Wagner, K., Elmafda, I. (2003). Biological relevance of terpenoids-overview focusing on mono-, di- and tetraterpenes. Annals of Nutrition and Metabolism. 47, 95-106.



Determination The Effect of Plant Activator Applications on Tomato Pollen Formation

M. A. Aşkın¹, F. A. A. Hussein^{1*}

Abstract: In this study, it was aimed to determine the effects of plant activator applications on tomato pollen formation. For this purpose, Daylos and Seyran tomato varieties were used. ISR-2000 and Crop-Set were used as plant activators. The first application was made in the first flowering period and then spray application was applied to the plants 3 times in 14 days intervals. After the applications were finished, the flowers were analyzed for morphology of pollen, germination and also pollen viability. And at the same time, plant activator applications examined the effect of tomato fruit quality. In research result, the applications of plant activators were supper effected by pollen viability, pollen germination and pollen morphology. pollen viability and germination ISR-2000 was found highest in application than the other application. The Crop-Set application were increased. control application was the lowest. The application of ISR-2000 and Crop-Set according to the average fruit weight, fruit size. The result were that fruit weight has increased.

Keywords: Plant activator, ISR-2000, Crop-set, Tomato pollen

Bitki Aktivatörü Uygulamalarının Domateste Polen Oluşumu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Özet: Bu araştırmada bitki aktivatör uygulamalarının domates polen oluşumu üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmada Daylos ve Seyran domates çeşidi, bitki aktivatörü olarak da ISR-2000 ve Crop-Set kullanılmıştır. İlk çiçeklenme döneminde ilk uygulama yapılmış bundan sonra 14 gün ara ile toplam 3 defa sprey şeklinde bitkilere uygulama yapılmıştır. Uygulamalar bittikten sonra domates çeşitlerine ait olan çiçek tozu canlılıklarının, çimlendirme ve polen morfolojisi incelenmiştir. Aynı zamanda bitki aktivatör uygulamalarının domates meyve kalitesine etkisi belirlenmiştir. Sonuçta, bitki aktivatör uygulamalarının polen canlılığı, polen çimlendirmesi ve polen morfolojine etkisi olmuştur. Verimde bitki aktivatörlerine göre farklılık göstermiştir. Canlılık ve çimlendirme ISR-2000 uygulamasında en yüksek bulunmuştur. Polen eni oranı en yüksek değere sahip olan uygulama ISR-2000 olarak saptanmıştır. Polen boyu oranı en yüksek değer sahip olan uygulama Crop-set olarak belirlenmiştir. Meyve kalitesini oluşturan ortalama meyve ağırlığı, ortalama kontrol, ISR-2000 ve Crop-Set uygulaması arasında farklılık göstermemiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki Aktivatörü, Crop-Set, Çiçek tozu, Domates, İSR-2000

1. Giriş

Dünya nüfusunun hızlı artışından dolayı insanlığın karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olan beslenme problemi ortaya çıkmaktadır. Buna çözüm olarak tarımsal faaliyetlerin desteklenmesi ve artırılması insanın birinci hedefi olmaktadır. Günümüze kadar olan tarımsal faaliyetlerden

doğabilecek zararları en alt seviyeye taşımak ve bitki hastalıklarıyla savaşım yöntemleri arasında kültürel, biyoteknik ve karantina önlemleri ile mekanik, fiziksel, biyolojik ve kimyasal savaş yer almaktadır. Hastalık engellenmesi amacıyla ve iyi sonuç alınması nedeniyle daha çok kimyasal savaş kullanılmaktadır. Çeşitli pestisitlerin kullanımın (böcek ilaçları), tarımsal bitkiler üzerinde negatif

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 32260, Isparta/Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): faatuu44@hotmail.com

Citation (Atıf): Aşkın, M.A., Hussein, F.A.A. (2017). Bitki Aktivatörü Uygulamalarının Domateste Polen Oluşumu Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 129-134.

etki yapmaktadır. Bahsedilen maddeler bitkilerin fotosentez ve solunum gibi en önemli mühim görevlerinin gerçekleştirildiği yapraklarda toksik etkiye neden olmakta ve morfolojik, anatomik ve fizyolojik yönden değişiklikler yol açmaktadır. Polen çimlenmesini ve polen tüpü oluşumunu engel olmakla birlikte ortaya çıkacak ürün miktarını belirlemektedir (Tort vd., 2005).

Fungusitlerin polen çimlenmesi üzerindeki etkileri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. In vitro koşullar altında fungusitlerle uygulama edilen polenlerde, polen çimlenmesinde bir azalma, polen tüplerinde deformasyon ve çatlaklar olduğu bildirilmiştir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yoğun konsantrasyonlarda kullanılan pestisitlerin etkileri farklı açılardan birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Son zamanlarda yapılan bir dizi çalışmada, fungusidlerin polen çimlenmesini ve böylelikle meyve oluşumunu bozarak zehirli toksik etki yarattığı bildirilmiştir (He vd., 1995; Pavlik ve Jandurava, 2000).

Çiçeklenme döneminde bazı meyve ağaçlarında triazol fungusitinin aşırı kullanımı polen çimlenmesi ve meyve oluşumu üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu gözlenmiştir (Redalen, 1980; Marcucci ve Filiti, 1984). Benzer şekilde Captan ve bazı fungusitlerin, pek çok elma çeşidinde polen canlılığını azalttığı bildirilmiştir (Church, 1977). Captan uygulanmış elma ağaçlarında polen çimlendirmesinin kontrole göre %20 oranda azalığı belirlenmiştir (Yi vd., 2003). Diğer bir çalışma domates çiçeklerinde polen çimlenmesi ve polen tüp büyümesini azalttığı bildirilmiştir. (De Lacerda vd., 1994).

Pestisitlerin polen çimlenmesi ve polen tüp büyümesi üzerindeki etkileri üzerine birçok çalışma yapılmış olsa da pestisitlerin polen morfolojisi ve anatomisi üzerindeki etkileri üzerine çok az çalışma bulunmaktadır. Son dönemlerde bitkilerin doğal savunma sisteminin bir dürtü yardımıyla uyarılarak kendilerinin patojen saldırılardan korunmasına dayanır. Doğal savunma sistemini aktif haline getiren bu dürtüye bitki aktivatörü denmektedir. Bitki aktivatörleri: bitkilerin bağışık sistemini uyarılması ile besin maddelerinden daha iyi güçlendiren, bitki patojen saldırısına karşı koruyan, bitki büyümesi sağlayan, toprak yapısı düzenleyici özellikleri olan ve bu özelliklerinden hep birden taşıyan maddelerdir (Tosun ve Ergün, 2002).

Bu çalışmada, Bitki Aktivatörü uygulamalarının domates bitkisinde çiçek tozu oluşumu üzerine etkilerini araştırmak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Deneme Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak iki farklı domates çeşidi daylos ve seyran kullanılmıştır. Serada yapılan deneme çalışmaları kullanılan domates fideleri, ticari bir fidelik olan Erdoğan Tarım (Deregümü Köyü Merkez/Isparta) firması tarafında üretilmiştir. Farklı bitki aktivatörü uygulamalarının birbirini etkilememesi amacıyla her uygulama arasında izolasyon sıraları bırakılmıştır. Bitki aktivatörlerinin uygulanmasına ilk çiçek döneminde başlayıp 14 gün ara ile toplam 3 defa sprey şeklinde bitkilere uygulama yapılmıştır. Araştırmada kullanılan bitki aktivatörü Crop-Set *Lactobacillus acidophilus* (600 ppm) ve ISR 2000 (900 ppm) kullanılmaktadır. Bitki aktivatörü bitkiler uygulama yapıldıktan iki gün sonra çiçekler bitkinin üzerinde iken titreşimli diş fırça yardımıyla toplanarak polenler çıkarılmış. Çiçek tozları, buzdolabında (4°C) kullanılmaya kadar saklanmıştır.

Söz konusu çalışmada; domates çeşitlerinde ki çiçek tozlarının canlılık seviyelerini belirlemek amacıyla TTC testi yapılmıştır. 10 ml TTC çözeltisi için 1 ml saf su içerisinde çözülmüş 0.1 gr TTC, 6 gr sakkarozun 9 ml saf suda eritilmesi sonucu oluşan iki karışım birbirlerinin üzerine ilave edilmiştir. Elde edilen TTC çözeltisi film kutusuna koyularak ışığa karşı korunmuştur. Akabinde; çalışmadaki ana çeşite ait çiçek tozları için iki adet lam hazırlanmış olup; ili tarafına da bir damla TTC damlatılmıştır. Damlanın üst kısmına çiçek tozları ekilmiştir. Ekimden sonra lamel kullanılmış böylece damlanın üzeri örtülmüştür.

TTC boyası, ekimden üç saat sonra çiçek tozlarının boyanmasına sebep olmuştur. Daha sonra ışık mikroskobu ile lamın iki ucunda beş bölgede sayım yapılmıştır. Sonuc olarak TTC boya maddesi ile kırmızı boyanan çiçek tozları canlı, pembe renk olan yarı canlı, hiç boyanmayan çiçek tozları cansız, olarak belirlenmiştir. Çimlendirme ortamı olarak 100 ml saf suya %1 agar + %30 sakkaroz konsantrasyonları denenmiştir. %1 agar + %30 sakkaroz ortamını hazırlamak için; Ortam, 100 ml kaynayan saf suya 1 g agar ve konsantrasyona bağlı olarak, 30 g sakkaroz ilavesi

yapılarak hazırlanmıştır. Ortamlar, petri kaplarına yaklaşık 2 mm kalınlıkta dökülerek soğumaya bırakılmışlar. Ortamlar soğuduktan sonra çiçek tozları sulu boya fırçası ile çimlendirme ortamına ekilmiştir. Sayma işlemi ortamlara çiçek tozu inkubator 22°C bekletilin yaklaşık 12 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Her petri kutusunda ise 5 ayrı alanda sayım yapılmıştır.

Polen morfolojisi bitki aktivatör uygulamaları etkisi belirlemek amacıyla, Electron mikroskobu SEM (*QUANTO FEG 250*) marka ile kullanarak polen tipi, polen şekli ve büyüklüğü, polen en ve boy incelenmiştir. SEM ile yapılan incelemelerde domates ait olan polenlerin polar ve ekvatorial görünüşleri elde edilmiş; polen sağlamlık ve abortif yapısı incelenmiştir. SEM çalışmaları Süleyman Demirel Üniversitesi Mükemmeliyet Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Quanta FEG 250 marka Bilgisayar Kontrollü Dijital SEM (Scanning Electron Microscope) kullanılmıştır. Polenler direkt olarak çift taraflı yapıştırıcı bant ile örnek tutucu (alüminyum stub) üzerine yerleştirilmiş. Püskürtme (sputtering) cihazı ile altın kaplama işleminden sonra inceleme yapılmıştır.

Bitki aktivatör uygulamaların domates meyve kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla, uygulamalara rastgele bir şekilde her bir bitkiye 10 adet meyve alınmıştır. Hasat yapıldıktan sonra hassas digital kumpas ve hassasiyeti elektronik terazi kullanılarak meyve ağırlığı(g) meyve boyu (mm) ve meyve eni(mm) ölçülmüştür.

Araştırmadan elde edilen tüm veriler, MINITAB (16.0 for Windows) istatistik paket programı kullanılarak, varyans analizine (GLM, Multivariate) tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında, TUKEY çoklu karşılaştırma testi ($p<0.05$) kullanılmıştır.

3. Bulgular

Araştırmada kullanılan bitki aktivatörü uygulamalarının domateste polen oluşumu üzerine etkilerinin belirlenmesi istatistik olarak %0.5 hata seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre denemede kullanılan bitki aktivatörlerinin domates polen üzerindeki etkileri canlılık testi incelenmesinden anlaşılacağı gibi TTC testinde, en yüksek canlı çiçek tozu oranları ISR-2000 ve Crop-set uygulamalarında %77.33 ve %69.00 olarak saptanmıştır. En düşük canlı çiçek tozu kontrol uygulamasında %58.50 olarak

belirlenmiştir. Yarı canlı çiçek tozu oranı bakımından en yüksek değerler %30.16 ve %19.00 ile kontrol ve Crop-set tespit edilmiştir. Oranları bakımında en yüksek değer %11.34 ile kontrolünde, en düşük değer ise %10.00 ile ISR-2000 belirlenmiştir. Kullanılan bitki aktivatörü elde edilen etkiler istatistiki olarak ($P<0.05$) değerlendirildiğinde aralarındaki fark önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bitki aktivatör uygulanan domates çeşitleri ait olan çiçek tozu canlılık testi.

Uygulama	Canlı	Yarı canlı	Cansız
Kontrol	58.50 b	30.16 a	11.34 ab
ISR-2000	77.33 a	12.67 c	10.00 b
Crop-set	69.00 ab	19.00 b	12.00 a
Önemli seviyesi	**	**	**
DK%	14.01%	13.19%	23.10%

Dikey sütunlardaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Yapılmış olan çimlendirme testi sonuçları incelendiğinde, çimlenmiş polenleri %87.83 ISR-2000, Kontrol %78, Crop-Set %70.12'tir. En çok çimlenme yeteneğine sahip olan ISR-2000, en az çimlenme yeteneğinde olan uygulama ise Crop-Set'tir. Çimlenmemiş polenler bakıldığında Kontrol %22, Crop-Set %29.88, ISR-2000 %12.17'tür. Bu veriler sonucunda en çok çimlenmemiş polen sahip olan Crop-Set, en az çimlenmemiş polen sahip olan ISR-2000'dir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bitki aktivatör uygulanan domates çeşitleri ait olan çiçek tozu çimlendirme testi.

Uygulama	Çimlenmiş	Çimlenmemiş
Kontrol	78.00 ab	22.00 b
ISR-2000	87.83 a	12.17 c
Crop-set	70.12 b	29.88 a
Önemli seviyesi	**	**
DK%	9.91%	12.88%

Dikey sütunlardaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiki olarak önemlidir ($p<0.05$).

Denemede yer alan uygulamaları ait polen morfolojisi SEM ile yapmış olduğumuz çalışmada sağlam polen ve abortif polen üzerine bitki aktivatörlerinin etkileri önemsiz bulunurken (Çizelge 3), polen eni ve boyu değerleri üzerine

etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Hesaplamalara göre boyu/eni oranı en yüksek değere sahip olan uygulama ISR-2000 olarak saptanmıştır.

Çizelge 3. Polen sağlam ve abortif çalışmaları

Uygulama	Sağlam polen	Abortif polen
Kontrol	81.33 a	8.00 a
ISR-2000	66.00 c	7.33 a
Crop-set	71.50 ab	7.50 a
Önemli seviyesi	öd	öd
DK%	13.85%	43.30%

Dikey sütünlardaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Öd= istatistiki olarak önemli değildir.

Çizelge 4. Polen morfoloji boy ve en belirlenmesi

Uygulama	Polen eni	Polen boyu
Kontrol	10.89 b	9.30 c
ISR-2000	27.22 a	17.88 b
Crop-set	11.40 b	21.13 a
Önemli seviyesi	*	**
DK%	20.00%	6.30%

Bitki aktivatörlerinin domates meyve ağırlık artırıcı rol oynadığı, bitki aktivatörü uygulanan parsellerdeki verimin meyve ağırlık kontrolden daha yüksek çıkmasıyla anlaşılmaktadır. Meyve ağırlık en yüksek sonuç Crop-set verilmiştir. Meyve eni ve meyve boyu üzerine bitki aktivatörlerinin etkileri önemsiz bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Bitki aktivatör uygulamalarının meyve boyu ve eni üzerine etkileri

Uygulama	Meyve boyu (mm)	Meyve eni (mm)	Meyve ağırlık (g)
Kontrol	51.28 a	59.82 a	111.40 b
ISR-2000	50.21 a	60.49 a	118.50 ab
Crop-set	49.37 a	59.35 a	126.10 a
Önemli seviyesi	öd	öd	*
DK%	4.79%	4.16%	6.16%

Dikey sütünlardaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiki olarak önemlidir (p<0.05). Öd= istatistiki olarak önemli değildir.

4. Tartışma ve Sonuç

Kıracı ve Padem (2012) tarafından organik tarımda kullanılan bazı bitki aktivatörlerinin domatestede verim ve kalite üzerine etkileri adlı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada Manda 31, Messenger, Bionur, Crop-Set ve ISR-2000 ticari preparatlarını kullanarak Bagher F1 oturak domates çeşidinde deneme yapmışlardır. Deney sonucunda elde edilen verilere göre domates yetiştiriciliğinde bitki aktivatörlerinin başarılı bir şekilde kullanılabilmesi sonucu elde edilmiştir. Çalışmadaki doğal preparatlarla toplam verim en yüksek konvensiyel uygulamasından 7602 kg/da, en düşük verim ise kontrol uygulamasında 6202 kg/da olarak elde edilmiştir.

Brezilya'da River vadisinde bulunan asma çöğürlerinde 2001-2002 yıllarında tam çiçek ve tam çiçekten sonra tek başına ve/veya beraber gibberellik asit, Crop-Set ve kabuk soyma uygulamalarının pazarlanabilir sürgün kalitesi ve verim üzerine etkileri incelenmiştir. 2001 yılında en yüksek değerler kabuk soyma+gibberellik asit ve kabuk soyma+gibberellik asit+%0.1 Crop-Set uygulamasında bulunmuştur. Kabuk soyma ve Crop-Set uygulamaların tek başına veya beraber uygulandığında herhangi bir etkisi olmamıştır. 2002 yılında ise kabuk soyma+gibberellik asit ve kabuk soyma+gibberellik asit+%0.2 Crop-Set uygulaması sürgün uzunluğunda %32 oranında artış sağlamıştır (Souza Leão vd., 2010).

Bitki aktivatörlerinin fungusit etkileşimleriyle daha iyi sonuç verdiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Fungusitler erken hastalık kontrolü sağlarken bitki aktivatörü sonradan devam edecek enfeksiyonlara karşı uzun süreli koruma sağlar. Bitki aktivatörlerini uygulama penceresinin dışında kullanmak zayıf bir koruma sağlanmasına neden olmaktadır. Bunun yanında, uygulama sırasında bitkide artan bir hastalık düzeyinin olması da daha düşük bir korumanın gerçekleşmesine neden olmaktadır (Novartis, 1997).

Sera ortamında aynı anda hem patojen inokulasyonu biyotik hem de NaCl stresiyle abiyotik strese karşı domates bitkilerine uygulanan ISR 2000 bitki aktivatörünün (1 ml/l) koruyucu etkileri araştırılmıştır. Tek başına ISR 2000 uygulaması büyüme parametrelerinde ve bitki biyokütlesinde belirgin azalmaya neden olmuştur. Bunun yanında, ISR 2000 uygulamaları domates fideleri üzerindeki tuz stresinin negatif etkilerini tolere etmektedir. Tuz stresi altında ISR 2000'nin

domates fidelerinin vejetatif büyümesini geliştirmesi ve antioksidan enzim seviyelerini arttırması ile tuz stresi etkilerini tolere etmektedir (Özfidan, 2005).

Eti (1991), yaptığı çalışmada elma, armut, kiraz, vişne ve erik türlerine ait 10 çeşitte çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testleri yapmıştır. Çiçek tozlarının canlılık seviyenin ortaya çıkarmak amacıyla TTC, FDA ve İKI solüsyonlarının kullanmıştır. Sonuç olarak meyve çeşitleri arasında çiçek tozu canlılık ve çimlendirme düzeyleri yönünden oldukça farklı sonuçlar belirlenmiştir. Oberle ve Watson (1953), şeftali, armut, elma ve üzüm türlerine ait çiçek tozlarının canlılıklarının belirlenmesinde 1, 2, 3, 5- triphenyl tetrazolium chloride (TTC), çimlendirilmesinde ise %10 sakkaroz- %1 agar ortamını kullanmışlardır. Araştırmada çiçek tozlarının canlılık oranları, çimlenme oranlarına göre daha yüksek bulunmuştur.

Çelik (1998) tarafından 1995-1996 yılları arasında yapılan bir çalışmada Tekirdağ çekirdeksizi, 2/B-56 ve Trakya ilkeren çeşitlerinin çiçek tozu canlılıkları ve çimlenme güçleri incelenmiştir. Tekirdağ çekirdeksizi, 2/B-56 ve Trakya ilkeren çeşitlerinden tam çiçeklenme zamanı alınan çiçek tozlarında sırasıyla %89,28, %95,36, %97,95 ve %98,25'lik canlılık oranı saptanmıştır. Çiçek tozları için optimal çimlenme koşulları, çiçek tozlarının alındığı bitki tür ve çeşidine göre büyük değişiklik göstermektedir. Besin maddesi yanında çimlendirme ortamının nem, basınç, sıcaklık ve pH durumu da çimlenme başarısını önemli ölçüde etkilemektedir (Elhers, 1951). Bu faktörlerden bir veya birkaçının olumsuz olması durumunda, canlılık düzeyleri yüksek olsa dahi çiçek tozlarının çimlenmedikleri belirlenmiştir.

Bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından, değişik bitki tür ve çeşitlerine ait çiçek tozları, farklı besin ortamları ve çimlendirme yöntemleri kullanılarak çimlendirme testleri yapılmıştır (Deidda, 1968; Calzoni vd., 1979; Seilheimer ve Stösser, 1982; Sütyemez, 1994). Yapılan çalışmalarda çiçek tozlarının gerek canlılık gerekse çimlendirme sonuçları meyve tür ve çeşidi ile uygulama yöntemine önemli farklılıklar göstermiştir. Prasad (1972), perlette, Sultani çekirdeksiz, Himrod, Kısmışlı ve Beauty seedless üzüm çeşitlerinde en yüksek çiçek tozu çimlenme oranının %20 şeker + %0,5 agar ortamında elde etmiştir. Elçi (1982), çiçek tozlarının suni ortamlarda çimlendirilmesinin, genel olarak bitkinin dölleme

biyolojisi, çiçek tozlarının canlılığını ve bunların melezlemede kullanılma olanaklarını araştırmacı, çiçek tozlarının çimlendirilmesinde %3 ve %30 arasında değişen şeker konsantrasyonuna %1.5-2.0 agar veya %1.0-2.0 jelatin ilave edilmesiyle hazırlanan ortamların kullanılabilirliğinin bildirmektedir. Khajuria ve Bakhshi (1985), perlette üzüm çeşidi çiçek tozlarının çimlenme oranları üzerine çiçeklenme öncesi uygulanan giberellik asidin etkisini iki yıl süreyle araştırmışlardır. Uygulama yapılan çiçek tozları %20'lik sakkaroz ortamında çimlenmeye alınmıştır. Araştırmada giberelik asidin çimlenme oranına etkisi her iki yılda da önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak bitki aktivatör domates polen canlılık ve çimlendirme başarılı bir şekilde etkileyebileceği ortaya konmuştur. Bu sonuçlar bitki aktivatörlerinin domates polen canlılığı ve çimlendirme verim artışında da önemli rol oynadıklarının göstermektedir. İnsan ve çevre sağlığı için organik tarımsal üretimin benimsetilerek yaygınlaştırılması geleceğimizin sigortası olacaktır.

Kaynaklar

- Calzoni, G.L., Speranza, A., Bagni, N. (1979). In vitro germination of apple pollens. *Scientia Horticulturae*, 10(1), 49-55.
- Çelik, S.D. (1998). Bazı çekirdeksiz üzüm çeşitlerinde çiçek tozu canlılığı ve çimlenme gücü. *Türkiye IV. Bağcılık Sempozyumu*, 243-248 S., Yalova.
- Church, B.W. (1977). The toxicity to apple pollen of several fungicides as demonstrated by in vivo and in vitro techniques. *J. Hortic. Sci.*, (52): 429-436.
- Deidda, P. (1968). *Biologia floreale degli agrumi*. I. Effetti di alcune sostanze di accrescimento sulla germinabilità del pollinaarancia. *Riv. Orto Florofruitticoltura Ital.* 52: 593-602.
- De Lacerda, C.A., De Lima, J.O.G., De Almeida, E. C., De Oliveira, L. M. (1994). Pesticides in vitro interference in the germination and in the tube pollinic germination and elongation in the tomato plant cultivar santa cruz kada. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*.

- Elçi, Ş. (1982). Stogenetikte gözlemler ve araştırma yöntemleri. Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, Malatya.
- Elhers, H. (1951). Untersuchungen zur ernährungspilogie der pollenschlauche. Biol.Zentralblatt, 70: 432-451.
- Eti, S. (1991). Bazı meyve tür ve çeşitlerinde değişik in vitro testler yardımıyla çiçek tozu canlılık ve çimlenme yeteneklerinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1): 69-80.
- He, Y., Wetzstein, H.Y., Palevitz, B.A. (1995). The effects of a triazole fungicide, propiconazole, on pollen germination, tube growth and cytoskeletal distribution in *Tradescantia virginiana*. Sex. Plant Reprod., 8: 210-216.
- Khajuria, H.N., Bakhshi, J.C. (1985). A note on pollen germination and shot berry formation in Perlette grapes. Progressive Horti, 17(1), 78-79.
- Kiracı, S., Padem, H. (2015). Havuç yetiştiriciliğinde bitki aktivatörü ve mikrobiyal gübre uygulamalarının verim ve bazı fizikokimyasal parametreler üzerine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1).
- De Sousa Leão, L.S.C., Barros, É.G., Koifman, R.J. (2010). Prevalência de síndrome metabólica em adultos referenciados para ambulatório de nutrição no Rio de Janeiro, Brasil. Rev. bras. cardiol.(Impr.), 23(2), 93-100.
- Marcucci, M.C., Filiti, N. (1984). Germination of Pear and Apple Pollen as Influenced by Fungicides/Pollenkeimung bei Apfel und Birne unter dem Einfluß von Fungiziden. Gartenbauwissenschaft, 28-32.
- Novartis, (1997). Nature created the concept. The plant activator. Novartis Crop Protection AG, Basle, Switzerland.
- Oberle, G. D., Watson, R. (1953). The use of 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium chloride in viability tests of fruit pollens. In Proceedings of the American Society for Horticultural Science (Vol. 61, No. JUN, pp. 299-303). 701 North Saint Asaph Street, Alexandria, Va 22314-1998: Amer Soc Horticultural Science.
- Özfidan, C. (2005). Bir bitki aktivatörünün (ISR-2000) tuz stresi (NaCl) ve biyotik stres (*Botrytis cinerea*) altındaki domates fideleri üzerindeki biyokimyasal ve fizyolojik etkilerinin araştırılması. Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, İzmir.
- Pavlik, M., Jandurová, O.M. (2000). Fungicides cytotoxicity expressed in male gametophyte development in *Brassica campestris* after in vitro application of converted field doses. Environmental and experimental botany, 44(1), 49-58.
- Prasad, A. (1972). studies on pollen morphology, viability and pollination in some varieties of grapes, Indian Agriculturist , 16(1), 71-78.
- Redalen, G. (1980). Effect of fungicides on pollen germination and fruit set in raspberries. Gartenbauwiss enschaft, 45: 248-251.
- Seilheimer, M., Stösser, R. (1982). Zur Beurteilung der Pollen Qualite at Beim Apfel mit Hilfe von in vitro. Tests. Mitt. Klosterneuburg, 32, 33-42.
- Sütyemez, M. (1994). Pozanti ekolojik koşullarda yetiştirilen bazı kiraz çeşitlerinin döllenme biyolojileri üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, basılmamış yüksek lisans tezi, 163s., Adana.
- Tort, N., Öztürk, İ., Güvensen, A. (2005). Effects of some fungicides on pollen morphology and anatomy of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Pak. J. Bot. 37: 23-30.
- Tosun, N., Ergün, A. (2002). Bitkisel üretimde ve tarımsal savaşımında yeni bir yaklaşım olarak bitki aktivatörlerinin rolü. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın, (109), 251-263.
- Yi, W., Law, S.E., Wetzstein, H. Y. (2003). Pollen tube growth in styles of apple and almond flowers after spraying with pesticides. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 78(6), 842-846.

Modelling Habitat Suitability for Red Deer (*Cervus elaphus* L.) Using Environmental Variables in Çatacık Region, Eskişehir

M. S. Oruç*¹, A. Mert², İ. Özdemir²

Abstract: In this study, modelling habitat suitability for red deer (*Cervus elaphus*) using environmental variables and obtaining habitat suitability maps were aimed in Eskişehir- Çatacık region. First, the study area was divided into cells with 100*100 meters. The 60 cells were selected as sample plots and pellet count, other sign and tracks of red deer were recorded. Then, bioclimatic maps and data of environmental variables are produced for the study area. The relationships between present data of red deer and 18 environmental variables in 60 plots were analyzed by using MaxEnt method. Thus, ROC values of 0,793 for education data set and 0,760 for test data set are determined for best habitat suitability model. Environmental variables affecting species distribution of red deer were specified as; annual average temperature, slope, topographic position index, forest road intensity and vegetation. Therefore, habitat preferences and territory usage of red deer in Çatacık region were determined in the study. Habitat suitability maps that were organized for the first time for red deer have the potential of contribution to organizing forest management, game management plans and protection of biological diversity.

Keywords: Çatacık, Habitat Suitability, Pellet Count, Red Deer (*Cervus elaphus* L.)

Eskişehir Çatacık Yöresinde, Çevresel Değişkenler Kullanılarak Kızılgeyik İçin (*Cervus elaphus* L.) Habitat Uygunluğunun Modellenmesi

Özet: Bu çalışmada, Eskişehir-Çatacık yöresinde bulunan Kızılgeyik için (*Cervus elaphus*) habitat uygunluğunun çevresel değişkenler kullanılarak modellenmesi ve habitat uygunluk haritalarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle çalışma alanı, 100 x 100 m (1 ha) büyüklüğünde hücrelere bölünmüştür. Oluşan 1 ha büyüklüğündeki hücrelerden 60 adeti örnek alan olarak seçilmiş ve bunlarda Kızılgeyik dışkı, iz ve belirtileri kaydedilmiştir. Sonra çalışma alanına ait bioklim haritaları ve diğer çevresel değişkenlere ait altlıklar üretilmiştir. Kızılgeyik var verileri ile 18 çevresel değişken arasındaki ilişkiler MaxEnt yöntemi ile analiz edilerek haritalanmıştır. Buna göre Kızılgeyik için en iyi habitat uygunluk modeli, ROC değerleri eğitim veri seti için 0,793 ve test veri seti için 0,760 olarak tespit edilmiştir. Türün dağılımına etki eden çevresel değişkenler; yıllık ortalama sıcaklık, eğim, topoğrafik pozisyon indeksi, orman yol yoğunluğu ve vejetasyon olarak belirlenmiştir. Böylece, Kızılgeyik'in hangi habitatları tercih ettiği ve Çatacık yöresinde hangi alanları yoğun olarak kullandığı ortaya koyulmuştur. Kızılgeyik için ilk defa düzenlenen habitat uygunluk haritası, amenajman planlarının düzenlenmesine, avlak planlarının yapılmasına ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Çatacık, Dışkı Sayımı, Habitat Uygunluk, Kızılgeyik (*Cervus elaphus* L.)

1. Giriş

Habitat; canlıların doğal olarak yaşadığı, gelişimini sürdürdüğü ve üreyebildiği kendine özgü

özellikleri bulunan doğal yaşam alanıdır. Yaban hayvanlarının habitat tercihleri farklılıklar göstermektedir. Bu habitatlarda serbest halde dolaşan hayvanların morfoloji, biyoloji, avlanma

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 45900, Manisa, Türkiye.

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye.

*Corresponding author (İletişim yazarı):
mehmetserdar.oruc@cbu.edu.tr

Citation (Atıf): Oruç, M.S., Mert, A., Özdemir, İ. (2017). Eskişehir Çatacık Yöresinde, Çevresel Değişkenler Kullanılarak Kızılgeyik İçin (*Cervus elaphus* L.) Habitat Uygunluğunun Modellenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 135-142.

yöntemleri, korunmaları, planlanmaları ve işletilmelerini konu edinen yaban hayatı, habitatlardaki canlı ve cansız varlıklarla ilgilenebilir (Oğurlu, 2001). Doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi konusunda yapılacak çalışmaların başında yaban hayvanlarının korunması yer almaktadır (Gürdal, 2008). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı nüfus artışı ve şehirleşme; toprağın, havanın ve suyun kirlenmesi; arazi parçalanması ve doğal kaynakların aşırı kullanımı gibi çevre sorunlarının sonucu, doğal niteliğini koruyan alanlar gün geçtikçe azalmaktadır. Bunun sonucu olarak, yaban hayvanlarının habitatları daralmakta ve barınmaya elverişli habitatların bulunması güçleşmektedir. Bu yüzden, birçok hayvan türünün nesli yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır (Avcı vd., 2005). Av ve yaban hayatı türlerinin nesillerinin tehlikeye düşmesi ve sayılarının giderek azalması göz önünde bulundurulduğunda, yaban hayatı koruma çalışmaları, habitatlarının düzenlenmesi ve geliştirilmesi, bu türleri tehdit eden unsurların en aza indirilmesi, yaban hayvanlarının tanınması ve habitat uygunluklarının belirlenmesi konusunda yapılan bilimsel çalışmaların yeterli düzeye ulaşmadığı söylenebilir.

Ülkemizde uzun yıllar av ve yaban hayatının korunması ve işletilmesinin temel şartı olan envanter çalışmaları yapılamamış ve dolayısıyla Av Amenajman Planlarını hazırlamada, yaban hayatı koruma çalışmalarına yön vermede, popülasyonun kontrolünde ve gelişiminin izlenmesinde sıkıntılar yaşanmıştır. Yaban hayvanlarının popülasyonunu etkileyen faktörlerin etki derecesini anlamak, onları koruma faaliyetlerinin etki derecesini ölçmek ve yön vermek, habitatlara yapılan kültürel müdahaleleri yaban hayatı çalışmalarıyla bağdaştırmak, habitat alanlarını belirlemek, işletme ve faydalanmayı planlamak için yaban hayatı envanter çalışmalarına önem vermek gerekmektedir (Oğurlu, 2003). Ayrıca envanter çalışması yapılan türlerin hangi alanları kullandığını ve bu alanların sınırlarını bilmek gerekir. Bunun için de habitat uygunluk haritalarına gereksinim vardır. Zaman kaybedilmeden, yaban hayvanlarının habitat uygunluklarının belirlenip etkili yönetim planları ile yaban hayatının koruma ve geliştirme çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır.

Yaban hayatının ve biyolojik çeşitliliğin korunması için türlerin dağılımına etki eden faktörlerin ve habitatlarının bilinmesi

gerekmektedir (Patton, 1992; Payne ve Bryant, 1998). Diğer bir ifadeyle, türlerin habitat isteklerini belirlemek ve bu habitatları geliştirmek ve iyileştirmek etkili bir yaban hayatı yönetimi için önemli rol oynamaktadır (Aksan vd., 2014). Yaban hayvanlarının hangi habitatları neden tercih ettiklerinin açıklanabilmesi için, o alandaki çeşitliliğin ve varyasyonun hesaplanması önemli görülmektedir. Bunun için de çeşitli istatistiksel yöntemler tercih edilmektedir (Özkan, 2009).

Habitat uygunluk haritaları, tür koruma çalışmalarında son derece önemli bir araçlardır (Clark vd., 1993). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla, türün biyolojisi ve arazi özelliklerine dayalı istatistiksel tür dağılım modellerine dayalı dağılım haritaları üretilmektedir (Phillips vd., 2004). Habitat uygunluk modellemesinde çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de Maksimum Entropi (MaxEnt) yaklaşımıdır. MaxEnt, türlerin yalnızca var kayıtlarından türlerin dağılımlarını modelleyen bir yazılımdır (Elith, 2011). Kullanılan MaxEnt (Maksimum Entropi) yaklaşımı; tahmin gücünün yüksek olması, diğer modelleme yaklaşımlarına göre daha az örnek alan büyüklüğü, hedef türe ait daha az var verisi ile daha iyi ve doğru sonuç vermesi sebebi ile tercih edilmektedir (Phillips vd., 2004; Wisz vd., 2008). Bir diğer husus vücut ölçüsü büyük hayvan türlerinin dağılım modellerinin vücut ölçüsü küçük hayvanlara göre daha az açıklayıcı olduğunu belirtmişlerdir (McPherson ve Jetz, 2007).

Bu çalışmada, Eskişehir-Çatacık yöresinde bulunan Kızılgeyik için (*Cervus elaphus*) habitat uygunluğunun çevresel değişkenler kullanılarak modellenmesi ve habitat uygunluk haritasının elde edilmesi amaçlanmıştır. Ülkemizde, Kızılgeyik için böyle bir çalışma bulunmamaktadır. Kızılgeyik için ilk defa düzenlenen habitat uygunluk haritasının amenajman planlarına katkı sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Ayrıca, çalışma sonuçları, av turizmi yapılan Çatacık ormanlarında düzenlenecek avlak planları için çok önemlidir. Bunun yanında, ülkemizin, biyolojik çeşitliliği koruma ile ilgili sözleşmelerde öngörülen sorumluluklarını yerine getirmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

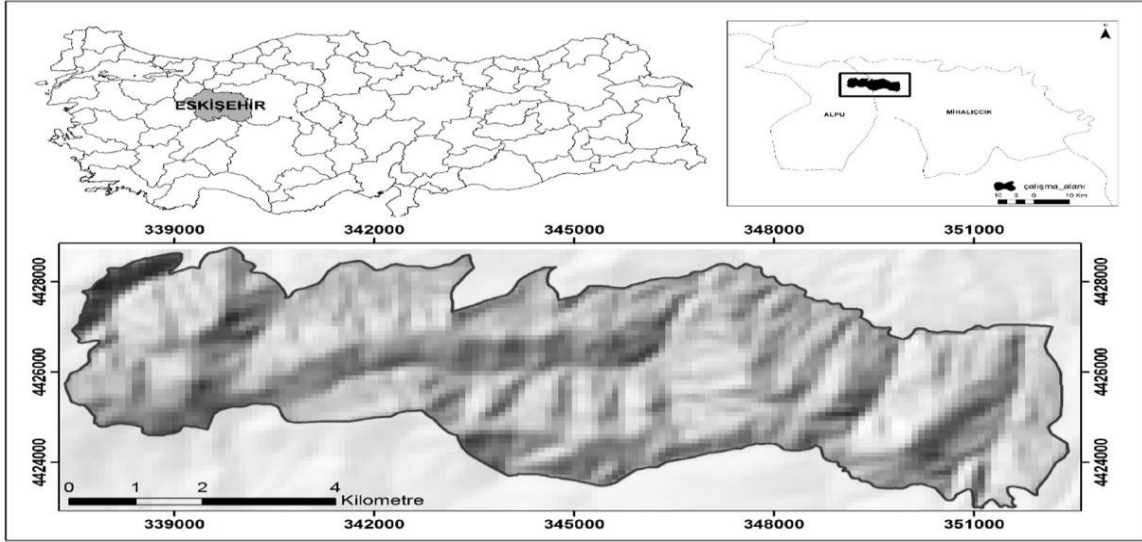
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Eskişehir-Çatacık orman mıntıkası, Sündiken sıradağları üzerinde ve İç Anadolu stebi ile kısmen

Kuzey ve kısmen de Batı Anadolu ormanlarının kesişim alanlarında yer almaktadır (Tunçdilek, 1953). Çatacık orman mıntikasının denizden yüksekliği 390 m (Sakarya vadisi) ile 1818 m ler (Kızıltepe) arasındadır. Eskişehir'e uzaklığı 90 kilometre ve ortalama yükseltisi 1318 metre olan

çalışma alanı $31^{\circ} 05' 43''$ - $31^{\circ} 16' 18''$ doğu boylamları ile $39^{\circ} 56' 40''$ - $39^{\circ} 59' 33''$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Kızıltepe üretim istasyonunu içine alan çalışma alanı yaklaşık 5352 hektar büyüklüğündedir (Şekil 1).



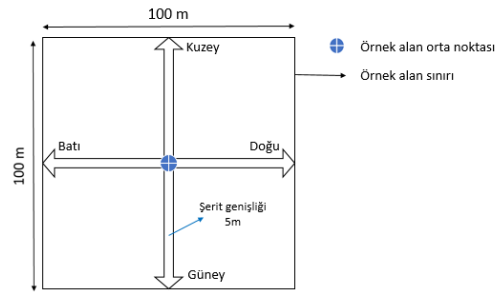
Şekil 1. Çalışma alanı

Çalışma alanı, Karadeniz ile İç Anadolu yağış rejimi arasında bir geçiş tipine sahiptir. Kütlelerin kuzey yamaçları Karadeniz üzerinden gelen hava kütlelerinin etkisi altında nemli; güney yamaçlar ise, İç Anadolu'nun etkisi altında karasal bir iklime sahiptir. Genel olarak alanda nemli bir iklim hüküm sürmektedir ve sıcaklıklar düşüktür (Güner vd., 2007). Thornthwaite iklim sınıflamasına göre Çatacık (1550 m), "B3C'2 sb'2" iklim sınıfına girmektedir. Bölgede, Ağustos ayı başlarından Ekim ayı ortalarına kadar devam eden bir su açığı vardır (Boydak, 1975; Boydak, 1977). Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı $8,9^{\circ}\text{C}$, yıllık ortalama yağışı 544 mm olarak belirlenmiştir (Worldclimate, 2017).

2.2. Arazi çalışmaları

ArcGIS programı kullanılarak, çalışma alanı için, 100 x 100 m büyüklüğünde hücrelerden oluşan bir karelej şebekesi oluşturulmuştur. Bu hücrelerden 60 tanesi, ArcGIS 10.3.1 programında basit rastgele noktalar atılarak dışkı ve diğer gözlemlerin yapılacağı örnek alanlar olarak seçilmiştir. Örnek alanların orta noktalarının koordinatları kaydedilip, çalışma sahasında bu noktaların bulunması için el tipi GPS

kullanılmıştır. Merkez noktalardan 4 ana (kuzey, batı, güney ve doğu) yöne doğru 50 m yürünerek şerit boyunca (5 m) dışkı sayıları tespit edilmiştir.



Şekil 2. Arazi envanter yöntemi

Çift tırnaklı türlerde en geniş ölçüde kullanılan popülasyon yoğunluk ve habitat kullanım indeksleri dışkı grubu sayımına dayanmaktadır (Bennett vd., 1940; Batcheler, 1975; Caldwell, 2009; Forsyth vd., 2007). Hayvanların habitat alanlarının belirlenebilmesi için habitat uygunluk haritası yapılacak hayvan türünün iyi tanınması, iz ve belirtilerinin iyi bilinmesi gerekir (Aksan vd., 2013). Bu bilgiler, hedef türün habitatının neresi olduğunu ve bunu etkileyen faktörlerin yani

çevresel değişkenlerin neler olduğunu gösterecektir. Bir alanda ne kadar fazla geyik varsa, o kadar fazla dışkıya rastlamak mümkündür. Bu yüzden, çalışmada Kızılgeyik'in habitat tercihlerinin ortaya koyulmasında dışkı sayıları kullanılmıştır. Dışkı sayımının yanında, çalışmada ayrıca Kızılgeyik'in diğer iz ve belirtileri de tespit edilmiştir. Bunlar; geyiğin bizzat görülmesi, ayak izi, dışkısı, trofesi, ağaçlarda bıraktıkları soyma izleri, yatak yerleri ve kalıntılarıdır. Böylece, bu verilerin Baddeley'in "var-yok" yöntemine dayalı habitat uygunluk modellerinin geliştirilmesinde kullanılması öngörülmüştür. Her örnek alan için envanter karnesi oluşturulmuş ve arazi çalışmaları sırasında bu karneler doldurulmuştur.

Çalışma alanına ait habitat uygunluk haritalarının oluşturulabilmesi için CBS yardımıyla çevresel altlıkların hazırlanması gerekmektedir (Mert vd., 2013; Özkan, 2013). Arazideki envanterin tamamlanmasından sonra, yöreye ait iklim verilerinin ve çevresel değişkenlerin elde edileceği sayısal altlık haritalarının oluşturulması aşamasına geçilmiştir.

Arazi çalışmalarında bozuk veya suni habitatlardan tür için elde edilen veriler yanlış habitat tercihi belirlemeye neden olabileceği belirtilmektedir (Pearce vd., 2001). Çatacık yöresinde yapılan çalışmada bu hususa olabildiğince dikkat edilmiştir. Rastgele seçilen örnek alanlar park, bahçe, tarım arazisi, yerleşim yeri, geyik üretme istasyonu ve piknik alanları gibi yerlere denk gelmediği arazi keşfiyle belirlenmiştir. McPherson ve Jetz (2007), türlerin vücut büyüklüğü ile örnek alan büyüklüğü arasındaki ilişkinin dağılım modellemesini etkileyebileceğinden bahsetmektedir. Böylece seçilen örnek alan büyüklüklerinin (100×100 m) Kızılgeyik için oldukça uygun olduğu düşünülmektedir. Ayrıca her örnek alanın % 10' u Kızılgeyik iz ve belirtisi için şeritler halinde taranmıştır.

2.3. Çevresel değişkenler için altlık haritalarının üretilmesi

19 farklı bioiklim verisi <http://www.worldclim.org> adresinden indirilmiştir. Dünya ölçeğinde olan bu veri çalışma alanı ölçeğinde kesilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir (Hijmans vd., 2005). Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), eşyüksekti eğrili sayısal topoğrafik haritalar kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca yörenin meşcere haritaları ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden

temin edilen anakaya haritası koordinatlandırılmıştır (MTA, 2011). Meşcere haritaları yardımıyla vejetasyon altlıklarının oluşturulması için Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Çatacık Orman İşletme Müdürlüğü (Değirmendere Orman İşletme Şefliği) ile Mihalıççık Orman İşletme Müdürlüğü (Çatacık Orman İşletme Şeflikleri) sınırları içerisinde bulunan çalışma alanına ait sayısal meşcere haritaları kullanılmıştır. Meşcere haritası içerisinde bulunan bölmecikler ziraat, yerleşim, çalılık, orman olmak üzere dört farklı grup olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında durgun su (göl,gölet v.b.) bulunmadığı için beşinci bir sınıflandırma yapılmamıştır. Sınıflandırma işlemi bölmeciklere ait meşcere tipleri rumuzları esas alınarak şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Ziraat (1); tarım faaliyetinin yürütüldüğü şahıslara ait alanlar, Yerleşim (2); ilçe, köy, mahalle gibi iskân yerleri ile insan faaliyetinin fazla olması nedeniyle maden sahaları, Çalılık (3); az sayıda ağaç bulunan, kapalılığın oluşmadığı, çalı vasfında bitkilerin bulunduğu orman toprağı vasfı taşıyan alanlar, Orman (4); kapalılığın oluştuğu ve normal kuruluşa sahip orman ağaçlarının bulunduğu alanlar.

Dere yoğunluğuna ait altlık haritanın oluşturulabilmesi için öncelikle sayısallaştırılmış topoğrafik harita üzerinde bulunan akar dereler vektör halinde çizilmiştir. Yol yoğunluğuna ait altlık haritalar için de topoğrafik harita üzerinde, orman yolları ve köy yolları ayrı ayrı vektör olarak sayısallaştırılmıştır. Yerleşim yerlerinin bulunduğu yerler topoğrafik harita üzerinde nokta verisi olarak işaretlenmiş ve bu çizimler kaydedilmiştir (Mert vd., 2013; Mert ve Kırac, 2017).

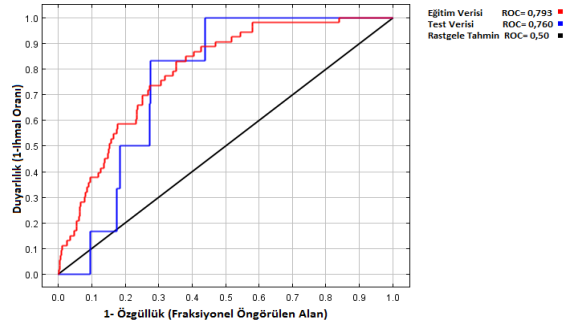
Bu temel haritalara dayalı olarak; orman olan – olmayan alanlar, anakaya, eğim, bakı, yükselti, topoğrafik pozisyon indeksi, arazi yüzü şekli indeksi, radyasyon indeksi, engebellik indeksi, topoğrafik nemlilik indeksi, gölgelenme indeksi, günün farklı saatlerine ait topoğrafik aydınlanma indeksi, solar radyasyon indeksi, yol, dere ve yerleşim yerlerine uzaklıkları gösteren haritalar üretilmiştir (Mert ve Kırac, 2017). Bu amaçla, ArcGIS 10.3.1 yazılımı ile Jennes (2006) tarafından hazırlanan ve bu yazılımın eklentisi olan "topography tools" eklentisi kullanılmıştır. Sonra seçilen örnek alanlar (örnek hücreler) için ilgili açıklayıcı değişkenler hesaplanmıştır. Modelleme çalışmasına başlanmadan önce Pearson korelasyon analizi ve faktör analiziyle yüksek korelasyon gösteren değişkenler içerisinde en temsilci

değişkenler seçilip modele yalnızca bu değişkenlerin alınmasına karar verilmiştir. Diğer değişkenler ise çok bağlantı problemine sebep vermemek için modelleme sürecine aktarılmamıştır (Süel, 2014). Pearson korelasyon ve faktör analizi uygulanarak seçilen değişkenler; iklim değişkenlerinden- yıllık ortalama sıcaklık (bio1), Yıllık yağış (bio12) ve Mevsimsel yağış (bio15), solar aydınlanma indeksi değişkenlerinden- 6 a.m., 8 a.m. ve solar, diğer çevresel değişkenlerden- bakı, eğim (derece), yükselti, sıcaklık indeksi (beer), radyasyon indeksi, engebellelik (3 piksel), topoğrafik pozisyon indeksi (6 piksel), topoğrafik pozisyon indeksi (100 piksel), arazi yüzü şekli, orman yol yoğunluğu, anakaya ve vejetasyon olmak üzere toplam 18 addettir.

3. Bulgular

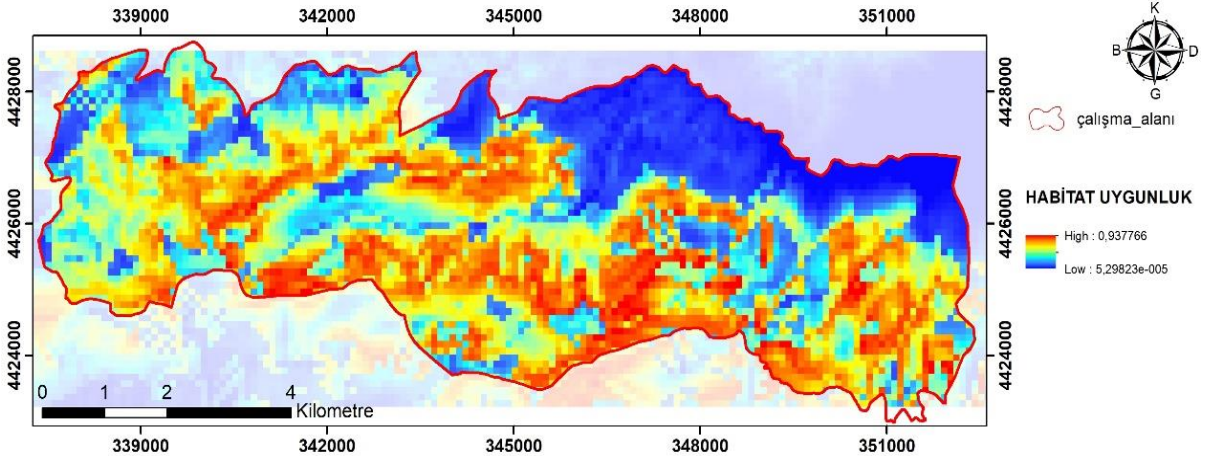
MaxEnt 3.4.0 yazılımında Kızılgeyik' in var verileri ile 18 çevresel değişkenimizin ilişkileri analiz edilmiştir. Eğitim verisi %90, test verisi %10 ve 10 tekrerrür olacak şekilde analiz yapılmıştır. Bu analizler sonunda habitat uygunluk modelleri ile birlikte habitat uygunluk haritaları elde edilmiştir (Philips vd., 2004). Elde edilen

habitat uygunluk modelinin eğitim verisi ROC değeri 0,793 ve test verisi ROC değeri 0,760 olduğu görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Kızılgeyik eğitim ve test verisi ROC değerleri

Kızılgeyik' in dağılımını etkileyen çevresel değişkenlerin yıllık ortalama sıcaklık (bio1), orman yol yoğunluğu, eğim, topoğrafik pozisyon indeksi ve vejetasyon olduğu belirlenmiştir. Bu değişkenlere göre Çatacık yöresinin Kızılgeyik habitat uygunluk haritası oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Kızılgeyik habitat uygunluk haritası

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, Eskişehir- Çatacık yöresinde Kızılgeyik'e ait sadece var verilerine dayalı olarak MaxEnt yöntemiyle, 18 çevresel değişkenin Kızılgeyik'in dağılımını ne derecede temsil ettiği ortaya koyulmuştur. Kızılgeyik için habitat uygunluk modellerinin başarısı, eğitim ve test verisi ROC değerleri ile belirlenmiştir. Çalışmamız

sonucunda Kızılgeyik habitat uygunluk modellerine ait ROC değerleri incelendiğinde, elde edilen ROC değerleri seçilen modelin "iyi" kategorisinde olduğunu göstermektedir (Baldwin, 2009). Kızılgeyik dağılımını etkileyen en önemli çevresel değişkenler; yıllık ortalama sıcaklık (bio1), eğim (derece), topoğrafik pozisyon indeksi (100), orman yol yoğunluğu ve vejetasyondur.

Çalışma alanında Kızılgeyik'in düşük eğimli alanları tercih ettiği belirlenmiştir. Liu vd., (2003)' e göre Kızılgeyik'in düşük eğimli alanları kullandığı tespit edilmiştir. Chang ve Xiao (1988), Kızılgeyik'in yumuşak eğim diye tabir ettikleri 10° lik eğimden daha az alanları yatak yeri olarak kullandığını bildirmiştir. Birecikligil vd. (2013), Kızılgeyik' in düz alanlarda toplu halde gezindiklerini, eğim ve engebe arttıkça özellikle anne geyiklerin tedirginliklerinin arttığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, literatür bilgileri, çalışma alanımızda tespit ettiğimiz Kızılgeyik' in 10° lik eğime kadar olan alanları habitat olarak seçtiği bulgusuyla örtüşmektedir.

Çalışma alanında bulunan orman ve köy yolları Kızılgeyik' in habitat tercihlerinde önemli rol oynamaktadır. Yol aralıkları arttıkça yol yoğunluğu düşmektedir. Kızılgeyik yol yoğunluğu düşük alanları tercih etmektedir. Meisingset vd., (2013)' e göre Kızılgeyik gündüzleri trafik az da olsa yollardan kaçındıklarını ifade etmiştir. Fakat geceleri bu yolları geçiş ve beslenme için sıklıkla kullandıklarını, özellikle tarım-orman sınırındaki yolları geceleri daha fazla kullandıklarını bildirmişlerdir. Ayrıca Jiang vd. (2008), Kızılgeyik' in insandan uzak bölgeleri tercih ettikleri ve habitat tercihlerinde insan varlığının etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Thapalia (2008), Kızılgeyik'in yollardan uzak yerleri habitat olarak seçtiklerini bildirmiştir. Bunun sebebi yollardaki trafiğin fazla olması dolayısıyla gürültünün fazla olması ve insan baskısının bulunması olabilir. Hayvanlar rahatsız edilmeyeceği alanlarda kendilerini güvende hissetmektedir.

Çalışma alanında Kızılgeyik'in kapalılığın olduğu ve normal kuruluşa sahip orman ağaçlarının bulunduğu alanları, ziraat, yerleşim ve çalılık alanlara oranla daha fazla tercih ettiği tespit edilmiştir. Bu alanlar ormanlık alanlardır. Ormanlar Kızılgeyik'in gizlenme, üreme, beslenme, yuvalanma gibi faaliyetleri daha rahat sürdürebildiği yerlerdir. Geyikler orman içi açıklıkların ve çayırıkların bol olduğu iğne yapraklı ormanları tercih ederler (Turan, 1984; Beşkardeş, 2016). Habitat seçimi ile ilgili yapılan gözlemlerde Kızılgeyik' in, yaz döneminde ormanlık alanı gizlenmek, dinlenmek ve güneşten korunmak amacıyla kullandıkları tespit edilmiştir. Taze otların bulunduğu açık alanları ise, daha çok beslenmek amacıyla kullanmaktadırlar. Kış döneminde ise bölgede vejetasyonun az olması nedeniyle açık alanlardan ziyade, hem gizlenmek ve hem de ağaç yaprakları ve filizleri ile

beslenmek amacıyla ormanlık alanı daha çok kullandıkları tespit edilmiştir (Oğurlu, 1992). Kızılgeyik dağılışını etkileyen faktörlerden birisi olan "topoğrafik pozisyon indeksi" çevresel değişkeni incelendiğinde, çalışma alanının kuzeyi ve kuzey doğusu negatif değerlere sahipken, güneyi pozitif değerlere sahiptir. Diğer bir ifadeyle Kızılgeyik'in pozitif değerlere sahip olan dağlık bölgelerdeki sırtları, tepeleri, düz ve düze yakın alanları habitat olarak seçtiği belirlenmiştir. Kızılgeyik negatif değerlere sahip vadi tabanlarından ve etrafına göre çukurda kalan alanlardan kaçınmaktadır.

Kızılgeyik'in dağılışını etkileyen faktörlerden yıllık ortalama sıcaklık (bio1) çevresel değişkenine bakıldığında ise, Kızılgeyik 7,4 ile 8 derece yıllık ortalama sıcaklığa sahip alanları kullandığı tespit edilmiştir. Kızılgeyik'in habitat tercihinde topoğrafik pozisyon indeksi ve yıllık ortalama sıcaklığın etkili olduğu bir çalışmaya rastlanılmadığından, bu bulgular literatürle karşılaştırılamamıştır. Sonuç olarak elde edilen Kızılgeyik habitat uygunluk haritasına göre Kızılgeyik'in en fazla görülme olasılığının olduğu alanlar; Dutluk sırtı, Sakarçal tepenin kuzeyi, Belen alanı, Kuzgunluk tepesinin kuzey doğusu, Tavukkıran tepesinin kuzey batısı, Çörmek tepenin kuzeyi, Savaş alanı, Ayı tepenin güneyi, Yalınkıran tepesi, Gölcükdümen tepenin güneyi, Oyukdümen tepesi, Güem alanı ve Somdöken tepedir. Bu çalışma, biyolojik çeşitliliğin korunması ve yapılacak olan etkin yönetim planlarında dikkate alınması açısından önemlidir. Ayrıca silvikültür ve amenajman planlarında hedef türün habitat tercihi göz önünde bulundurulmalıdır. Eskişehir-Çatacık yöresinde Kızılgeyik için yapılan bu çalışmanın, hedef türün habitat alanlarının korunması amacıyla daha geniş coğrafyalarda yaygınlaştırılması öngörülmektedir.

Teşekkür

4755-YL1-16 No'lu Proje ile bu çalışmayı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Aksan, Ş., Oğurlu, İ., Özdemir, İ., (2013). Yaban hayvanlarının envanterinde iz ve belirtilerin kullanımı: Gölcük-(Isparta) Tabiat Parkı'nda bir uygulama. Biological Diversity and Conservation, 6/2, s 188-206.

- Aksan, Ş., Özdemir, İ., Oğurlu, İ. (2014). Türkiye/Gölcük Tabiat Parkı'nda bazı yabancı memeli türlerinin dağılımlarının modellenmesi. *Biological Diversity and Conservation*, 7/1, s 1-15.
- Avcı, M., Oğurlu, İ., Sarıkaya, O. (2005). Kasnak meşesi tabiatı koruma alanı faunası üzerine araştırmalar. *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu, SDÜ Orman Fakültesi*, s 599-606.
- Baldwin, R. A. (2009). Use of maximum entropy modeling in wildlife, *Research. Entropy*, 11(4), 854-866.
- Batcheler, C. L. (1975). Development of a distance method for deer census from pellet groups. *Journal Of Wildlife Management*, 39, 641-652.
- Bennett, L. J., English, P. F., McCain, R. (1940). A study of deer populations by use of pellet-group counts. *J. Wildl. Manage*, 4, 398-403.
- Beşkardeş V. (2016). Yedigöller yaban hayatı geliştirme sahasındaki iri cüsseli memeli hayvanlar ve sonbahar dönemi habitat tercihleri. *Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, No.1, 137-144.
- Birecikligil, S., Çelekli, F., Çelekli, A., Çiçek, E. (2013). Karagöl mevkiinde (Nurdağı, Gaziantep) Doğaya salınan Kızılgeyik (*Cervus elaphus*)'ların izleme programı. *Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 2(1), 26-33.
- Boydak, M. (1975). Eskişehir-Çatacık mıntıkası ormanlarında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tohum verimi üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A. 15 (1), 159-240.
- Boydak, M., (1977). Eskişehir-Çatacık mıntıkası ormanlarında sarıçamın tohum verimi üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İ.Ü Yayın No: 2325, O.F. Yayın No: 230, 193s. İstanbul.
- Caldwell, P. (2009). Estimating red deer abundance using faecal pellet indices and implications for management. Master's Thesis. University Of Otago, New Zealand.
- Clark, J. D., Dunn, J. E., Smith, K. G. (1993). A multivariate model of female black bear habitat use for a geographic information system. *The Journal of Wildlife Management*, 519- 526.
- Chang, H., Xiao, Q. (1988). Selection of winter habitat of red deer in dailing region. [J]. *Acta Theriologica Sinica*, Vol 8, No 2, pp 81-88.
- Elith, J., Phillips, S., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y.E., Yates, C.J. (2011). A statistical explanation of maxent for ecologist. *A Journal Of Conservation Biogeography*, 17, 43-57.
- Forsyth, D. M., Barker, R. J., Morriss, G. And Scroggie, M. P. (2007). Modeling the relationship between fecal pellet indices and deer density. *The Journal Of Wildlife Management*, 71, 964-970.
- Güner, Ş. T., Çömez, A., Genç, M. (2007). Sarıçam-karaçam doğal gençleştirme sahalarda bazı tespitler: sündiken dağları-Eskişehir-ı. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 44(4-6), 16-18.
- Gürdal, M. N. (2008). Türkiye'nin yaban hayatı koruma ve geliştirme sahaları üzerine araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 109s, Isparta.
- Hijmans, R. J., Cameron, S.E., Parra, J. L., Jones, P.G., Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965-1978.
- Jenness, J. (2006). Topographic position index (tpi_jen. avx) extension for ArcView 3. x version 1. 2. Jenness Enterprises, Flagstaff, AZ.
- Jiang G. S., Zhang M. H., Ma J. Z. (2008). Habitat use and separation between red deer (*Cervus elaphus xanthopygus*) and roe deer (*Capreolus pygargus bedfordi*) in relation to human disturbance in the wandashan mountains, Northeastern China. *Wildlife Biology*, 14, 92-100.
- Liu, Z., Cao, L., Zhai, H., Hu, T., Wang, M. (2003). Winter habitat selection by red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in Helan Mountain, China. *Zoological research*, 25(5), 403-409.
- McPherson, J. M., Jetz, W. (2007). Effects of species' ecology on the accuracy of

- distribution models. *Ecography*, 30, 135-151.
- Mert, A., Şentürk, Ö., Güney, C.O., Akdemir, D., Özkan, K. (2013). Mapping of some distal variables available for mapping habitat suitability of the species: a case study of Buldan district. *GeoMed 2013 The 3rd International Geography Symposium*, Eds: Atalay, İ., Efe, R., 10-13 June, 2013, Kemer Antalya, pp. 210.
- Mert, A., Kırac, A. (2017). Isparta-Sütçüler yöresinde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876)'nin habitat uygunluk haritalaması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(1), 16-22, 2017.
- Meisingset, E. L., Loe, L. E., Brekkum, Ø., Van Moorter, B., Myrsterud, A., (2013). Red deer habitat selection and movements in relation to roads. *The Journal Of Wildlife Management*, 77, 181–191.
- MTA, (2011). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, <http://www.mta.gov.tr> (Erişim tarihi: 20.02.2015).
- Oğurlu, İ. (1992). Çatacık koruma-üretim sahasında geyik populasyon ekolojisi üzerine araştırmalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 250s, Trabzon.
- Oğurlu, İ. (2001). Yaban hayatı ekolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:3, SDÜ Basımevi, 220 s, Isparta.
- Özkan, K. (2009). Yaban hayatı ekolojisinde analitik değerlendirme açısından uygun envanter metodu üzerine bir öneri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı 2, 160-169.
- Özkan, K. (2013). Yönetim ve geliştirme planlarının temel ekolojik altlıkları: iklim değişimine uyarlanabilir model tabanlı yetişme ortamı, biyoçeşitlilik, koruma alan değeri ve hedef tür habitat uygunluk haritaları. 2023'e Doğru 2. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu, 31 Ekim-03 Kasım 2013, Ed. Girgin, E., Antalya, 129-148.
- Patton, D. R. (1992). *Wildlife habitat relationships in forested ecosystems*. Timber Press, Portland, Oregon, 350 s.
- Payne, N. F., Bryant, F. C. (1998). *Wildlife habitat management of forestlands, rangelands and farmlands*. Krieger Publishing Company, Florida, 840 s.
- Pearce, J., Ferrier, S., Scotts, D. (2001). An evaluation of the predictive performance of distributional models for flora and fauna in North-east New South Wales. *Journal of Environmental Management*, 62, 171-184.
- Phillips, S. J., Dudík, M., Schapire, R. E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of The Twenty-First International Conference On Machine Learning*, ACM, 83p.
- Süel, H. (2014). Isparta-Sütçüler yöresinde av türlerinin habitat uygunluk modellemesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi, 151 s, Isparta.
- Thapaliya, K. (2008). Analysis of factors related to the distribution of red deer (*Cervus elaphus* L.) in Hustai National Park, Mongolia. M.Sc. Thesis, International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation. 50 pp.
- Tunçdilek, N. (1953). Eskişehir ovası mevzii etüd. İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Basılmamış Doktora Tezi, No. 306, İstanbul.
- Turan, N. (1984). Türkiye'nin av ve yaban hayvanları, memeliler. Ogun Kardeşler Matbaacılık Sanayi, 178 s, Ankara.
- Wisz, M. S., Hijmans, R., Li, J., Peterson, A. T., Graham, C., Guisan, A. (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14(5), 763-773.
- Worldclimate, (2017). Free climate data for ecological modeling and GIS. <http://www.worldclim.org/> (Erişim Tarihi: 20.02.2017).

Flora of Beydere Village (Manisa)

Y. Altan¹, K. Aktaş^{1*}, Y. M. Suveren²

Abstract: In this study, the vascular flora of Beydere village and its surroundings have been investigated between 2005 and 2007 years. 840 plant specimens have been collected from the research area. As a result, 278 species, 66 subspecies and 36 varieties which belong to 273 genera and 63 families, 380 taxa as a total have been determined from the research area. The rates of the species belonging to the certain phytogeographical regions are as follows: the Mediterranean elements 96 (25.26%), the Euro-Siberian elements 13 (3.42%), the Irano-Turanian elements 8 (2.10%). The rates of cosmopolitan or phytogeographically unknown taxa are 263(68.94%), respectively. The number of endemic taxa found in the research area is 7, so that the endemism ratio is 1.84%. From 380 taxa, 2 taxa belong to the Pteridophyta division whereas 378 taxa belong to the Spermatophyta division. Out of 378 taxa belonging to the Spermatophyta division, Gymnospermae and Angiospermae subdivisions have 5 and 373 taxa, respectively. 55 taxa of Angiospermae belong to Monocotyledones and rest (318 taxa) belongs to Dicotyledones. The largest 5 families according to their taxa number in the research area are as follows: Fabaceae (53; 13.94%), Asteraceae (45; 11.84%), Poaceae (33; 8.68%), Brassicaceae (22; 5.78%) and Apiaceae (20; 5.26%). The largest 5 genera according to their taxa number in the area are as follows: Trifolium (5), Bromus (7), Vicia (5), Medicago (5), Silene (5).

Keywords: Beydere, Flora, Manisa, Turkey, Vascular plants

Beydere Köyü (Manisa) Florası

Özet: Bu çalışmada, 2005-2007 yılları arasında Beydere köyü ve çevresinin damarlı bitkiler florası araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, araştırma alanından 840 bitki örneği toplanmıştır. Araştırma sonucunda 63 familya ve 273 cinse ait 278 tür, 66 alttür ve 36 varyete, toplam 380 takson tespit edilmiştir. Toplam 380 taksondan 96'sı Akdeniz elementi (%25.26), 13 tanesi Avrupa-Sibirya elementi (%3.42), 8 tanesi İran-Turan elementi (%2.10), geriye kalan 263 (%68.94) taksonun ise fitocoğrafik bölgesi ya belli değildir ya da kozmopolittir. Toplanan bitkilerden fitocoğrafik bölgesi saptanabilen 117 taksondan 96'sı Akdeniz (%25.26), 13'ü Avrupa-Sibirya (%3.42), 8'i İran-Turan (%2.10) kökenlidir. Alanda bulunan endemik taksonların sayısı 7'dir. Dolayısı ile alanın endemizm oranı %1.84'dır. Toplam 380 taksondan, 2 tür Pteridophyta, geriye kalan 378 takson ise Spermatophyta bölümüne aittir. 378 Spermatophyta'dan 5 tanesi Gymnospermae alt bölümüne ve 373 tanesi de Angiospermae alt bölümüne aittir. 373 Angiospermae'den ise 318 tanesi Dicotyledones 55 tanesi ise monocotyledones sınıfındadır. Araştırma alanında, içerdiği takson sayısına göre en büyük 5 familya sırasıyla şunlardır: Fabaceae (53; %13.94), Asteraceae (45; %11.84), Poaceae (33; %8.68), Brassicaceae (22; %5.78) ve Apiaceae (20; %5.26). Araştırma alanında, içerdiği takson sayısına göre en büyük 5 cins ise sırasıyla şunlardır: Trifolium (5), Bromus (7), Vicia (5), Medicago (5), Silene (5).

Anahtar Kelimeler: Beydere, Damarlı bitkiler, Flora, Manisa, Türkiye

1. Giriş

Manisa ve çevresinde yapılmış birçok flora ve vejetasyon çalışması mevcuttur (Gemici, 1981; Duman, 1985; Şık vd., 1993; Uğurlu vd., 1997;

Akyol, 2003; Sarı vd., 2006; Dikicioğlu vd., 2008; Gücel vd., 2008). Ancak henüz Manisa içi şehir florası ve çevre florası tamamlanmamıştır. Araştırma alanı bitki coğrafyası açısından Davis (1965-1988)'e göre Akdeniz fitocoğrafya bölgesi

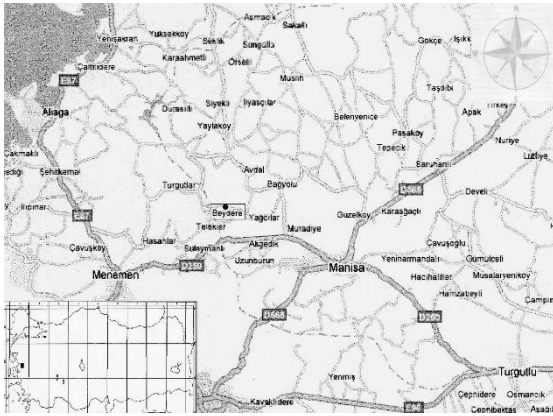
¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, 45140 Manisa/Türkiye

²T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Uşak Lisesi, Biyoloji Öğretmeni, 64100 Uşak/Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): kamuran.aktas@cbu.edu.tr

Citation (Atıf): Altan, Y., Aktaş, K., Suveren, Y.M. (2017). Beydere Köyü (Manisa) Florası. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 143-154.

içine girmekte olup, yine Davis'in kareleme sistemine göre B1 karesinde yer almaktadır. Araştırma alanı olarak seçilen Manisa ili'ne bağlı Beydere Köyü Manisa'nın kuzey batısında, merkeze yaklaşık olarak 30 km uzaklıktadır. 38°37' K enlemleri ve 27°26'D boylamları arasında yer alır. Güneyinde Şamar; batısında Telekler; kuzeybatısında Sarınasuhlar, doğusunda Yağcılar en yakın köylerdir. Çalışma alanı genel olarak 150 ile 279 m arasında değişen irili ufaklı tepelerden ve bu tepeler arasında yer alan küçük vadilerden oluşmaktadır. Çalışma alanımızın en yüksek tepesi Şamar Tepe (279m)'dir. Köyün kuzeyinde Soğukpınar Deresi, batısında ise Işıkkaya deresi uzanır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının haritası

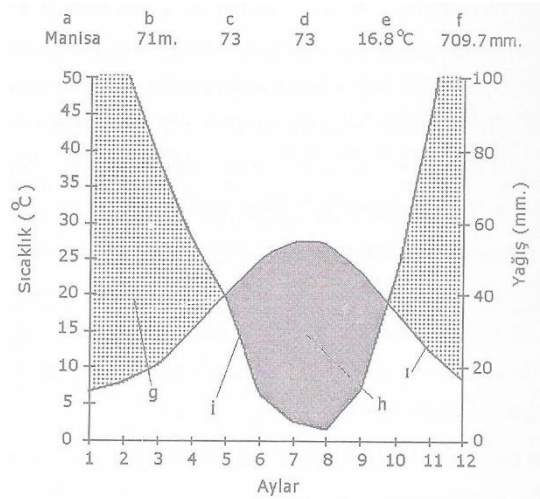
Çalışma alanındaki jeolojik formasyonlar II. ve III. Zamana ait genellikle ince kömür ara seviyeli, kum taşı, kireç taşı, killi kireç taşı ve foça tüfü diye adlandırılan riyolitik tüf ve tüfitler ayrıca hasanlar volkanitleri olarak isimlendirilen siyah kahve renkli bazaltlardır. Çalışma alanının hakim toprak grubu kalkersiz kahverengi topraklar, kahverengi orman toprakları ve rentzina topraklardır (Manisa il Çevre Durum Raporu, 2011).

Çalışma alanındaki başlıca vejetasyon tipleri orman, step, kaya ve sucul vejetasyondur. Çalışma alanı Akdeniz iklimli bölgelere girdiği için Akdeniz iklimi ve bunu problemleri üzerinde durmuş olan Emberger'in metodu kullanılmıştır. Emberger (1955)'in yağış sıcaklık indisi formülüne göre Q değeri, Manisa için 81.2 ve m değeri 3.0 bulunmuştur. Buna göre Manisa "yarı nemli serin-Ilıman", Akdeniz iklim tipine girmektedir. Manisa ilinin yağış rejimi İKSY (en fazla yağış kış aylarında en az yağış ise yaz aylarında)'dır. Buna göre Manisa Doğu Akdeniz yağış rejiminin 1. Tipi

içine girmektedir. Ayrıca Gaussen (1954)'e göre çizilen Ombro-Termik iklim diyagramında yaz kuraklığı periyodunun Manisa'da Mayıs-Eylül ayları arasında olduğu görülmektedir (Şekil 2).

Çizelge 1. Araştırma alanın (Manisa) biyoiklim ve yağış rejimi (**P:** Yıllık yağış ortalaması, **PE:** Üç aylık yaz yağışı ortalaması, **M :** En sıcak ayın en yüksek sıcaklık ortalaması, **m:** En soğuk ayın en düşük sıcaklık ortalaması, **Q2:** Emberger sabiti, **S :** Yaz kuraklığı indisi)

P (mm)	720
M (°C)	36.2
m (°C)	3.3
Q2	81.2
PE	24.3
S	0.70
Yağış rejim tipi	IKSY
Biyoiklim tipi	Yarı nemli serin-Ilıman



Şekil 2. Manisa ilinin ombrotermik iklim diyagramı (**a:** İstasyon adı, **b:** İstasyon yüksekliği, **c:** Sıcaklık rasat süreci (yıl), **d:** Yağış rasat süresi (yıl), **e:** Yıllık ortalama sıcaklık (°C), **f:** Yıllık toplam yağış, **g:** Yağışlı periyot, **h:** Kurak periyot, **I:** Sıcaklık eğrisi, **k:** Yağış eğrisi)

Bölgede tarımsal uygulamaların hızlı artışı nedeniyle de doğal yayılış alanları daralmaktadır. Ayrıca sahip olduğu rekreasyonel özelliğinden dolayı, Beydere köyüne, Manisa, Menemen, İzmir ve yakın çevrelerden, özellikle haftasonları çok sayıda ziyaretçi gelmektedir. Mevcut tehditlerin doğal çevrenin bozulmasını hızlandıracağı, Beydere köyünün bugünkü durumunu değiştireceği ve bölgedeki biyolojik çeşitliliği azaltacağı açıktır.

Bu çalışma ile bölgenin bitki çeşitliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu veriler çerçevesinde Manisa merkeze bağlı Beydere köyü çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma alanında 2005-2007 yılları arasında 840 bitki örneği toplanmıştır. Toplanan örnekler herbaryum materyali haline getirilip teşhisi sonucunda tür ve türaltı seviyede olmak üzere 380 takson tespit edilmiştir. Toplanan örnekler MCBÜ herbaryumunda saklanmaktadır.

Toplanan örneklerin teşhisinde “Flora of Turkey and the East Aegean Islands” (Davis, 1965-1988) adlı eserden ve Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Herbaryum (EGE) koleksiyonundan yararlanılmıştır.

Çalışma alanının haritası maden işleri genel müdürlüğün'nün 1/25000'lük paftalarından hazırlanmış ancak daha belirgin olduğu için internetten edinilerek çalışmaya eklenmiştir. Toprak gruplarıyla ilgili bilgiler Köy İşleri Bakanlığı Toprak Genel Müdürlüğü Manisa ve İzmir Toprak kaynağı Envanter Raporları dikkate alınarak hazırlanmıştır. Manisa iklimi ile ilgili meteorolojik veriler Manisa Meteoroloji Müdürlüğünden alınmıştır. İklim ile ilgili verilerin yorumlanmasında Akman (1999)'dan faydalanılmıştır.

Çalışma alanının çevresindeki Manisa ili rasat istasyonuna ait iklim diyagramı Gaussen metoduna göre çizilmiştir. Bitki listesi verilirken “Flora of Turkey and the East Aegean Islands” adlı eser esas alınmıştır. Makalede bitki numarasına göre lokaliteleri liste halinde verilmiştir. Tür ve tür altı taksonlarla ilgili bilgi verilirken bitki isimleri ve otörleri, endemik olup olmadığı, biliniyorsa fitocoğrafik bölgesi, toplayıcı, bitki numarası, endemiklerin tehlike kategorileri Ekim vd. (2000)'a göre belirtilmiştir.

Bitki örneklerinin tamamı B1 Manisa: Beydere Köyü'nden toplanmıştır.

Örnek Numaralarına Göre Lokaliteler

1-8: Beydere, Yağcılardan 3 km. sonra yol kenarında ki frigana ve orman altı, 09.03.2005

9-16: Beydere, yol kenarından Çakılıkaya Tepe'ye doğru kuzey yamaç, 09.03.2005

17-28: Beydere, Beydere yol ayrımını geçtikten sonra yol kenarından Esmagöl Tepe'ye kadar olan bölge ve yolun sağ tarafında ki orman altı, 09.03.2005

29-36: Beydere, Yağcılardan 3 km. sonra yol kenarında ki frigana ve orman altı, 16.03.2005

37-43: Beydere, yol kenarından Çakılıkaya Tepe'ye doğru kuzey yamaç, 16.03.2005

44-60: Beydere, Beydere yol ayrımını geçtikten sonra yol kenarından Esmagöl Tepe'ye kadar olan bölge ve yolun sağ tarafında ki orman altı, 16.03.2005

61-72: Beydere, Şamar Köyü ile Beydere Köyü arasında ki bölge, 16.03.2005

73-90: Beydere, Yağcılardan 3 km. sonra yol kenarında ki frigana ve orman altı, 30.03.2005

91-123: Beydere, yol kenarından Çakılıkaya Tepe'ye doğru kuzey yamaç, 30.03.2005

124-155: Beydere, Yağcılardan 3 km. sonra yol kenarında ki frigana ve orman altı, 11.04.2005

156-182: Beydere, yol kenarından Çakılıkaya Tepe'ye doğru kuzey yamaç, 11.04.2005

183-208: Beydere, Beydere yol ayrımını geçtikten sonra yol kenarından Esmagöl Tepe'ye kadar olan bölge ve yolun sağ tarafında ki orman altı, 11.04.2005

209-251: Beydere, Şamar Köyü ile Beydere Köyü arasında ki bölge, 11.04.2005

252-367: Beydere, Yağcılardan 3 km. sonra yol kenarında ki frigana ve orman altı, 27.04.2005

368-415: Beydere, yol kenarından Çakılıkaya Tepe'ye doğru kuzey yamaç, 27.04.2005

416-456: Beydere, Beydere Köy ayrımından köy merkezine kadar yol kenarları ve köy çevresi, 27.04.2005

457-548: Beydere, Yağcılardan 3 km. sonra yol kenarında ki frigana ve orman altı, 19.05.2005

549-653: Beydere, yol kenarından Çakılıkaya Tepe'ye doğru kuzey yamaç, 19.05.2005

654-718: Beydere, Beydere Köy ayrımından köy merkezine kadar yol kenarları ve köy çevresi, 19.05.2007

719-757: Beydere, Beydere Köy ayrımından köy merkezine kadar yol kenarları ve köy çevresi, 06.06.2005

758-805: Beydere, Yağcılardan 3 km. sonra yol kenarında ki frigana ve orman altı, 06.06.2005

806-828: Beydere, yol kenarından Çakılıkaya Tepe'ye doğru kuzey yamaç, 06.06.2005

828-840: Beydere, Yağcılardan Beydere Köy yol ayrımına kadar olan yol kenarı, 10.10.2005

Kisaltmalar:

YM: Yeliz Metin, **End.:** Endemik, **Akd.:** Mediterranean element, **Avr.-Sib.:** Avrupa Sibirya elementi, **Ir.-Tur.:** İran-Turan elementi, **LR(Ic):** az tehdit altında (koruma önlemi gerektiren), **LR(nt):** az tehdit altında (tehdit altına girebilir), **VU:** zarar görebilir.

3. Bulgular

Bitki Listesi:

PTERIDOPHYTA

EQUISETACEAE

Equisetum arvense L., Y.M. 784.

ASPLENIACEAE

Ceterach officinarum DC., Y.M. 838.

SPERMATOPHYTA

GYMNOSPERMAE

PINACEAE

Pinus nigra Am.subsp.*pallasiana* (Lamb.) Holmboe, Y.M. 124, 270.

P.brutia Ten., D. Akd., Y.M. 124, 184, 269, 551.

CUPRESSACEAE

Cupressus sempervirens L., Y.M. 416, 601.

Juniperus oxycedrus L. subsp. *oxycedrus*, Y.M. 417.

J. phoenicea L., Y.M. 623.

ANGIOSPERMAE

DICOTYLEDONEAE

RANUNCULACEAE

Nigella arvensis L. var. *glauca*, Boiss., Y.M. 345.

Anemone coranaria L., Akd., Y.M. 1, 9, 32, 43, 47, 52, 61, 73, 107.

Clematis cirrhosa L., Akd., Y.M. 51, 157.

Ranunculus polludosus Poir., Y.M. 457, 549.

R. muricatus L., Y.M. 181, 211.

R. arvensis L., Y.M. 344, 403, 530.

R. ficaria L. subsp. *ficariiformis* Rouy&Fouc., Y.M. 182.

PAPAVERACEAE

Glaucium flavum Crantz, Stirp., Y.M. 314.

Papaver rhoeas L., Y.M. 458, 622.

Hypocoum imberbe Sibth & Sm., Y.M. 158, 228.

Fumaria parviflora Lam., Y.M. 74, 105, 121, 183, 315, 404.

BRASSICACEAE (CRUCIFERAE)

Sinapsis alba L., Y.M. 271, 405, 459, 730, 802.

S. arvensis L., Y.M. 266, 583.

Hirschfeldia incana (L.) Lag.-Foss., Y.M. 461, 632, 750.

Eruca sativa Miller, Y.M. 418.

Raphanus raphanistrum L., Y.M. 420, 631.

Calepina irregularis (Asso) Thell., Y.M. 126, 185

Rapistrum rugosum (L.) All., Y.M. 526, 789.

Lepidium spinosum Ard., Y.M. 180, 229, 262, 419.

Cardaria draba (L.) Desv. subsp. *draba*, Y.M. 382, 791.

Biscutella didyma L., Y.M. 265, 581.

Thlaspi perfoliatum L., Y.M. 308, 582, 788.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medik., Y.M. 154, 204, 630.

Allyssum smyranaeum Mey.,D. Akd., Y.M. 574, 815.

Erophila verna (L.) Chevall subsp. *verna*, Y.M. 155, 210, 384, 420, 584, 629.

Arabis verna (L.) DC., Akd., Y.M. 2, 10, 21, 25, 29, 42, 58, 62, 186, 230.

Cardamine hirsuta L., Y.M. 397, 816.

Malcolmia africana (L.) R. Br., Y.M. 573.

Erysimum smyrnaeum Boiss.& Bal., Y.M. 78, 106, 122, 160, 383.

Alliaria petiolata (Bieb.) Cavara & Grande, Y.M. 159, 231, 261, 628.

Sisymbrium officinale (L.) Scop., Y.M. 267.

S. altissimum L., Y.M. 525.

Camelina rumelica Vel., Y.M. 460, 578, 792, 817.

RESEDACEAE

Reseda lutea L. var. *lutea*, Y.M. 127, 187, 309.

CISTACEAE

Cistus creticus L., Omni-Medit., Y.M. 585.

C. salviifolius L. Y.M. 586.

Fumana thymifolia (L.) Verl. var. *thymifolia*, Akd., Y.M. 462.

Helianthemum salicifolium (L.) Miller, Y.M. 527.

PORTULACACEAE

Portulaca oleracea L., Y.M. 719.

CARYOPHYLLACEAE

Arenaria serpyllifolia L., Y.M. 260, 528.

Minuartia hybrida (Vill.) Schischk. subsp. *hybrida*, Y.M. 307, 579.

Stellaria media (L.) Vill. subsp. *media*, Y.M. 385, 529.

Cerastium glomeratum Thuill, Y.M. 313, 575.

Moenchia mantica (L.) Bartl. subsp. *caerulea* (Boiss.) Clapham, Y.M. 268, 580.

Dianthus pubescens Sibth. & Sm., D. Akd., Y.M. 590, 729, 823.

Petrorhagia velutina (Guss.) Ball & Heywood, Y.M. 129, 179, 242, 255, 374.

Velezia rigida L., Akd., Y.M. 627, 785.

Vaccaria pyramidata Medik. var. *grandiflora* (Fisch. Ex DC.) Cullen, Y.M. 465.

Silene italica (L.) Pers., Y.M. 251, 421, 713.

S. behen L., Y.M. 357, 588.

S. cretica L., Y.M. 622.

S. dichotoma Ehrh. subsp. *dichotoma*, Y.M. 358, 373.

S. conica L., Y.M. 587.

Agrostemma githago L., Y.M. 524.

POLYGONACEAE

Polygonum aviculare L., Y.M. 832.

Rumex tuberosus L. subsp. *tuberosus*, Y.M. 76, 103, 120, 128, 161.

R. conglomeratus Murray, Y.M. 356, 626.

R. patientia L., 564.

CHENOPODIACEAE

Beta vulgaris L. subsp. *rapa f. rubra*, Y.M. 661.

Spinacia oleracea L., Y.M. 662.

AMARANTHACEAE

Celosia argentea L., Y.M. 422.

GUTTIFERAE

Hypericum hyssopifolium Chaix subsp. *elongatum* (Ledeb.) Woron, Y.M. 533, 824.

H. empetrifolium Willd., Y.M. 523.

H. triquetrifolium Turra, Y.M. 463, 566.

MALVACEAE

Hibiscus esculentus L., Y.M. 720.

Malva sylvestris L., Y.M. 624, 786.

Alcea pallida Waldst. & Kit., Y.M. 625, 787.

Gossypium hirsutum L., Y.M. 831.

LINACEAE

Linum trigynum L., Akd., Y.M. 464, 589.

GERANIACEAE

Geranium lucidum L., Y.M. 30, 41, 44, 53, 66, 77, 102, 108, 119, 130, 153, 198, 236.

G. purpureum Vill., Y.M. 256, 339, 600.

G. rotundifolium L., Y.M. 80, 100, 130, 199, 257, 652.

G. molle L. subsp. *molle*, Y.M. 163, 235, 456.

G. dissectum L., Y.M. 310, 649.

Erodium ciconium (L.) L'Herit., Y.M. 520, 772.

E. cicutarium (L.) L'Herit subsp. *cutarium*, Y.M. 258, 376, 423, 653.

ZYGOPHYLLACEAE

Tribulus terrestris L., Y.M. 742.

VITACEAE

Vitis vinifera L., Y.M. 724.

RHAMNACEAE

Paliurus spina-christi Miller, Y.M. 264, 444.

ANACARDIACEAE

Rhus coriaria L., Y.M. 466.

Pistacia lentiscus L., Akd., Y.M. 233, 743, 813.

P. vera L. Ir-Tur., Y.M. 679.

P. terebinthus L. subsp. *palestina* (Boiss.) Engler, D.Akd., Y.M. 688.

FABACEAE (LEGUMINOSAE)

Cercis siliquastrum L. subsp. *siliquastrum*, Y.M. 428, 677.

Anagyris foetida L., Akd., Y.M. 152, 234, 400.

Genista anatolica Boiss., D.Akd., Y.M. 647.

Spartium junceum L., Akd., Y.M. 521.

Calicotome villosa (Poiret) Link., Y.M. 354, 648.

Colutea cilicica Biss at Ball., Akd., Y.M. 651.

Astragalus hamosus L., Y.M. 353, 401.

Psoralea bituminosa L., Akd., Y.M. 467, 702, 771.

Vicia villosa Rorh. subsp. *eriocarpa* (Hauskn.) P.W.Ball, Y.M. 311, 375.

V. lutea L. var. *hirta* (Balbis) Lois., Y.M. 468, 678.

V. hybrida L., Y.M. 352, 703.

V. sativa L. subsp. *nigra* (L.) Ehrh var. *segetalis* (Thuill.) Ser. Ex DC., Y.M. 131, 178, 249, 259.

V. faba L., Y.M. 424, 646, 670.

Lathyrus annuus L., Akd., Y.M. 263.

L. cicera L., Y.M. 79, 101, 109, 132, 133, 162, 232.

L. aphaca L. var. *affinis* (Gus.) Arc., Y.M. 402.

Pisum sativum L. subsp. *elatius* (Bieb.) Aschers. & Graebn. var. *elatius*, Akd., Y.M. 427.

Ononis natrix L. subsp. *natrix*, Akd., Y.M. 522.

O. viscosa L. subsp. *breviflora* (DC.) Nyman, Akd., Y.M. 272, 408, 517.

O. spinosa L. subsp. *antiquorum* (L.) Briq., Akd., Y.M. 757.

Trifolium repens L. var. *repens*, Y.M. 165, 200.

T. campestre Schreb., Y.M. 166, 226.

T. glomeratum L., Y.M. 346.

T. spumosum L., Akd., Y.M. 319, 445.

T. fragiferum L. var. *fragiferum*, Y.M. 758, 818.

T. resupinatum L. var. *resupinatum*, Y.M. 412.

T. tomentosum L., Y.M. 273, 426.

T. stellatum L. var. *stellatum*, Y.M. 317, 425.

T. scabrum L., Y.M. 407.

T. lappaceum L., Akd., Y.M. 306.

T. cherleri L., Y.M. 343, 410.

T. arvense L. var. *arvense*, Y.M. 133, 164, 347.

T. angustifolium L. var. *angustifolium*, Y.M. 472.

T. purpureum Lois. var. *purpureum*, Y.M. 518.

T. echinatum Bieb., D.Akd., Y.M. 342.

T. pilulare Boiss., Y.M. 386, 409.

T. subterraneum L., Y.M. 3, 12, 20, 31, 40, 57, 67.

Melilotus indica (L.) All., Y.M. 387.

Trigonella spicata Sibth. & Sm., D. Akd., Y.M. 316, 515.

Medicago orbicularis (L.) Bart., Akd., Y.M. 351.

M. varia Martyn, Y.M. 471, 708, 759.

M. minima (L.) Bart. var. *minima*, Y.M. 176, 225.

M. rigidula (L.) All. var. *rigidula*, Y.M. 134, 202.

M. polymorpha L. var. *vulgaris* (Benth.) Shinner, Y.M. 274.

Dorycnium hirsutum (L.) Ser., Akd., Y.M. 674.

Lotus angustisimus L., Y.M. 519.

Hymenocarpus circinatus (L.) Savi, Akd., Y.M. 151, 201, 341.

Securigera securidaca (L.) Degen & Dörf., Y.M. 710, 805.

Coronilla scorpioides (L.) Koch., Y.M. 177, 243, 348.

Hippocrepis unisiliquosa L., Y.M. 516, 709.

Scorpiurus muricatus L. var. *subvillosus* (L.) Fiori, Akd., Y.M. 349, 446.

Onobryhis caput-galli (L.) Lam., Akd., Y.M. 318.

O. aequidentata (Sibth. & Sm.) d'Urv., Akd., Y.M. 305, 411.

ROSACEAE

Prunus domestica L., Y.M. 672.

P. divaricata Ledeb. subsp. *divaricata*, Y.M. 135, 167, 227.

Cerasus vulgaris Miller, 275, 429, 673.

C. avium (L.) Moench, Y.M. 656, 746.

Armeniaca vulgaris Lam., Y.M. 745.

Persica vulgaris Miller, Y.M. 657, 747.

Amygdalus communis L., Y.M. 659, 748.

Rubus sanctus Schreber, Y.M. 302, 448, 642.

Potentilla reptans L., Y.M. 283, 639.

Fragaria vesca L., Y.M. 749.

Sarcopterium spinosum (L.) Spach, D. Akd., Y.M. 767.

Sanguisorba minor Scop. subsp. *magnolii* (Spach) Briq., Y.M. 512.

Rosa canina L., Y.M. 301.

Cydonia oblonga Miller, Y.M. 430, 638, 655.

Malus sylvestris Miller, Y.M. 839.

Pyrus amygdaliformis Vill. var. *amygdaliformis*, Y.M. 136, 203, 282, 431.

P. communis L., Y.M. 750.

PUNICACEAE

Punica granatum L., Y.M. 755.

CUCURBITACEAE

Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai., Y.M. 751.

Ecbalium elaterium L. A. Rich., Y.M. 766.

Cucurbita pepo L., Y.M. 752.

C. maxima Dach., Y.M. 753.

Cucumis melo L., Y.M. 658.

C. sativus L., Y.M. 754.

CRASSULACEAE

Umbilicus erectus DC., Y.M. 469, 633.

Sedum caespitosum (Cav.) DC., Akd., Y.M. 137, 168, 224, 281, 390, 447.

APIACEAE (UMBELLIFERAE)

Eryngium creticum Lam., D. Akd., Y.M. 321, 513.

E. campestre L. var. *campestre*, Y.M. 756, 811.

Lagoecia cuminoides L., Akd., Y.M. 350, 634.

Echinophora tenuifolia L. subsp. *sibthorpiana* (Guss.) Tutin, Ir-Tur., Y.M. 821.

Scandix pecten-veneris L., Y.M. 303, 355, 514.

S. australis L. subsp. *australis*, Y.M. 284, 637.

Pimpinella tragium Vill. subsp. *polyclada* (Boiss et Heldr.), Ir-Tur., Y.M. 470, 641, 768.

Anethum graveolens L., Y.M. 660.

Apium graveolens L., Y.M. 432.

Petroselinum crispum (Miller) A.W.Hill., Y.M. 297.

Ammi majus L., Akd., Y.M. 760.

Ferula communis L. subsp. *communis*, Akd., Y.M. 325, 562.

Bupleurum intermedium Poiret, Y.M. 138, 222, 636.

Tordylium apulum L., Akd., Y.M. 393, 561.

Torilis nodosa L., Y.M. 296, 449.

T. arvensis (Huds.) Link subsp. *purpurea* (Ten.) Hayek., Akd., Y.M. 542, 761.

T. leptophylla (L.) Reichb., Y.M. 474.

Orlaya daucooides (L.) Greuter, Akd., Y.M. 392, 635.

Daucus carota L., Y.M. 827.

Artemisia squamata L., Y.M. 334, 508.

ARALIACEAE

Hedera helix L., Y.M. 828.

VALERIANACEAE

Valerianella orientalis (Schlecht.) Boiss. & Bal., D. Akd., Y.M. 169, 221.

V. coronata L., Y.M. 335, 509.

DIPSACACEAE

Cephalaria transsylvanica (L.) Schrader., Y.M. 828.

Knautia orientalis L., Y.M. 473, 711.

Scabiosa argentea L., Y.M. 337, 577, 806.

Tremastelma palaestinum (L.) Janchen., D. Akd., Y.M. 139, 205, 287, 398.

ASTERACEAE (COMPOSITAE)

Helianthus tuberosus L., Y.M. 654.

Xanthium spinosum L., Y.M. 762.

X. strumarium L. subsp. *strumarium*., Y.M. 476, 643.

Pallenis spinosa (L.) Cass., Akd., Y.M. 531.

Inula graveolens (L.) Desf., Akd., Y.M. 839.

Pulicaria dysenterica (L.) Bernh., Y.M. 510, 560.

Filago vulgaris Lam., Y.M. 532.

F. eriocephala Guss., D. Akd., Y.M. 475, 712.

Conyza canadensis (L.) Cronquist, Y.M. 840.

Bellis annua L., Akd., Y.M. 209, 244, 576.

B. sylvestris Cyr., Akd., Y.M. 45, 68, 81, 97, 110, 288, 399.

Senecio vulgaris L., Y.M. 175, 223, 236, 450.

Calendula arvensis L., Y.M. 511.

Anthemis auriculata Boiss., D. Akd., Y.M. 326, 394, 543.

A. pseudocotula Boiss., Y.M. 150, 219.

A. tinctoria L. var. *tinctoria*, Y.M. 506, 718.

Onopordum illyricum L. Akd., Y.M. 763, 824.

Silybum marianum (L.) Gaertner, Akd., Y.M. 769.

Cirsium lappaceum (Bieb.) Fischer, subsp. *anatolicum* Petrak, Ir-Tur, Y.M. 798.

C. vulgare (Savi) Ten., Y.M. 505.

Picnomon acarna (L.) Cass., Akd., Y.M. 538.

Notobasis syrica (L.) Cass., Akd., Y.M. 615.

Carduus pycnocephalus L. subsp. *albidus* (Bieb.) Kazmi, Y.M. 140, 174, 245, 285.

Jurinea mollis (L.) Reichb., D. Akd., Y.M. 799.

Centaurea polyclada DC., End., D. Akd., Y.M. 738.

C. solstitialis L. subsp. *solstitialis*, Y.M. 539.

C. thirkei Schultz, Y.M. 553.

C. cyanus L., Y.M. 577, 684.

Crupina crupinastrum (Moris.) Vis., Y.M. 299, 544.

Carthamus lanatus L., Y.M. 737, 825.

Scolymus hispanicus L., Akd., Y.M. 800.

Cichorium intybus L., Y.M. 764.

C. pumilus Jacq., D. Akd., Y.M. 804.

Scorzonera laciniata L. subsp. *laciniata*, Y.M. 324, 685.

Tragopogon longilostris Bisch. ex Schultz var. *longilostris*, Y.M. 142, 220, 286, 451.

Hypochoeris glabra L., Y.M. 826.

Sonchus asper (L.) Hill subsp. *glaucescens* (Jordan) Ball., Y.M. 478, 606.

Leontodon tuberosus L., Akd., Y.M. 298, 391, 540.

Hedypnois cretica (L.) Dum-Cours., Akd., Y.M. 765.

Lactuca serriola L., Avr-Sib., Y.M. 803.

L. sativa L. Y.M. 434, 614, 669.

Taraxacum hybernum Stev., Y.M. 507, 686, 807.

Chondrilla juncea L. var. *juncea*, Y.M. 829.

Crepis foetida L. subsp. *commutata* (Spreng.) Babcock, Y.M. 141, 206, 339.

C. sancta (L.) Babcock, Y.M. 338, 545, 717.

CAMPANULACEAE

Campanula lyrata Lam. subsp. *lyrata*, End., D. Akd., Y.M. 541.

Legousia pentagonia (L.) Thellung., D. Akd., Y.M. 143, 212, 687.

ERICACEAE

Arbutus andrachne L., Y.M. 300, 433, 607.

PRIMULACEAE

Cyclamen persicum Miller, Y.M. 33, 63.

Anagallis arvensis L. var. *arvensis*, Y.M. 273, 213, 276, 323, 705.

A. arvensis L. var. *caerulea* (L.) Gonan., Y.M. 82, 96, 112, 148, 218.

OLEACEAE

Jasminum fruticans L., Akd., Y.M. 388, 435, 706.

Olea europaea L. var. *sylvestris* (Miller) Lehr., Akd., Y.M. 436, 707.

Syringa vulgaris L., Y.M. 452, 671.

APOCYNACEAE

Nerium oleander L., Akd., Y.M. 727.

GENTIANACEAE

Centaurium erythraea Rafn. subsp. *erythraea*, Avr.-Sib., Y.M. 277, 415, 480, 704.

CONVOLVULACEAE

Convolvulus arvensis L., Y.M. 554, 770.

C. betonicifolius subsp. *betonicifolius*, Y.M. 744.

Calystegia sepium (L.) R.Br. subsp. *sepium*, Y.M. 504, 814.

CUSCUTACEAE

Cuscuta campestris Yuncker, Y.M. 728.

BORAGINACEAE

Heliotropium europaeum L., Akd., Y.M. 479, 675.

Myosotis incrassata Guss., D. Akd., Y.M. 144, 207.

M. ramosissima Rochel ex Schultes subsp. *ramosissima*, Y.M. 170, 246, 278, 453.

Cynoglossum creticum Miller, Y.M. 279, 437, 610.

Buglossoides arvensis (L.) Johnston, Y.M. 39, 46, 64, 83, 98, 111, 149, 214.

Echium italicum L., Akd., Y.M. 145, 247.

E. plantagineum L., Y.M. 340, 555.

Onosma arenarium Waldst. & Kitt., Y.M. 304, 556.

Anchusa azurea Miller var. *azurea*, Y.M. 320, 454, 676.

A. arvensis (L.) Bieb. subsp. *orientalis* (L.) Nordh., Y.M. 819.

Alkanna areolata Boiss. var. *areolata*, End., D. Akd., Y.M. 280, 389, 609.

SOLANACEAE

Solanum nigrum L. subsp. *nigrum* Y.M. 836.

S. melogena L., Y.M. 725.

Capsicum annuum L., Y.M. 726.

Lycopersicon esculentum Miller., Y.M. 885.

Datura stramonium L., Y.M. 834.

SCROPHULARIACEAE

Verbascum sinuatum L. var. *sinuatum*, Akd., Y.M. 482, 558.

V. glomeratum Boiss., Ir-Tur., Y.M. 797.

V. lasianthum Boiss ex Benth., Y.M. 172, 216, 289, 679.

Linaria pelisseriana (L.) Miller, Akd., Y.M. 327.

Kickxia spuria (L.) Dumort. subsp. *integrifolia* (Brot.) R. Fernandes, Y.M. 483, 701.

Veronica arvensis L., Avr.-Sib., Y.M. 559.

V. cymbalaria Bodard., Akd., Y.M. 89, 99, 171, 215, 332.

V. hederifolia L., Y.M. 294.

Parentucellia latifolia (L.) Caruel subsp. *latifolia*, Akd., Y.M. 55, 69, 90, 95, 118, 208.

Bellardia trixago (L.) All., Y.M. 602, 656.

OROBANCHACEAE

Orobanche cernua Loefl., Y.M. 500, 557.

VERBANACEAE

Verbena officinalis L., Y.M. 833.

LAMIACEAE (LABIATAE)

Ajuga chamaepitys (L.) Schreber subsp. *chia* (Schreber) Arcangeli, Y.M. 291, 611.

Teucrium polium L., Y.M. 501, 780.

Phlomis pungens Willd. var. *hirta* Velen., Y.M. 796.

Lamium amplexicaule L., Avr.-Sib., Y.M. 147, 248.

Ballota acetabulosa (L.) Bentham, D. Akd., Y.M. 503, 680.

B. nigra L. subsp. *anatolica* P.H.Davis, End., Ir.-Tur., Y.M. 329, 395.

Marrubium vulgare L., Y.M. 481, 812.

Stachys cretica L. subsp. *smyrnaea* Rech., End., D. Akd., Y.M. 295, 455.

Melissa officinalis L. subsp. *altissima* (Sm.) Arcangeli., D. Akd., Y.M. 795.

Prunella laciniata L., Y.M. 484, 681.

Origanum onites L., D. Akd., Y.M. 773.

Clinopodium vulgare L. subsp. *vulgare* Y.M. 741, 820.

Thymus zygoides Griseb. var. *lycaonicus* (Celak.) Ronniger, End., D. Akd., Y.M. 333, 682.

Mentha pulegium L., Y.M. 533.

Lycopus europaeus L. Avr.-Sib., Y.M. 502, 774.

Ziziphora capitata L., Ir.-Tur., Y.M. 328, 613.

Salvia tomentosa Miller, Akd., Y.M. 534, 794.

S. verbenaca L., Akd., Y.M. 290, 396, 612.

PLANTAGINACEAE

Plantago lanceolata L., Y.M. 292, 499, 621.

P. lagopus L., Akd., Y.M. 331.

SANTALACEAE

Thesium bergeri Zucc., D. Akd., Y.M. 487.

EUPHORBIACEAE

Chrozophora tinctoria (L.) Rafin., Y.M. 489.

Euphorbia helioscopia L., Y.M. 330.

E. taurinensis All., Y.M. 293, 439.

URTICACEAE

Urtica urens L., Y.M. 438.

MORACEAE

Morus alba L., Y.M. 663.

M. nigra L., Y.M. 664.

Ficus carica L. subsp. *carica*, Y.M. 721.

JUGLANDACEAE

Juglans regia L., Y.M. 722.

PLATANACEAE

Platanus orientalis L., Y.M. 487, 714.

FAGACEAE

Quercus infectoria Olivier subsp. *infectoria*, Avr.-Sib., Y.M. 619.

Q. pubescens Willd., Y.M. 485, 665, 809.

Q. cerris L. var. *cerris*, Akd., Y.M. 550, 731.

Q. ithaburensis Decne. subsp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge et Yalt., Y.M. 486.

SALICACEAE

Salix alba L., Avr.-Sib., Y.M. 667, 734.

Populus alba L., Avr.-Sib., Y.M. 666, 732.

P. tremula L., Avr.-Sib., Y.M. 668, 733.

RUBIACEAE

Sherardia arvensis L., Akd., Y.M. 34, 38, 50, 54, 65, 84, 94, 113, 146, 217.

Asperula arvensis L., Akd., Y.M. 488, 620.

Galium brevifolium Sm. subsp. *brevifolium*, End., D.Akd., Y.M. 192, 239, 381.

Rubia tenuifolia d'Urv. subsp. *tenuifolia*, Akd., Y.M. 252, 440, 493, 618.

MONOCOTYLEDONEAE

ARACEAE

Dracunculus vulgaris Schott., D. Akd., Y.M. 241, 365.

LILIACEAE

Asparagus acutifolius L., Akd., Y.M. 552, 716.

Asphodelus aestivus Brot., Akd., Y.M. 602.

Ornithogalum pyrenaicum L., Y.M. 498, 603.

O. montanum Cyr., D. Akd., Y.M. 364.

O. comosum L., Y.M. 4, 15, 18, 88, 115.

O. umbellatum L., Y.M. 48, 60, 71, 193, 378.

Muscari comosum (L.) Miller, Akd., Y.M. 379, 616.

M. neglectum Guss., Y.M. 5, 16, 22, 26, 36, 50, 59, 72.

Lilium candidum L., Akd., Y.M. 617.

Gagea bohemica (Zauschn.) Schultes et Schultes fil., Y.M. 6, 11, 19, 35, 51, 61.

G. taurica L., Y.M. 189, 380.

IRIDACEAE

İris germanica Forsak., Y.M. 605.

Gynandris sisyrinchium (L.) Parl., 85, 92, 117, 190.

Crocus chrysanthus (Herbert) Herbert, Y.M. 7,14, 23, 27.

Romulea bulbocodium (L.) Seb.& Mauri, Y.M. 8, 13, 17, 28, 34, 37, 49, 56, 70.

R. columnae Seb. Et Mauri subsp. *columnae*, Y.M. 191, 238.

ORCHIDACEAE

Serapias parviflora Parl., Akd., Y.M. 253, 377.

Orchis anatolica Boiss., D. Akd., Y.M. 366, 490, 604.

JUNCACEAE

Juncus acutus L., Y.M. 736.

CYPERACEAE

Cyperus longus L., Y.M. 723, 822.

Carex otrubae Podp., Avr.-Sib., Y.M. 491, 715.

POACEAE

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv., Avr.-Sib., Y.M. 735, 810.

Aegilops umbellulata Zhukovsky subsp. *umbellulata*, Ir.-Tur., Y.M. 87, 93, 114, 188, 240, 406.

A. triuncialis L. subsp. *triuncialis*, Y.M. 367, 492, 608.

Secale cereale L., Y.M. 497, 645, 793.
Triticum aestivum L., Y.M. 535, 782.
Hordeum murinum L., subsp. *glaucum* (Steudel) Tzvelev, Y.M. 536.
H. bulbosum L., Y.M. 740.
Taeniantherum caput-medusae (L.) Nevski subsp. *crinitum* (Schreber) Melderis, Y.M. 197, 254, 443, 547, 700.
Bromus japonicus Thunb. Subsp. *japonicus*, Y.M. 370, 572.
B. lanceolatus Roth., Y.M. 548, 781.
B. intermedius Guss., Y.M. 494, 640, 775.
B. squarrosus L., Y.M. 360, 565.
B. tectorum L., Y.M. 537.
B. sterilis L., Y.M. 369.
B. madritensis L., Y.M. 361, 441.
Avena barbata Pott ex Link subsp. *barbata*, Akd., Y.M. 413, 688, 783.
Gaudinia fragallis (L.) P. Beauv., Avr.-Sib., Y.M. 563.
Rostraria cristata (L.) Tzvelev var. *glabriflora* (Trautv.), Y.M. 571.
Aira elegantissima Schur subsp. *elegantissima*, Akd., Y.M. 195, 237, 414.
Holcus lanatus L., Avr.-Sib., Y.M. 570.
Phalaris canariensis L., Akd., Y.M. 495.
Polypogon monspeliensis (L.) Desf., Y.M. 546, 778.
Phleum subulatum (Savi) Aschers.& Graebn. subsp. *subulatum*, Y.M. 569, 779.
Lolium temulentum L. var. *temulentum*, Y.M. 362, 568.
Elymus elongatus (Host.) Runemark subsp. *elongatus*, Y.M. 363, 550.
Vulpia ciliata Dumort. subsp. *ciliata*, Y.M. 567.
Poa bulbosa L., Y.M. 86, 91, 116, 372, 777, 801.
Dactylis glomeratus L. subsp. *hispanica* (Roth) Nyman., Y.M. 371, 644.
Cynosurus echinatus L., Akd., Y.M. 496, 689.
Briza maxima L., Y.M. 194, 250, 322, 442, 683.
Melica ciliata L. subsp. *magnolii* (Gren.& Godr.) Husnot, Y.M. 776, 808. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. var. *dactylon*, Y.M. 830. *Zea mays* L., Y.M. 739.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma sonucunda 63 familyaya ve 273 cinse ait tür, altr ve varyete düzeyinde toplam 380 takson belirlenmiştir. Bu taksonların 2'si *Pteridophyta*, 378'i *Spermatophyta* bölümüne aittir. *Spermatophyta* bölümüne ait taksonların 5 tanesi *Gymnospermae*, 373 tanesi ise *Angiospermae* alt bölümüne; *Angiospermae*'lerin 55 tanesi

Monocotyledoneae, 380 tanesi *Dicotyledoneae* sınıfına aittir (izelge 2).

Çizelge 2. Araştırma alanında tespit edilen bitki taksonlarının taksonomik gruplara göre dağılımları

Grup Adı:	Toplam Familya sayısı	Toplam Cins sayısı	Takson sayısı
<i>Pteridophyta</i>	2	2	2
<i>Spermatophyta</i>	61	271	378
<i>Gymnospermae</i>	2	3	5
<i>Angiospermae</i>	59	268	373
<i>Dicotyledoneae</i>	52	227	318
<i>Monocotyledoneae</i>	7	41	55
Genel Toplam	63	273	380

Araştırma alanından toplanan bitkilerin fitocoğrafik bölgelere göre dağılımlarına bakıldığında tüm Akdeniz fitocoğrafik elementlerinin 96 takson ile (%25.26) ilk sırayı aldığı görülmektedir. Bunun yarısından fazlasını Doğu Akdeniz fitocoğrafik elementleri oluşurmaktadır (izelge 3). Araştırma alanında 13 takson Avrupa-Sibirya fitocoğrafik elementidir. Tüm floraya oranı %3.42'dir. Bu fitocoğrafik elementler araştırma alanında ikinci sırada yer almaktadır. Avrupa-Sibirya fitocoğrafik elementlerinin nispeten düşük olması araştırma alanın Akdeniz fitocoğrafya bölgesi içinde yer almasına bağlanabilir. İnan-Turan fitocoğrafya bölgesine dahil 8 takson mevcut olup bunların toplam floraya oranı %2.10'dur. Bu elementler genelde yüksek yerlerde yayılış gösterir. İnan-Turan fitocoğrafik elementlerinin düşük oluşunun sebebi, bölgenin Akdeniz fitocoğrafya bölgesinde yer alması ve yüksekliğin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3. Araştırma alanından toplanan taksonların floristik bölgelere göre dağılımları

Flora Bölgesi	Takson Sayısı	% olarak
Akdeniz	96	%25.26
Avrupa-Sibirya	13	%3.42
Iran-Turan	8	%2.10
Omni-Medit	1	%0.26
Çok Bölgeli veya Bilinmeyenler	262	%68.94

Araştırma alanında en fazla takson içeren familya sıralamasında, 53 takson ve toplam floraya oranı %13.94 oranı ile ilk sırayı *Fabaceae* almaktadır. İkinci sırayı 45 takson ve %11.84 oranı ile *Asteraceae* izlerken, 33 takson % 8.68 oran ile *Poaceae* üçüncü sırayı almaktadır. Fazla sayıda takson içeren bazı familyalar ve toplam floraya oranları Çizelge 4’de görülmektedir.

Çizelge 4. En fazla takson içeren familyalar

Sıra No	Familya Adı	Takson Sayısı	Dağılım oranı (%)
1	<i>Fabaceae</i>	53	13.94
2	<i>Asteraceae</i>	45	11.84
3	<i>Poaceae</i>	33	8.68
4	<i>Brassicaceae</i>	22	5.78
5	<i>Apiaceae</i>	20	5.26
6	<i>Lamiaceae</i>	18	4.73
7	<i>Rosaceae</i>	17	4.47
8	<i>Caryophyllaceae</i>	15	3.94
9	<i>Boraginaceae</i>	11	2.89
Diğer Familyalar		122	38.42

Çalışma alanı toplam takson sayısı yönünden yakın yörelerde yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında (Çizelge 5) en çok takson içeren ilk üç familya sıralamasının Gürle köyü [8] ve Spil dağı [2] florası haricinde aynı olduğu görülmektedir. Diğer en fazla takson içeren familya sıralamasında hemen hemen aynıdır. Toplam takson sayısı göz önüne alındığında Spil dağı ve Yamanlar dağının flora listelerindeki toplam takson sayılarının çalışmamızdan çok fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum çalışma alanımızın her iki flora çalışması yapılan bölgelerinin yüksekliğinden oldukça düşük yükseklikteki bir alanda olmasına bağlanabilir. Çünkü yükseklik arttıkça ekolojik koşullardaki değişme vejetasyonun bileşenlerini

değiştirmektedir. En çok cins içeren familyalara bakıldığında *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Poaceae* ve *Apiaceae* familyaları ilk sıralardadır (Çizelge 6). En fazla takson içeren cinsler ise *Trifolium* (17), *Bromus* (7), *Vicia* (5), *Medicago* (5), *Silene* (5), *Geranium* (5) şeklindedir. Bazı cinslerin sahip oldukları takson sayısı Çizelge 7’de görülmektedir.

Çizelge 5. Araştırma alanı ile çevresinde yapılmış flora çalışmalarında en çok takson içeren familyalar açısından karşılaştırılması

Familya Adı	Beydere Köyü		Gürle Köyü		Dumanlıdağ		Aydal Köyü		Maldan Köyü		C.B.U. kampüsü alanı		Yunt Dağı		Spil Dağı		Yamanlar Dağı	
	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%	Takson sayısı	%
<i>Fabaceae</i>	53	14	34	11	46	14	68	15	57	12	37	12	57	13	72	12	104	14
<i>Asteraceae</i>	45	12	44	14	40	12	52	12	51	11	34	11	55	13	79	13	88	12
<i>Poaceae</i>	33	9	27	8	34	10	35	9	41	9	24	8	41	10	32	5	64	9
<i>Brassicaceae</i>	22	6	18	6	16	5	25	6	31	7	14	4	20	5	41	7	31	4
<i>Lamiaceae</i>	18	5	17	5	17	5	25	6	18	4	18	6	15	4	43	7	28	4
<i>Apiaceae</i>	20	5	10	3	17	5	21	5	26	6	15	5	19	5	31	5	27	4
<i>Rosaceae</i>	17	5	14	4	17	5	13	3	15	3	11	4	12	3	24	4	21	3
<i>Caryophyllaceae</i>	15	4	7	2	9	3	18	4	21	5	9	3	19	5	33	6	36	5
<i>Boraginaceae</i>	11	3	9	3	10	3	12	3	15	3	13	4	9	2	18	3	15	2
<i>Scrophulariaceae</i>	10	3	7	2	10	3	10	2	12	3	11	4	14	3	14	2	23	3
Toplam Takson	380		324		337		448		468		315		423		593		725	

Çizelge 6. En fazla cins içeren familyalar

Sıra No	Familya Adı	Cins Sayısı	Dağılım oranı (%)
1	<i>Asteraceae</i>	33	12.08
2	<i>Fabaceae</i>	24	8.79
3	<i>Brassicaeae</i>	20	7.32
4	<i>Poaceae</i>	16	5.86
5	<i>Apiaceae</i>	16	5.86
6	<i>Lamiaceae</i>	16	5.86
7	<i>Rosaceae</i>	14	5.12
8	<i>Caryophyllaceae</i>	11	4.02
9	<i>Boraginaceae</i>	8	2.93
Diğer Familyalar		122	44.68

Çizelge 7. En fazla takson içeren bazı cinsler

Cins Adı	Takson sayısı	Cins Adı	Takson sayısı
<i>Trifolium</i>	17	<i>Geranium</i>	5
<i>Bromus</i>	7	<i>Centaurea</i>	4
<i>Vicia</i>	5	<i>Ouercus</i>	4
<i>Medicago</i>	5	<i>Ranunculus</i>	4
<i>Silene</i>	5	<i>Ornithogalum</i>	4

Araştırma alanımızda toplanan 380 vasküler taksondan 7 tanesi endemiktir. Endemizm oranı %1.85'dir. Bu ise Türkiye ortalamasına göre oldukça düşük bir değerdir. Ülkemizdeki endemizm oranı %30'un üzerindedir. Endemizm oranının düşük oluşu, farklı kayaç yapısı ve toprak özelliği, değişik mikroklima koşulları gibi endemik oluşumunda etken olan faktörlerin bulunmamasına ve düşük yükseltiye bağlanabilir. Endemizm oranı araştırma alanına yakın olan Yamanlar dağında %4.85 (Gemici, 1981), Spil dağında % 13.0 (Duman, 1985), Yunt dağında % 3.78 (Şık vd., 1993), C.B.Ü. Kampüsünde %3 (Uğurlu vd., 1997), Avdal köyünde [6] %2.2, Dumanlıdağ'da [7] % 1.18 ve Gürle köyünde % 1.80 (Gücel vd., 2008)'dir. Yani yakın yörelerde de aynı durum söz konusudur (Çizelge 8).

Çizelge 8. Araştırma alanı ile yakın yörelerin endemizm oranlarının karşılaştırılması

Araştırma Alanı	Yükselik (m)	Endemik Takson Sayısı	Endemiklerin toplam floraya oranı (%)
Beydere Köyü	279	7	1.8
Dumanlıdağ	1092	4	1.1
Avdal Köyü	384	10	2.2
Gürle Köyü	289	6	1.8
C.B.Ü kampus alanı	300	10	3.0
Maldan köyü	617	15	3.2
Yunt Dağı	1075	16	3.8
Yamanlar dağı	1114	25	4.9
Spil dağı	1917	76	1.3

Ekim vd., (2000)'ne göre araştırma alanında belirlenen endemik taksonların tehlike kategorileri Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Araştırma alanında yayılış gösteren endemik taksonlar ve tehlike kategorileri

Endemik Taksonun Adı	Tehlike Kategorisi
<i>Centaurea polyclada</i>	VU
<i>Campanula lyrata</i> subsp. <i>lyrata</i>	LR (1c)
<i>Alkanna areolata</i> var. <i>areolata</i>	LR (1c)
<i>Stachys cretica</i> subsp. <i>smyrnaea</i>	LR (1c)
<i>Ballota nigra</i> subsp. <i>anatolica</i>	VU
<i>Thymus zygoides</i> var. <i>lycanicus</i>	LR (1c)
<i>Galium brevifolium</i> subsp. <i>brevifolium</i>	LR (1c)

Araştırma alanının florası oldukça fakirdir. Bu durum insan etkisine, araştırma alanının makro konumuna, kurak dönemlerin uzunluğuna ve ekolojik faktörlere bağlanabilir. Bu faktörlere ek olarak son yıllarda tüm dünyayı etkileyen küresel ısınmanın etkileri de önemlidir.

Flora çalışmalarında, çalışılan bölgelerin bitkilerinin belirlenerek daha sonra bu bitkilere ihtiyaç duyacaklara yol göstermesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın daha sonra bu bölge bitkileri üzerinde yapılacak diğer biyolojik çalışmalara katkı sağlayacağı kanatındeyiz.

Kaynaklar

- Akman, Y. (1999). İklim ve Biyoiklim. Palme Yayınlar, 1-292, Ankara.
- Akyol, Y. (2003). Maldan köyü (Manisa) Florası.Celal Bayar Üniversitesi, Fen

Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,
Manisa (Yayınlanmadı).

- Davis, P.H. (1965 – 1988). Flora of Turkey and East Aegean Islands. Vol. I- X, Edinburgh Univ. Press UK.
- Dikicioğlu, N.G., Şık, L. (2008). Dumanlıdağ (Menemen-İzmir) florası. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 15,1, 13-36.
- Duman, H. (1985). Manisa Dağı (Spil) Milli Parkının Flora ve Vejetasyonu Üzerine Bir Çalışma. Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmadı).
- Ekim, T. Koyuncu, M. Vural, M. Duman, H. Aytaç, Z. Adıgüzel, N. (2000). Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Emberger, L. (1955). Sur Le Quetens Pluviothermique. *J.R. Acad. Sc.* 234, 2508 –2510.
- Gaussen, H. (1954). *Theorie Et Classifications Des Climats Et Des Microclimats.* 8e Congr. Intern. Bot. Paris. Section 7.
- Gemici, Y. (1981). İzmir Yamanlar Dağı ve Çevresinin Flora ve Vejetasyonu. E.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Gücel, S., Aktaş, K., Altan, Y. (2008). Gürle köyü (Manisa). *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 4.1: 19-30.
- Sarı, D., Şık, L. (2006). Avdal köyü (Manisa) florası. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 13,2, 115-136.
- Şık, L., Gemici, Y. (1993). Yunt Dağı (Manisa)'nın Florası. *Journal of Faculty of Science Ege University Series B*, Vol. 15,1.
- MGM. (2016). (Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteoroloji Bülteni, Ankara.
- Uğurlu, E., Altan, Y. (1997). Celal Bayar Üniversitesi Kampüs Alanı Florası, *C.B.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi dergisi*, 1: 36-42.

Morphological and Palynological properties of Endemic *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. (Rutaceae)

K. Aktaş^{1*}

Abstract: The *Haplophyllum* genus is represented by 17 taxa in Turkey. *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. which is investigated in this study is endemic to Turkey. In this study, *H. myrtifolium* was investigated morphologically and palynological. Some different morphological characteristics determined from its description given in the Flora of Turkey for the species. Pollen monad, isopolar, radially symmetrical, prolate rhomboidal in equator view, outer triangular, sides of triangle straight or concave, 44 x 35 µm, tricolporate. As a result of the this study, its description given in the Flora of Turkey for *H. myrtifolium* was expanded. Pollen morphology of this species was determined and pollen description was written.

Keywords: *Haplophyllum*, Morphology, Pollen, Rutaceae

Endemik *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. (Rutaceae)'un Morfolojik ve Palinolojik Özellikleri

Özet: *Haplophyllum* cinsi Türkiye'de 17 takson ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada incelenen *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. Türkiye için endemiktir. Bu çalışmada *H. myrtifolium* morfolojik ve palinolojik olarak incelenmiştir. Türkiye florasında türün deskripsiyonunda verilen bazı farklı morfolojik karakterler tanımlanmıştır. Polen taneleri monad, izopolar, radyal simetrik, ekvatoryal görünüşte prolat romboidal, dış kısmı üçgensel, üçgenin kenarları düz veya konkav, 44 x 35 µm, trikolporat. Bu çalışma sonucunda *H. myrtifolium*'un Türkiye Florası'ndaki betimi genişletilmiştir. Polen morfolojisi belirlenmiş ve polen betimi yazılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Haplophyllum*, Morfoloji, Polen, Rutaceae

1. Giriş

Rutaceae familyası yeryüzünde 153 cins ve yaklaşık 1800 türle temsil edilmektedir (Simpson, 2006). Bu familya Türkiye'de *Ruta* L., *Haplophyllum* A. Juss., *Dictamnus* L., *Citrus* L. ve *Poncirus* Rafin cinsleri ile temsil edilmektedir. *Haplophyllum* A. Juss. cinsi Rutaceae familyasının en az bilinen ve türce en zengin cinslerinden biridir. Bu cins yaklaşık 68 tür içermekte olup en fazla tür çeşitliliği Türkiye, İran ve Orta Asya'da görülmektedir (Townsend, 1967; Navarro vd., 2004; Soltani vd., 2005). *Haplophyllum* A. Juss. cinsi Türkiye'de 14 tür ile temsil edilmekte olup bunlardan 7'si endemiktir. (Townsend, 1967; Davis vd., 1988).

Haplophyllum türlerinin kimyasal içerikleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. (Patra vd., 1984; Gözler vd., 1994, 1996; Sağlam vd., 2001; Sağlam, 2002, Sağlam vd., 2003; Ulubelen vd., 2008; Parhoodeh vd., 2012).

Navarro vd., (2004) İber yarımadasından yeni tanımladıkları *Haplophyllum bastetanum* F.B. Navarro, V.N. Suárez-Santiago & Blanca türünün morfolojik sitogenetik, moleküler, dağılımı ve ekolojik karakterleri üzerinde bir çalışma yapmıştır.

Perven vd., (2005) Pakistan'da yayılış gösteren Rutaceae familyasına ait bazı türlerin polen morfolojisini çalışmışlardır. Bu çalışmada *Haplophyllum acutifolium* (DC.) G. Don, *H.*

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, 45140 Manisa/Türkiye.

*Corresponding author (İletişim yazarı): kamuran.aktas@cbu.edu.tr

Citation (Atıf): Aktaş, K. (2017). Endemik *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. (Rutaceae)'un Morfolojik ve Palinolojik Özellikleri. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 155-159.

dubium Korov, *H. erythraeum* Boiss. ve *H. tuberculatum* (Forssk.) Juss., türlerinin polen özelliklerini incelemişlerdir.

Salvo vd., (2011) İran-Turan florsitik bölgesinde yayılış gösteren *Haplophyllum* türlerinin filogenisini, morfolojisini ve biyocoğrafyası üzerinde çalışmalar yapmışlardır.

Akyol vd., (2012) Türkiye için endemik olan *Haplophyllum megalanthum* Bornm. Türü üzerinde detaylı morfolojik, anatomik ve palinolojik bir çalışma yapmışlardır.

Tüm bu çalışmalar ve literatürdeki diğer yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde daha önce Türkiye'nin endemik bitkilerinden birisi olan *H. myrtifolium* türü üzerinde detaylı yapılmış morfolojik bir çalışmaya ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımı ile önemli taksonomik karakterlerden olan Polen morfolojilerinin detaylı olarak incelenmediği anlaşılmaktadır.

Amacımız, *H. myrtifolium* türü üzerinde detaylı morfolojik bir çalışma yaparak "Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası" adlı eserde türün tanımlanmasında eksik verilen morfolojik özellikleri ekleyerek türün deskripsiyonunu güncellemek ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımı ile önemli taksonomik karakterlerden olan Polen mikromorfolojilerini belirleyerek ileride yapılacak daha geniş kapsamı çalışmalara kaynak oluşturmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma materyalimizi oluşturan *H. myrtifolium* türüne ait örnekler Manisa: Yunussemre, Osmanlı Köy Yolu, Tekel depoları civarı 300m yükseklikte 05.06.2014 tarihinde yol kenarından toplanmıştır. Toplanan örnekler usulüne uygun olarak kurutulup herbaryum örneği haline getirilmiştir. Daha sonra "Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası" adlı eserin ikinci cildine göre teşhis edilmiştir (Townsend, 1978). Herbaryum örneğinden alınan polen örnekleri Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde Jeol JSM6060 model Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) analizleri yapılarak türün polenlerine ait genel görüntüleri ile ayrıntılı yüzey ornemantasyonlarını gösteren mikrofotografileri çekilmiştir. Ayrıca Polen örnekleri ışık mikroskobunda incelenmek üzere Erdtman (1960) metodu ile preparat haline getirilmiştir. Türlerin polen morfolojileri hem ışık

hem de taramalı elektron mikroskobuyla (SEM) incelenmiştir. Hazırlanan bu preparatlar Hunt – Wetzlar marka binoküler mikroskopta x100'lük büyütme kullanılarak taksonlara ait polen örneklerinin Polar çap (P), Ekvatoryal Çap (E), Ekzin kalınlığı, kolpus uzunluğu (Clg), kolpus genişliği (Clt) gibi taksonların polen özelliklerinin belirlenmesinde önemli olan yapılar 30 tekrar sayımla ölçülmüştür. Elde edilen tekrar sayımlardan Minimum değerler, maksimum değerler, Aritmetik ortalama ve standart sapmalar hesaplanmıştır.

Türlerin polen morfolojinin belirlenmesi Erdtman (1952), Faegri ve İversen (1964)'ne göre yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Morfolojik:

Türe ait morfolojik özellikler:

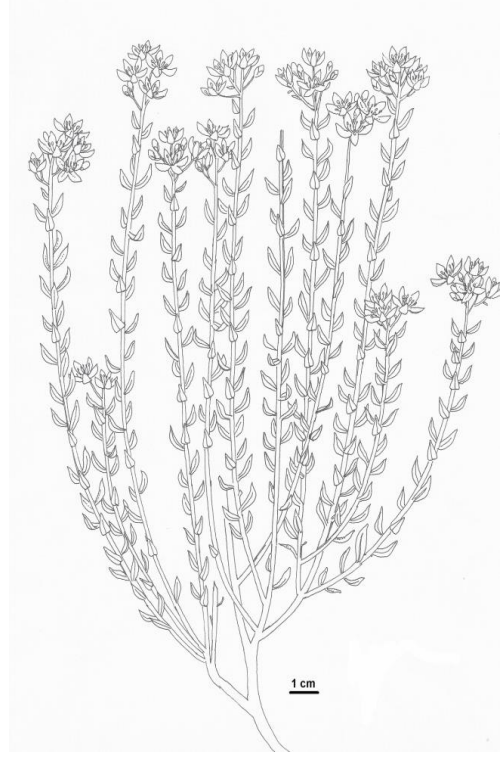
- Bitki 15-25 cm, uzunluğunda yoğun beyaz tüylerle kaplı
- Gövde dik ve kahverengi kabuklu
- Yapraklar basit, tam, sapsız, mızraksı, almaçlı dizilişli, yoğun beyaz tüylerle kaplı ve 2,5-4x4-16mm boyutlarında
- Çiçek durumu sık, çiçek sapları tüylerle kaplı
- Sepaller elips-mızraksı şekilde, yeşil, beyaz sık kıvrık tüylerle kaplı ve 2-2,5x4-5 mm boyutlarında
- Petaller yumurtamsı-elips şeklinde, içe doğru kıvrık, kremi-beyaz renkli ve 4-5x7-11 mm
- Stamenler 10 adet, filamentler uçtan tepeye doğru daralmakta, yarısına kadar uzun yumuşak tüylerle kaplı, 3,5-5 mm uzunluğunda
- Kapsül yoğun tüylerle kaplı.

Tohumlar kahverenkli, böbreksi şekildedir. Çiçeklenme zamanı, Mayıs-Haziran aylarıdır. Tür kireç taşı kayalıklar, volkanik tepeler ve bozkırlarda 300-2150 m'de yayılış gösterir.

Yayılışı: B1 Manisa B2 Uşak B3 Afyon B4 Ankara B5 Seyhan B7 Tunceli C2 Denizli C4 İçel C5 Seyhan C6 Hatay



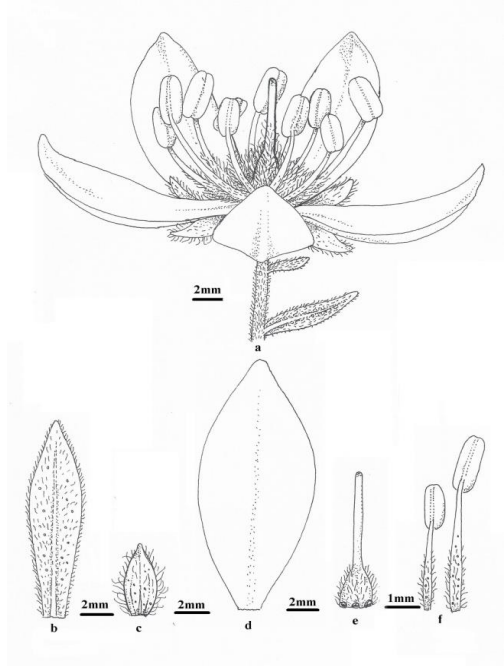
Şekil 1. *H. myrtifolium* türünün Araziden genel görünüşü (Orjinal)



Şekil 3. *H. myrtifolium* türünün Herbaryum örneğinden genel görünüş çizimi (Orjinal)



Şekil 2. *H. myrtifolium* türünün tek çiçek görünüşü (Orjinal)



Şekil 4. *H. myrtifolium* türünün Herbaryum örneğinden çizimler (Orjinal) (a. Tek çiçek, b. Yaprak, c. Sepal, d. Petal, e. Pistil, f. Stamen)

3.2. Palinolojik:

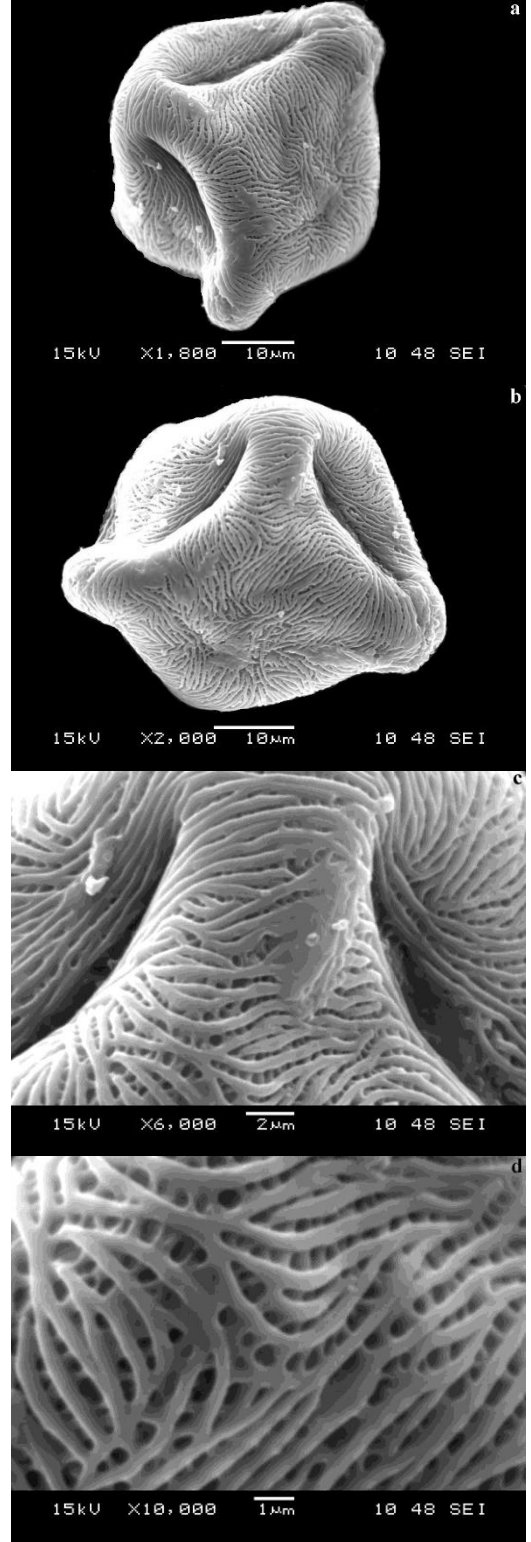
H. myrtifolium türünün polenleri genellikle monad, izopolar, radyal simetrik, ekvatoryal görünüşte prolat romboidal, dış kısmı üçgeni, üçgenin kenarları düz veya konkav, 3-kolporat, ornamentasyonu striat-retikulattır.

Polar eksen (P): 40-44 ($\pm 1,25$) μm ; Ekvatoryal çap (E): 33-35 ($\pm 1,05$) μm ; Kolpus uzunluğu (Clg): 16-19 ($\pm 0,53$) μm Kolpus genişliği (Clt): 1,5-2 ($\pm 0,50$) μm Por çapı: 8-9 ($\pm 0,20$) μm , Ekzin Kalınlığı: 0.90-1.50 ($\pm 0,20$) μm , P/E: 1.21-1.25 μm

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada “Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası” adlı eserde bazı temel özellikleri verilen endemik *H. myrtifolium* türünün morfolojik ve palinolojik özellikleri ilk kez bu çalışma ile detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Çalışma sonucunda türün “Türkiye ve Doğu Ege Adaları Florası” adlı eserde verilmeyen yaprak boyutları, sepal boyutları gibi bazı karakterler ilk kez incelenerek verilmiştir. Ayrıca türün tanımında 6,5-9 mm olarak verilen petal uzunluğunun çalışmamızda 11mm’ye kadar çıkabildiği görülmüştür. Flora’da ayrıca *H. myrtifolium*’un bir diğer endemik olan *H. megalanthum* Bornm. türü ile yakın olduğu belirtilmektedir. *H. megalanthum* türü üzerinde Akyol vd., (2012) tarafından yapılan çalışma morfolojik ve palinolojik olarak karşılaştırıldığında *H. myrtifolium*’un *H. megalanthum*’dan daha kısa bir bitki olduğu, yapraklarının ve çiçeklerinin daha küçük olduğu görülmüştür. Her iki türünde polenleri 3-kolporat olmakla birlikte *H. megalanthum*’un polen şekli subprolat’tan sferoid’e kadar değişmekte buna karşık bu çalışmada *H. myrtifolium*’un polen şekli prolat’tan romboidal’a kadar değiştiği görülmüştür.



Şekil 2. *H. myrtifolium* türüne ait Palinolojik şekiller (SEM) (a-b: Polen genel görünüş, c-d: Yüzey ornamentasyonu)

Kaynaklar

- Akyol, Y., Alçitepe, E., Özdemir, C. (2012). The morphological, anatomical and palynological properties of endemic *Haplophyllum megalanthum* Bornm. (Rutaceae). *Pakistan Journal of Botany*, 44 (3): 1121-1126.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Kit, T. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. (Suppl. 1.) Edinburgh Univ Press Vol.10, Edinburgh.
- Erdtman, G. (1952). *Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms*. Chronica Botanica Co., Waltham, Massachusetts.
- Erdtman, G. (1960). The acetolysis method. A revised description. *Svensk. Bot. Tidskr.*, 51: 561-564.
- Faegri, K., Iversen, J. (1975). *Textbook of Pollen Analysis (3rd ed.)*, Hafner Press. New York.
- Gözler, B., Önür, M.A., Gözler, T., Kadan, G., Hesse, M. (1994). Lignans and Lignan Glycosides from *Haplophyllum cappadocium*. *Phytochemistry*, 37: 1693-1698.
- Gözler, B., Gözler, T., Ünver, N., Rentsch, D., Hesse, M. (1996). Lignans, Alkaloids and coumarins from *Haplophyllum vulcanicum*. *Phytochemistry*, 42: 695-699.
- Navarro, F.B., Suarez-Santiago, V.N., Blanca, G. (2004). A new species of *Haplophyllum* A. Juss. (Rutaceae) From The Iberian peninsula: Evidence from morphological, caryological and molecular analyses. *Annals of Botany*, 94(4): 571-582.
- Parhoodeh, P., Rahmani, M., Mohd, N., Mohd, H., Sukari, A., Cheng Lian Ee, G. (2012). Alkaloid Constituents of *Haplophyllum laeviusculum* (Rutaceae). *Sains Malaysiana* 41(1): 47-52.
- Patra, A., Valencia, E., Minard, R.D., Shamma, M., Tanker, N., Gözler, B., Önür, M.A., Gözler, T. (1984). Furoquinoline alkaloids from *Haplophyllum vulcanicum*". *Heterocycles*, 22(12): 2821-2825.
- Perveen, A., Qaiser, M. (2005). Pollen Flora of Pakistan-XLV. Rutaceae. *Pak. J. Bot.*, 37(3): 495-501.
- Sağlam, H. (2002). *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. Türü Üzerinde İzolasyon Ve Yapı Aydınlatma Çalışmaları. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı Bildiriler 29-31 Mayıs, Eskişehir, 203-205.
- Sağlam, H., Gözler, T., Gözler, B. (2003). A new prenylated aryl-naphthalene lignan from *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. *Fitoterapia*, 74(6): 564-569.
- Sağlam, H., Gözler, T., Kıvrak, B., Demirci, B., Başer, K.H.C. (2001). Volatile compounds from *Haplophyllum myrtifolium* Boiss. *Chemistry of Natural Compounds*, 37(5): 442-444.
- Salvo, G., Sara, M., Farrokh, G., Tojibaev, K., Zeltner, L., Conti, E. (2011). Phylogeny, morphology and biogeography of *Haplophyllum* (Rutaceae) A species-rich genus of the Irano-Turanian Floristic Region. *Taxon*. Vol. 60: 15 pp.
- Simson, M.G. (2006). *Plant Systematics*. Academic Press, 2006
- Soltani, M., Khosravi, A.R. (2005). A new species of *Haplophyllum* from SW Iran. *Willdenowia* 35: 293-298.
- Townsend, C.C. (1967). *Haplophyllum* A. Juss. In: (Ed.): P.H. Davis. *Flora of Turkey and The Aegean Islands*. Vol: 2 496-506. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Ulubelen, A., Öztürk, M. (2008). Alkaloids, Coumarins And Lignans From *Haplophyllum* Species. *Rec. Nat. Prod.*, 2(3): 54-69.

Plants Considered As Non-Wood Forest Products (NWFPs) Around Central Anatolia: Eskişehir Example

G. Işık^{1*}, E. Yücel¹

Abstract: The purpose of this study, identification of medicinal plants, which spread in Central Anatolia forests, can be regarded as non-wood forest products and draw attention on the situation of endemic taxa. Literature study was made to determine the medicinal plants can be regarded as non-wood forest products, by using The Flora of Turkey, published articles, thesis and books about Eskişehir flora. It was found that there are 81 genera and 121 taxa (110 Dicotyledonous, 11 Monocotyledonous) belonging to 31 families under natural forest distribution in Eskişehir. 68 of these taxa were endemics and elements of different phytogeographic regions. 59 of these 121 plant taxa have medical importance. It is important to evaluate these taxa economically. Another important issue is that some of the endemic taxa have medical importance at the same time.

Keywords: Non-wood, Medicinal plant, Endemic, Forest, Eskişehir

1. Introduction

The harvest of non-wood forest products represents an important source of income to rural people (Özkan et al., 2011). According to FAO (1991), non-wood forest products and services (NWFPs) refers to “*market subsistence goods and services for human or industrial consumption derived from renewable forest resources and biomass bearing promise for augmenting real rural household incomes and employment. The products include the use of plants for food, forage, fuel, medicine, fiber, biochemical, as well as animals, birds, reptiles and fishes for food, fur and feathers. Wood used for handicrafts is included, as are the services derived from the standing forest that generate such benefits as tourism revenues and conservation of biodiversity*”.

Non-wood forest products play important roles in the daily life and well-being of both local and urban populations (Chupezi et al., 2009). They also have importance for foliage, forest tourism, alternative healthcare, oils, oleoresins, edible products grazing and etc.

The potential economic value of NWFPs, in terms of utilization and their market value, is often unknown (Ghanbari et al., 2011). Therefore, valuable resource management is impossible without recognition and valuation them (Ghanbari et al., 2011).

The development of market for NWFPs requires linking production basins which are generally far off rural areas (supply zone) to urban centers where the market demand exists (Samba and Gertrude, 2011). It should be noted that some of non-wood forest products are never in large quantities and making it difficult for local communities to actually depend on them for their livelihoods (Samba and Gertrude, 2011).

Elias et al. (2012) recommended that non-wood products such as legumes and fruit trees should use to build up mixed type forest. Today, biodiversity, has been one of the issues raised in this growing day by day in the local and global levels. In Turkey, and of approximately more than 350 plant species in the world are known to be the subject of intense international trade of medicinal plants. In Turkey, domestic and foreign trade is carried sourced numerous medicinal plants. This is a

¹Anadolu University, Faculty of Sciences, Department of Biology, 26470 Eskişehir/Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı): glcnlymz@gmail.com

Citation (Atıf): Işık, G., Yücel, E. (2017). Plants Considered As Non-Wood Forest Products (NWFPs) Around Central Anatolia: Eskişehir Example. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 160-166.

controversial subject that is not clear what the actual volume of trade. But the real point is that although many plant breeders heavily made trade is unclear. The reason is the nature of a large part of this type of crop production is often done in an uncontrolled manner. Turkey, which has a very rich plant sources of medicinal plants, and it is obvious that carry a large commercial potential. For now, we know about 100 non-wood forest product plants that we know exist in our country forests (Demirci, 2011).

Few works have been carried out on all known types of non-wood forest products in Turkey (Demirci, 2011). The production of non-wood forest products with highest level and variety should be performed and contributed to national economy by some legal arrangements and scientific studies to be carried out in potential and natural distribution areas of non-wood forest products (Demirci, 2011).

The purpose of this study, which spread in Central Anatolia, especially Eskisehir forests, identification of medicinal plants can be regarded as non-wood forest products and draw attention on the situation of endemic taxa.

2. Material and Method

Literature study was made to determine the medicinal plants can be regarded as non-wood forest products, by using The Flora of Turkey, published articles, thesis and books about Central Anatolia, especially flora of Eskişehir, and medicinal plants.

3. Results

It was found that there are eighty-one genera and one hundred and twenty-one taxa (one hundred and ten Dicotyledonous, eleven Monocotyledonous) belonging to twenty-one families under natural forest distribution in Eskisehir (Table 1). Asteraceae (twenty species) and Lamiaceae (seventeen species) are the most abundant families in this area.

Sixty-eight of these taxa were endemics. Fifty-nine of these one hundred and twenty-one plant taxa have medical importance. Sixty-two of taxa mentioned were endemic, fifty-three of them were medicinal and six of them were both endemic and medicinal plants (Figure 1).

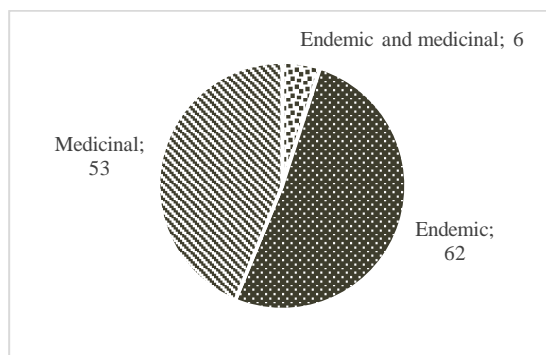


Figure 1. Endemism and medicinal conditions of plants

It is important to evaluate these taxa economically. Another important issue is that some of the endemic taxa have medical importance at the same time. Six taxa which are *Helianthemum nummularium* subsp. *lycaonicum*, *Gypsophila eriocalyx*, *Digitalis lamarckii*, *Origanum sipyleum*, *Salvia dichroantha* and *Gladiolus roviola* both endemics and have medicinal properties.

Table 1. Non-wood plant species which are endemic/have medicinal properties distributed in forests around Eskisehir

No	Family	Species	Endemism/Medicinal
1		<i>Delphinium venulosum</i>	+/-
2	Ranunculaceae	<i>D. fissum</i> subsp. <i>anatolicum</i>	+/-
3		<i>Consolida regalis</i> var. <i>paniculata</i>	-/+
4		<i>Anemone coronaria</i>	-/+
5		<i>Isatis fioribunda</i>	+/-
6	Brassicaceae	<i>Alyssum niveum</i>	+/-
7		<i>A. hirsutum</i>	+/-
8		<i>Helianthemum nummularium</i> subsp.	+/+
9	Cistaceae	<i>Cistus laurifolius</i>	-/+
10		<i>C. creticus</i>	-/+
11		<i>Minuartia anatolica</i> var. <i>arachnoidea</i>	+/-
12		<i>Gypsophila eriocalyx</i>	+/+
13	Caryophyllaceae	<i>Bolanthus minuartioides</i>	+/-
14		<i>Stellaria media</i> subsp. <i>media</i>	-/+
15		<i>Agrostemma githago</i>	-/+
16	Polygonaceae	<i>Polygonum bistorta</i> subsp. <i>bistorta</i>	-/+
17		<i>Rumex crispus</i>	-/+
18		<i>Hypericum organifolium</i>	-/+
19	Hypericaceae	<i>H. confertum</i> subsp. <i>confertum</i>	-/+
20		<i>H. montbretii</i>	-/+
21		<i>H. orientale</i>	-/+
22	Malvaceae	<i>Alcea pallida</i>	-/+
23	Linaceae	<i>Linum hirsutum</i> subsp. <i>anatolicum</i>	+/-
24		<i>L. cariense</i>	+/-
25	Rutaceae	<i>Haplophyllum myrtifolium</i>	+/-
26		<i>Genista parnassica</i>	+/-
27		<i>G. acanthoclada</i>	+/-
28		<i>Astragalus condensatus</i>	+/-
29	Fabaceae	<i>A. brachypterus</i>	+/-
30		<i>A. condensatus</i>	+/-
31		<i>A. macrocephalus</i> subsp.	+/-
32		<i>A. densifolius</i> subsp. <i>densifolius</i>	+/-
33		<i>Onobrychis paucijuga</i>	+/-
34		<i>Galega officinalis</i>	-/+
35		<i>Hedysarum cappadocicum</i>	+/-
36		<i>Eryngium bithynicum</i>	+/-
37	Umbelliferae	<i>Echinophora tournefortii</i>	-/+
38		<i>Bupleurum sulphureum</i>	+/-
39	Araliaceae	<i>Hedera helix</i>	-/+
40		<i>Sambucus nigra</i>	-/+
41	Caprifoliaceae	<i>S. ebulus</i>	-/+
42		<i>Viburnum opulus</i>	-/+
43		<i>Lonicea caucasica</i> subsp. <i>orientalis</i>	+/-
44		<i>Anthemis tinctoria</i> var. <i>tinctoria</i>	-/+
45		<i>A. tinctoria</i> var. <i>pallida</i>	-/+
46		<i>A. kotschyana</i>	+/-
47	Asteraceae	<i>A. wiedemanniana</i>	+/-
48		<i>Achillea wilhelmsii</i>	-/+
49		<i>A. phrygia</i>	+/-
50		<i>A. biebersteinii</i>	-/+
51		<i>Cousinia iconica</i>	+/-
52		<i>C. stapfiana</i>	+/-

53		<i>Onopordum tauricum</i>	-/+
54		<i>Cirsium sintenisii</i>	+/-
55		<i>Carduus nutans</i> subsp. <i>trojanus</i>	+/-
56		<i>Centaurea kotschyi</i>	+/-
57		<i>C. bornmuelleri</i>	+/-
58		<i>Scorzonera suberosa</i> subsp. <i>suberosa</i>	-/+
59		<i>S. eriophora</i>	+/-
60		<i>Taraxacum farinosum</i>	+/-
61		<i>Crepis macropus</i>	+/-
62		<i>Pulicaria dysenterica</i>	-/+
63		<i>Doronicum orientale</i>	-/+
64		<i>Convolvulus phrygius</i>	+/-
65	Convolvulaceae	<i>C. arvensis</i>	-/+
66		<i>C. galaticus</i>	+/-
67	Paeoniaceae	<i>Paeonia peregrina</i>	-/+
68	Berberidaceae	<i>Berberis crataegina</i>	-/+
69	Violaceae	<i>Viola odorata</i>	-/+
70	Campanulaceae	<i>Campanula rapunculus</i> var.	-/+
71	Gentianaceae	<i>Centaurium erythraea</i> subsp. <i>erythraea</i>	-/+
72		<i>Paracaryum ancyritanum</i>	+/-
73		<i>Onosma polioxanthum</i>	+/-
74		<i>O. isauricum</i>	+/-
75		<i>O. tauricum</i> var. <i>brevifolium</i>	+/-
76	Boraginaceae	<i>O. bornmuelleri</i>	+/-
77		<i>O. armenum</i>	+/-
78		<i>Nonea macrosperma</i>	+/-
79		<i>Alkanna orientalis</i> var. <i>orientalis</i>	-/+
80		<i>A. pseudotinctoria</i>	+/-
81		<i>Digitalis lamarckii</i>	+/+
82		<i>D. ferruginea</i> subsp. <i>ferruginea</i>	-/+
83		<i>Verbascum uschakense</i>	+/-
84		<i>V. tossiense</i>	+/-
85	Scrophulariaceae	<i>V. cheiranthifolium</i> var. <i>asperulum</i>	+/-
86		<i>V. deterrentile</i>	+/-
87		<i>Linaria iconia</i>	+/-
88		<i>Veronica multifida</i>	+/-
89		<i>Lathraea squamaria</i>	-/+
90		<i>Ajuga chamaepitys</i>	-/+
91		<i>Teucrium polium</i>	-/+
92		<i>Phlomis nissolii</i>	+/-
93		<i>P. russeliana</i>	+/-
94		<i>Stachys cretica</i> subsp. <i>anatolica</i>	+/-
95		<i>Nepeta caesarea</i>	+/-
96		<i>Origanum sipyleum</i>	+/+
97		<i>Salvia wiedemannii</i>	+/-
98	Lamiaceae	<i>S. yosgadensis</i>	+/-
99		<i>S. dichroantha</i>	+/+
100		<i>S. tchihatcheffii</i>	+/-
101		<i>S. sclarea</i>	-/+
102		<i>S. candidissima</i> subsp. <i>occidentalis</i>	-/+
103		<i>Melissa officinalis</i> subsp. <i>officinalis</i>	-/+
104		<i>Thymus longicaulis</i> subsp. <i>longicaulis</i>	-/+
105		<i>Sideritis gulendamae</i>	+/-
106		<i>Ballota larendena</i>	+/-
107	Thymelaeaceae	<i>Daphne oleoides</i> subsp. <i>oleoides</i>	-/+
108	Plantaginaceae	<i>Plantago scabra</i>	-/+

109	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia bodamae</i>	+/-
110	Urticaceae	<i>Urtica dioica</i>	-/+
111		<i>Asparagus officinalis</i>	-/+
112		<i>Eremurus spectabilis</i>	-/+
113	Liliaceae	<i>Allium phrygium</i>	+/-
114		<i>Ruscus aculeatus</i>	-/+
115		<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>	-/+
116		<i>O. alpigenum</i>	+/-
117	Iridaceae	<i>Gladiolus roviola</i>	+/+
118		<i>Orchis purpurea</i>	-/+
119	Orchidaceae	<i>O. simia</i>	-/+
120		<i>Dactylorhiza romana</i> subsp. <i>romana</i>	-/+
121	Gramineae	<i>Agropyron cristatum</i> subsp. <i>pectinatum</i>	-/+

4. Discussion and Conclusions

Collier et al. (2004) reported that there is a sizeable and growing demand for a number of wild species (non-wood forest products) like rhododendron, holly and ivy with berries; willow with catkins and cotoneaster are listed as potential growth areas. Aforementioned species are also grown in Turkey, but Netherlands' florists have the majority of flower market, even though Turkey's flora is richer than Netherlands in terms of both qualitatively and quantitatively.

Wild foods are typically associated with subsistence living but in developed countries such as Finland they are increasingly recognized for their preventative and curative properties (Collier et al., 2004). *Helianthemum nummularium* subsp. *lycaonicum*, *Gypsophila eriocalyx*, *Digitalis lamarckii*, *Origanum sipyleum*, *Salvia dichroantha* and *Gladiolus roviola* were both endemics and have medicinal properties which are spreading in forests of Eskişehir. Conservation and utilization of endemic species are very important for developing NWFPs around us. NWFPs which were endemic or medicinal must have harvest carefully for the future of populations.

Even though quantitative methods are recommended for future studies, we must keep in mind that quantitative techniques cannot replace the need for careful qualitative description and observations of how people use the plant species and the products (Belem et al., 2007).

For NWFPs, resource management, through enrichment planting and cultivation, and domestication can help overcome some challenges relating to supply, and results in the accumulation of larger quantities of a product (Marshall and

Chandrasekharan, 2009). Conservation biology is a crucial issue for our forests, NWFPs are also another point of view for emergency.

For Uzbekistan, by 2020, the Government plans to increase the forest food production up to 1000-1500 tons per year to meet the population's needs in forest food products (Çiftçi, 2011). Even though we have a very rich presence and potential in terms of non-wood forest products, it is a fact that Turkey's place in forestry and its importance can not be understood sufficiently in past years (Demirci, 2011). In Turkey, it needs to have more attention and information for local people to increase non-wood forest production.

It is necessary to accept that there are many unknown types of non-wood forest products in our country, Turkey, and it is clearly estimated that many of them are very valuable and have unknown importance (Demirci, 2011). With this study, we tried to put forward NWFPs belonging to forests of Eskişehir.

Chupezzi et al. (2009) reported that governments need to sustain the strengthening of current institutional arrangements and the revision of legal instruments governing non-wood forest products' production and marketing by rural people. Since local people do not have enough knowledge about endemic species, the future of species with both endemic and medical characteristics presented with this study, may be endangered.

Between 1990 and 2009, income from non-wood forest products was higher in all years than in round wood in Turkey (Kurt et al., 2011). Annual income from cumin, thyme and laurel accounts for more than 75% of spice exports (Kurt et al., 2011).

Especially, thyme and laurel are NWFPs which are important for trade.

Non-wood forest products may play a remarkable economic role in stabilizing income from forest ownership and are important niches in many rural contexts, especially in disadvantaged areas and in the Mediterranean regions, where forest productivity is lower as far as timber is concerned (Cesaro et al., 1995). Cesaro et al. (1995) introduced non-wood products of Europe and Mediterranean area like berries, honey, chestnut, medicinal herbs etc., but in this study Turkey was represented as using just fodder and resin. There is a lack of knowledge, studies on non-wood products of Turkey's forest must research expeditiously.

Benefits derived from non-wood forest products should not only be evaluated economically (Altunel, 2011). In addition to their healthy use as food and beverages, they are also important from the perspective of culturally perceiving the local people and the area of production (Altunel, 2011; Turner, Cockledge, 2001).

According to Özkan et al. (2011), from ecological perspective, knowing to potential areas being rich in NWFPs is crucial due to evaluation of those areas as non-wood production instead of timber production. From this point of view, determining the current situation of NWFPs is very important for our forests.

References

- Altunel, T.A. (2011). Uses of Non-Timber Forest Products, Samples from the World. 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, P. No: 50-57, 8-10 September, Isparta/Turkey.
- Baytop, T. (1999). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi/Treatment with Plants in Turkey. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Belem, B., Nacoulma, B.M.I., Gbangou, R., Kambou, S., Hansen, H.H., Gausset, Q., Lund, S., Raebild, A., Lompo, D., Ouedraogo, M., Theilade, I., Boussim, I.J. (2007). Use of Non-Wood Forest Products by local people bordering the "Parc National Kaboré Tambi", Burkina Faso. The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies, 6(1), 1-21.
- Cesaro, L., Linddal, M., Pettenella, D. (1995). The Economic Role of Non-Wood Forest Products and Services in Rural Development. *Medit*, 2, 28-34.
- Chupez, T.J., Ndoye, O., Tchata, M., Chikamai, B. (2009). Processing and Marketing of Non-wood Forest Products: Potential Impacts and Challenges in Africa. *Discov. Innov.*, 21, 60-65.
- Çırak, C., Radusiene, J., Çamas, N. (2008). Pseudohypericin and hyperforin in two Turkish *Hypericum* species: Variation among plant parts and phenological stages. *Biochemical Systematics and Ecology*, 36, 377-382.
- Çırak, C., Radusiene, J., Stanius, Z., Çamas, N., Caliskan, O., Odabas, M.S. (2012). Secondary metabolites of *Hypericum orientale* L. growing in Turkey: variation among populations and plant parts. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(4), 1313-1320.
- Çiftçi, M. (2011). Developing and Implementing a National Strategy to Support the Non-Wood Forest Products Sector in Uzbekistan. 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, P. No: 13-17, 8-10 September, Isparta/Turkey.
- Collier, P., Short, I., Dorgan, J. (2004). Markets for Non-Wood Forest Products. COFORD, Dublin.
- Davis, P.H. (1988). Flora of Turkey and East Egean Islands. Edinburgh.
- Demirci, A. (2011). The Problems About the Production Of Non-Wood Forest Products in Turkey and Solution Suggestions. 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, P. No: 18-22, 8-10 September, Isparta/Turkey.
- Elias, P., Boucher, D., Cummings, C., Goodman, L., May-Tobin, C., Mulik, K. (2012). Wood for Good: Solutions For Deforestation-Free Wood Products. UCS Publications, Cambridge.
- FAO (1991). Non-wood products: the way ahead. FAO Forestry paper, 97:34 p.
- Ghanbari, S., Vaezin, S.M.H., Zobeiri, M., Shamekhi, T., Elahiyan, M.R. (2011). Financial Evaluation of Non-Wood Forest Products in Arasbaran Forests: A Case Study on Cornelian Cherry (*Cornus mas*)

- Fruit in the Forests of Kalaleh Village, Kalibar, Iran. 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, P. No: 1-6, 8-10 September, Isparta/Turkey.
- Hegedüs, A. (2007). Utilization and marketing of non-wood forest products. Theses of PhD dissertation, University of West Hungary, Faculty of Forestry, Hungary.
- Kıyan, H.T., Demirci, B., Başer, K.H.C., Demirci, F. (2014). The in vivo evaluation of anti-angiogenic effects of *Hypericum* essential oils using the chorioallantoic membrane assay. *Pharmaceutical Biology*, 52(1), 44–50.
- Kurt, R., Çabuk, Y., Karayılmazlar, S. (2011). Foreign Trade Analysis of Spices and Spices Derivates as Non-Wood Forest Products of Turkey. 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, P. No: 23-31, 8-10 September, Isparta/Turkey.
- Marshall, E., Chandrasekharan, C. (2009). Non-farm income from non-wood forest products. FAO Diversification booklet number 12, Rural Infrastructure and Agro-Industries Division Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ocak, A. (2010). Eskişehir Çatacık Florası I&II/Flora of Eskişehir Çatacık I&II. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Yayınları, Eskişehir.
- Özkan, K., Mert, A., Şentürk, Ö. (2011). Estimation of Potential Distribution of Non-Wood Trading Species Richness using Classification and Regression Tree Technique: A Case Study from the Lakes District, Turkey. 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, P. No: 238-245, 8-10 September, Isparta/Turkey.
- Samba, L.E., Gertrude, A. (2011). Developing Market Place for Non-Wood Forest Products in the North-West Region of Cameroon. 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, P. No: 10-12, 8-10 September, Isparta/Turkey.
- Sizer, N., Bass, S., Mayerset, J. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses: Chapter 8: Wood, Fuelwood, and Non-wood Forest Products. Island Press, London.
- Stojanovic, G., Dordevic, A., Smelcerovic, A. (2013). Do Other *Hypericum* Species Have Medical Potential As St. John's Wort (*Hypericum perforatum*)? *Current Medicinal Chemistry*, 20, 2273-2295.
- Turner, N.J., Cocksedge, W. (2001). Aboriginal Use of Non-Timber Forest Products in Northwestern America: Applications and Issues, Non-Timber Forest Products. Haworth Press, NewYork, pp 31-57.
- Yücel, E. (2007). Türkiye'de Yetişen Tıbbi Bitkiler/Medicinal Plants Grown in Turkey. Eskişehir.

Different Mathematical Models for Entropy in Information Theory

F. Bulut^{1*}

Abstract: Entropy is a metric that measures statically irregularity and randomness in a given certain dataset. The calculated entropy value has a positive real number starting from 0. The entropy value is also directly proportional to the increase of the irregularity in the dataset. In numerous fields including statistics, mathematics, and information theory it has been used widely with an aggregated formula of sigma symbol, logarithm and probability in mathematics. In this study, from different perspectives some new formulas and inferences are proposed that gives the same entropy result. The same entropi results, on the experiments, have been taken over the UCI benchmark datasets.

Keywords: Entropy, Information theory, Mathematical model

Bilgi Kuramındaki Entropi Kavramıyla İlgili Farklı Matematiksel Modeller

Özet: Entropi, belirli bir veri kümesindeki düzensizliği ve dağınıklığı ölçen bir istatistiksel metriktir. Hesaplanan entropi değeri 0'dan başlayan pozitif bir reel değere sahiptir. Veri kümesindeki düzensizliğin artması ile doğru orantılı olarak entropi değeri de artmaktadır. İstatistik, matematik ve bilgi kuramı dâhil birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılan entropi formülünde matematikteki toplam sembolü, logaritma ve olasılık hesaplamaları vardır. Bu çalışmada entropi formülüne farklı açılardan bakarak aynı sonucu veren yeni formüller ve çıkarımlar ile farklı matematiksel modeller türetilmiştir. UCI veri setleri üzerinde yapılan deneysel uygulamalarda da aynı entropi değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Entropi, Bilgi kuramı, Matematiksel model

1. Giriş

Entropi termodinamik disiplinde, ısı kaynağının belirli bir sıcaklığında, ısı kaynağı ile yapılan ısı alışverişi olarak tanımlanmaktadır. Bilgi kuramında ise kabaca bir sistemindeki kesinsizliğin sayısal değeridir. Bilgi teorisi açısından bakıldığında, entropi durumu işlevi basitçe sistemin tam mikro durumunu belirtmek için gerekli olan bilgi miktarıdır. Bilgi teorisinde entropi, bilgi miktarının ölçüsüdür (Balian, 2004).

Bilgi teorisi olarak da isimlendirilen bilgi kuramı, verinin ya da bilginin niceliğeleştirilmesi (sayısallaştırılması) ile ilgili uygulamalı bilgisayar mühendisliği dalıdır. Bilgi kuramı ilk olarak 1948'da Claude E. Shannon tarafından güvenli

şekilde verinin bilgisayar ortamında depolanması, sıkıştırılması ve bilgisayarlar arası iletilmesi gibi aşamalarda sinyal işleme işlemlerinin kısıtlamalarını bulmak için geliştirilmiştir (Shannon, 1949). Bilgi kuramı, istatistik (Salkind, 2016), ekonomi (Rosser, 2016), matematik (Dehmer, 2016), bilgisayar bilimi (Anderson, 2008), ekoloji (Özkan, 2016), doğa bilimi (Özkan, 2017), fizik (Toggerson, 2017) ve elektrik-elektronik mühendisliği (Zhou, 2006) gibi bilim dallarında sıklıkla kullanılır. Bilgisayar ortamında verinin işlenmesi ve depolanması gibi işlemlerde entropi değeri önemli bir araçtır. Entropi, bir rastgele değişkenin değerini tahmin ederken belirsizliği sayısallaştırır. Örneğin, bir bozuk para ile oynanan yazı tura oyununda sonuç eşit olasılıklı ya yazı ya da turadır. Fakat zar atma oyununda ise

¹İstanbul Rumeli Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, 34570, İstanbul, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): faruk.bulut@rumeli.edu.tr

Citation (Atıf): Bulut, F. (2017). Bilgi Kuramındaki Entropi Kavramıyla İlgili Farklı Matematiksel Modeller. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 167-174.

eşit olasılıklı altı sonuç vardır. Bu nedenle yazı tura oyunu zar atmaya göre daha düşük entropiye sahiptir.

Bilgi teorisinin temel uygulamaları ile ilgili örnek verilecek olursa kayıpsız veri sıkıştırma (RAR dosyaları), kayıplı veri sıkıştırma (JPEG ve MP3 dosyaları) gösterilebilir (Bulut, 2016a). Ayrıca Yapay Öğrenme alanındaki sınıflandırma işlemlerinde kullanılan Karar Ağaçlarının oluşturulmasında entropi kavramı kullanılmaktadır (Mu vd., 2017).

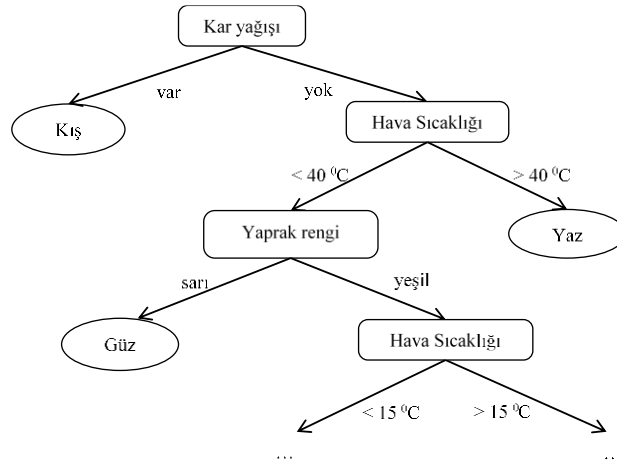
Bilimsel çalışmalarda kullanılan Entropi (belirsizlik), veri kümesi içerisinde bulunan öğelerin düzensizliğini reel sayılarla ifade eden bir ölçü birimidir. Negatif bir sayı ile ifade edilemeyen entropi, sıfır ile başlayan bir değere sahiptir ve sayı değeri arttıkça, sistemdeki düzensizliği o kadar fazla olduğunu gösterir. Eğer bir veri kümesi tam düzenli bir dağılıma sahip ise

entropi değeri de sıfır olabilir. Farklı entropi formülleri bulunsa da bilgi kuramındaki Shannon Entropi yasası rassal değişken olarak genelde Formül 1 ile ifade edilir:

$$E = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

Claude E. Shannon tarafından tanımlan 1 numaralı formülde P_i veri kümesindeki i . veri sınıfının tüm sınıf içerisindeki bulunma olasılığını ifade etmektedir (Gray, 1990).

Entropi, bilgisayar bilim dalında daha çok veri analizi, veri madenciliği, makine öğrenmesi ve sınıflandırma, yapay tahmin mekanizmalarında kullanılmaktadır.



Şekil 1. Örnek Karar Ağacı

Özellikle bir veri setinde veri gruplarının bilgi kazancını (*Information Gain*) hesaplanmasında entropi kullanılmaktadır (Srinivas ve Kumar, 2013).

Bilgi kazancı, karar ağaçlarının oluşturulmasında kullanılan nemli bir kriterdir. Veri seti içerisinde karara en çok etki eden özneliğin sayısal değerini bulmak için kullanılır. Örneğin yapay bir karar destek sistemi, tabiat olaylarına bakarak hangi mevsimde bulunulduğunu tespit etmek istesin. Yağmur, kar, fırtına, ağaçtaki yaprakların rengi, çiçeklerin açıp açmadığı, hava sıcaklığı, nem ve basınç gibi bir dizi öznelik ve bu özneliklerin

farklı mevsimlerde alabilecekleri değerler bir veri kümesinde aktarılın. Karar destek sistemi yani karar ağacı da bu veri kümesi ile de eğitilsin. Bilindiği üzere kar sadece kış aylarında yağar, başka mevsimlerde yağışı görülmez. Bu sebepten dolayı eğer havada kar yağışı var ise mevsim mutlaka kıştır denilebilir. Veri setinde bulunan sayısal bilgilere bakarak “kar yağışı” özneliğinin bilgi kazancı mutlaka çok yüksek çıkacak ve karar ağacının inşa edilmesinde ilk ölçüt kar yağışı olarak hesaplanacaktır.

Karar ağaçları, yapay karar destek sistemleri içerisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Karar ağacı

sınıflandırıcısında, Şekil 2’de görüldüğü üzere ters bir ağaç yapısı kurulur. Gövdeden yani ana düğümden yapraklara doğru giden düğümler üzerinde karşılaştırmalar ve yapraklar üzerinde de hesaplanan sınıf türleri yer almaktadır. Ağacın inşa edilmesi sırasında, her bir özneliğin bilgi kazancı değerine bakılarak bölütleme işlemi yapılır. Özyinelemeli (*recursion*) olarak önemini yitirene kadar bu işlem sürekli olarak tekrar eder (Bulut, 2016b). Özyineleme, öztekrarlı olarak da ifade edilebilir ve bilgisayar biliminde ilgili fonksiyonun ve sistemin kendini gerekli parametrelerle tekrar etmesi anlamına gelmektedir. Şekil 1’de de görüldüğü üzere örnek bir karar ağacı yapısı verilmektedir.

Bilgi kazancının hesaplanması, entropi değerinin çarpmaya göre tersi alınarak yapılır. Ayrıca yapay karar destek sistemlerinde karar ağaçları (*Decision Tree*) algoritması en yaygın kullanım alanına sahiptir (Tosun, 2015). Özyinelemeli diğer bir deyişle öztekrarlı bir şekilde oluşturulan bu ağaç yapısında ağacın düğümlerinde bulunan sorguların seviyesini belirlemede de entropi kullanılmaktadır.

Ayrıca görüntü işleme alanında kullanılan video özetleme (*video summarization*) (Cernekova vd., 2006) ve bilgisayar ağları ile ilgili veri transferi ile topoloji belirleme (El Gamal ve Kim, 2011) gibi alanlarda da entropi ölçütü kullanılmaktadır. David R. Anderson isimli bir araştırmacı, Information Theory and Entropy isimli kitap çalışmasında entropinin yaygın kullanım alanlarını sıralamış ve detaylı bir inceleme yapmıştır (Anderson, 2008).

Açıklandığı üzere Shannon entropisi, bilgi teorisinde ve termodinamiğin uygulamalarını bulan geniş ve genel bir kavramdır. Bilgisayar ortamında saklanan veya iletilen bir mesajdaki verinin miktarını ve karmaşıklığını incelemek üzere tasarlanmıştır.

İletilen veya kaydedilen verilerdeki bu olasılıklar, verideki ortalama bilgi miktarının bir ölçütüdür. Her ne kadar bu olasılıklar farklı da olsa Shannon entropisi verideki “bit” karmaşasını incelemek için kullanılır. Bit, bilgisayar ortamındaki en küçük bilgi birimidir ve sadece 1-0 ile ifade edilebilir. ASCII kodlamasında bir karakter 8 bit ile ifade edilir. Doğal olarak 1 ve 0’lardan oluşan 8 basamaklı kaç farklı dizilim gerçekleştirilir ya da kaç farklı karakter kodlanabilir sorusunun cevabı $2^8=256$ olacaktır (Çakır, 2015).

Shannon Entropi hesaplamasına bir örnek olarak şöyle bir senaryo verebiliriz. Bilgisayarlar arası mesajlaşma işlemi iki kişiden biri diğerine bir mesaj göndersin. Gönderilen mesaj içerisinde farklı bulunma olasılıklarında sadece {a,b,c,d,e} harfleri bulunsun. Bu durumda mesajların 0 ve 1’leri ile en az bit kullanarak kodlanabilmesi için entropi hesaplamasına ihtiyaç vardır. Harflerin eşit bulunma olasılığında olduğu varsayıldığında,

$$\text{Bit sayısı} = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

$$\text{Bit sayısı} = - \sum_{i=1}^5 \frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5}$$

$$\text{Bit sayısı} \cong 2.323$$

P_i her bir karakterin metin içerisindeki olasılığıdır. Çıkan 2.323 değeri bir üst tam sayıya yuvarlandığında 3 değeri elde edilir. Demek ki sadece 3 bit ile elde bulunan harfler kodlanabilecektir. Zaten 3 bit ile ($2^3 = 8$ olacağı için) en fazla 8 karakter kodlanabilmektedir. Harflerin metin içerisinde bulunma olasılıkları eşit olmayıp farklı olması durumunda ise daha farklı sonuçlar elde edilebilir. Örneğin harflerin bulunma olasılıkları {0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.8} şeklinde olduğunda entropi sonucu yaklaşık olarak 1.12 çıkar. Bu durumda kullanılacak en az bit sayısı 2 olarak hesaplanır fakat bu işlemlerde en kötü senaryo ele alındığı için kodlama için gerekli olan bit sayısı eşit dağılımlı durumlarda hesaplanabilmektedir.

Harflerin bitler ile kodlanması ile ilgili örnek diziliş Çizelge 1’de verilmiştir. Bir metin içerisinde bulunan N adet farklı karakter için en az ne kadar bit’e ihtiyaç duyulduğu bilgi kuramındaki entropi formülü ile hesaplanır. Görüldüğü üzere 8 bit ASCII ile kodlanması gereken her bir karakter 3’er bit ile kodlanarak büyük bir tasarruf sağlanmıştır.

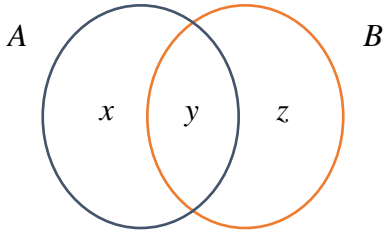
Çizelge 1. Bit kodlama

Karakter	Bit Kodlama
a	000
b	001
c	010
d	011
e	100

Makale toplam beş ana bölümden oluşmaktadır. Takip eden ikinci bölümünde entropinin detaylı açıklamasına ve önerilen yönteme, üçüncü bölümde elde edilen çıkarımlara ve son bölümdeki değerlendirmelerden önce veri setleri üzerindeki deneysel uygulamalara yer verilmiştir.

2. Yöntem

Çalışmada kullanılan logaritma, toplam (sigma) sembolü ve olasılıkla ilgili bazı konuların kısa tanımlarını açıklamak uygun olacaktır.



Şekil 2. İki veri kümesi ve dağılım sayıları

Şekil 2’de kesişimli iki farklı küme verilmiştir. A kümesi içerisinde olan elemanlar x ve y ile; B içerisinde olan elemanlar y ve z ile gösterilsin. x , y ve z burada birer eleman olmayıp küme elemanlarının sayısını göstermektedir. y ise $A \cap B$ içerisinde bulunan elemanları temsil etsin. Bu durumda B kümesi içerisinde A ’nın olma olasılığını araştırmaktadır. P yani olasılık (Probability) Formül 2 ile hesaplanır.

$$P(A|B) = \frac{y}{y+z} \quad (2)$$

$a_r + a_{r+1} + a_{r+2} + \dots + a_n$ toplamını bulan Toplam Sembolü ise Formül 3 ile hesaplanır.

$$\sum_{k=r}^n a_k = a_r + a_{r+1} + a_{r+2} + \dots + a_n \quad (3)$$

Bu gösterimde kullanılan \sum harfine toplam sembolü denir. a ’nın r ’den başlayıp n ’e kadar olan toplamını toplam sembolü sayesinde kısa yolla hesaplanabilir.

Logaritma ise $x=a^y$ şeklinde yazılan bir ifadeyi $\log_a^x=y$ şeklinde yazma amacıyla kullanılır.

Entropi’yi E ile gösterirsek N elemanlı bir küme

içerisindeki belirsizlik 4 numaralı formül ile hesaplanır.

$$E = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i \quad (4)$$

$$= -P_1 \log_2 P_1 - P_2 \log_2 P_2 - \dots - P_N \log_2 P_N$$

P_i burada A kümesi içerisinde bulunan i . elemanın daha doğrusu çeşidin bulunma ihtimalidir.

Örneğin bir torbada bulunan 4 bilye özdeş ve mavi renkli ise bu kümenin entropisi yani düzensizliği hesaplanmak istenirse:

Eleman sayısı $N = 4$ ve $P(\text{mavi}|A) = \frac{4}{4} = 1$ olsun. Burada $P(\text{mavi}|A) = P(\text{Mavi})$ olarak da yazılabilir. İki gösterim şekli de aynı anlama gelmektedir.

$$E = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

$$E = - \left(\frac{4}{4} \log_2 \frac{4}{4} \right)$$

$$E = 0$$

Entropi’nin 0 çıkması düzensizliğin olmadığını göstermektedir. Diğer bir taraftan bir torbada bulunan mavi ve sarı renklerdeki ikişer bilyenin oluşturduğu bu kümenin $S(A) = N = 2$ ve $P(\text{mavi}) = P(\text{sarı}) = \frac{1}{2}$ şeklinde olsun.

Düzensizlik hesaplaması:

$$E = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

$$E = - \left(\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} \right) - \left(\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} \right)$$

$$E = 1$$

E ’nin 1 çıkması yani 0’dan uzaklaşması entropinin düzensiz olduğunu gösterir. Bu örnek 10 mavi ve 10 sarı ile de yapılsa aynı sonuç bulunur. Buna göre çeşit ve oranların eşit olduğu durumlarda entropiler de eşit çıkmaktadır.

Farklı bir senaryoda bir torbada bulunan 4 bilye $A = \{\text{sarı, sarı, mavi, kırmızı}\}$ ve $S(A)=N = 4$, $P(\text{sarı}) = \frac{2}{4}$, $P(\text{mavi}) = P(\text{kırmızı}) = \frac{1}{4}$ şeklinde olsun. Bu durumda hesaplama şu şekilde olacaktır:

$$E = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

$$= -\frac{2}{4} \log_2 \frac{2}{4} - \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4}$$

$$- \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} = -\left(-\frac{1}{2} - \frac{2}{4} - \frac{2}{4}\right)$$

$$= 1,5$$

Örnekte de görüldüğü gibi çeşit sayısının artmasıyla doğru orantılı olarak entropi 0'dan uzaklaşmıştır diğer bir deyişle dağınıklık artmıştır.

3. Entropi Formülünden Elde Edilen Çıkarımlar

Entropi formülünü kullanarak dağınıklık hesaplamalarına farklı perspektiflerden bakarak farklı çıkarımlar yapılmak istensin.

3.1. Birinci çıkarım

$$E = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

$$E = -P_1 \log_2 P_1 - P_2 \log_2 P_2 - \dots - P_N \log_2 P_N$$

$$E = -\log_2 P_1^{P_1} - \log_2 P_2^{P_2} - \dots - \log_2 P_N^{P_N}$$

$$E = -(\log_2 P_1^{P_1} + \log_2 P_2^{P_2} + \dots + \log_2 P_N^{P_N})$$

$$E = -(\log_2 P_1^{P_1} \cdot P_2^{P_2} \dots P_N^{P_N})$$

$$E = -\left(\log_2 \prod_{i=1}^N P_i^{P_i}\right)$$

$$E_1 = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

$$= -\left(\log_2 \prod_{i=1}^N P_i^{P_i}\right) \quad (5)$$

Toplam sembolünü içeren entropi formülü Formül 5'de görüldüğü üzere \prod sembolüyle de hesaplanabilmektedir. Logaritmanın açılımından

faidalanarak toplam sembollü bir formül çarpım sembollü bir formüle dönüştürülmüş oldu.

3.2. İkinci çıkarım

$$E_1 = -\left(\log_2 \prod_{i=1}^N P_i^{P_i}\right) \quad (6)$$

2'nin negatif entropi kuvveti görüldüğü üzere tüm olasılıkların kendi kuvvetlerinin birbirleriyle çarpımına eşit çıkmaktadır. Bu durumda 7 numaralı formül elde edilmiş olur.

$$2^{-E_2} = \prod_{i=1}^N P_i^{P_i} \quad (7)$$

Sigma sembolü ile ifade edilen düzensizlik ölçütü tamamıyla pi sembolü ile ifade edilebilmiştir.

3.3. Üçüncü çıkarım

8 numaralı formüle ulaşabilmek öncesinde bir takım işlemler yapılmıştır.

$$E = -\left(\log_2 \left(\frac{x_1}{N}\right)^{\frac{x_1}{N}} \cdot \left(\frac{x_2}{N}\right)^{\frac{x_2}{N}} \dots \dots \left(\frac{x_n}{N}\right)^{\frac{x_n}{N}}\right)$$

$$E = -\log_2 \left(\frac{1}{N} \cdot X_1^{\frac{x_1}{N}} \cdot \frac{1}{N} \cdot X_2^{\frac{x_2}{N}} \dots \frac{1}{N} \cdot X^{\frac{x_n}{N}}\right)$$

$$E = -\log_2 \left(\left(\frac{1}{N}\right)^{\frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{N}} \cdot \prod_{i=1}^N x_i^{P_i}\right)$$

Elde edilen çıkarım 8 numaralı formülde görüldüğü gibidir.

$$E_3 = -\log_2 \left(N^{-ort} \cdot \prod_{i=1}^N x_i^{P_i}\right) \quad (8)$$

Üç farklı çıkarım da görüldüğü üzere klasik entropi formülü ile elde edilmiştir. Toplam sembolü içeren klasik formülden çarpım sembolü içeren formüller türetilmiştir.

3.4. Basit örnek senaryo

Bir örneği üç adet entropi formülü ile açıklayarak aynı sonucu elde edip edilemeyeceği kontrol

edilmek istensin. 2 elemanlı kümemizde bir mavi ve sarı bilyenin olduğu düşünölsün. Bu durumda herhangi bir rengin seçilme ihtimalinin entropisi hesaplanmak istensin.

Bu durumda ilk önce klasik entropi formölüyle hesaplama yapmak gerekir.

$$N = 2 \text{ ve } P(\text{Mavi}) = P(\text{Sarı}) = \frac{1}{2}$$

$$E = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

$$E = - \left(\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} \right) - \left(\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} \right)$$

$$E = 1$$

1. Çıkarıma göre:

$$E_1 = - \left(\log_2 \prod_{i=1}^N P_i^{P_i} \right) = - \left(\log_2 \prod_{i=1}^2 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right) = 1$$

2. Çıkarıma göre:

$$\prod_{i=1}^N P_i^{P_i} = 2^{-E_2}$$

$$\prod_{i=1}^2 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} = 2^{-E_2}$$

$$2^{-E_2} = \frac{1}{2} \text{ ve}$$

$$E_2 = 1 \text{ dir.}$$

3. Çıkarıma göre:

$$E_3 = - \log_2 \left(N^{-\text{ort}} \cdot \prod_{i=1}^N x_i^{P_i} \right)$$

$$E_3 = - \log_2 \left(2^{-1} \cdot \prod_{i=1}^2 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$E_3 = 1$$

Göröldüğü üzere elde edilen çıkarımlar aynı senaryo üzerinde kullanılmış ve yine aynı sonuçlar elde edilmiştir.

4. Deneysel Uygulama

California Üniversitesi, veri madenciliği ve makine öğrenmesi algoritmalarının uygulanabileceği ve istatistik alanındaki yeni teorilerin test edilebileceği ortak kullanıma açık UCI veri setleri adında bir veri ambarını kullanıma açmıştır (Lichman, 2018). UCI veri setleri gerçek hayattan alınan birçok türdeki verilerle oluşturulmuştur. Veri setlerindeki sınıf türleri genel olarak dengeli bir dağılıma sahiptir.

Deneysel çalışmalar için yüzlerce veri seti içerisinden birbirinden farklı istatistiksel dağılımlara sahip 10 adet veri seti seçilmiştir. *autos*, *balance-scale*, *coll0*, *diabetes*, *glass*, *primary-tumor*, *segment*, *splice*, *vehicle* ve *vowel* veri setleri içerisinde bulunan toplam örnek sayısı, sınıf tür sayısı ve her bir sınıf türü içerisinde bulunan örnek sayısı Çizelge 2'de verilmektedir. Her bir sınıf türünün örnekleri toplamı, $\sum_{i=1}^N n_i$ şeklinde ifade edilerek toplam örnek sayısı verilmektedir.

Çizelge 2. UCI Veri setlerindeki örnek sayıları ve her bir sınıf türünün eleman sayıları

Veri seti	N Örnek Sayısı	Sınıf Etiketli Sayısı	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9	n_{10}	n_{11}
<i>autos</i>	202	5	22	67	54	32	27						
<i>balance-scale</i>	625	3	288	49	288								
<i>col10</i>	2019	10	603	112	87	140	244	314	294	76	50	99	
<i>diabetes</i>	768	2	500	268									
<i>glass</i>	205	5	70	76	17	13	29						
<i>primary-tumor</i>	302	11	84	20	14	39	14	28	16	24	10	29	24
<i>segment</i>	2310	7	330	330	330	330	330	330	330				
<i>splice</i>	3190	3	767	768	1655								
<i>vehicle</i>	846	4	212	217	218	199							
<i>vowel</i>	990	11	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Çizelge 3. Entropi sonuçları

Veri seti	E, E_1, E_2 ve E_3 formüllerine göre elde edilen entropi değerleri
<i>autos</i>	2.194442
<i>balance-scale</i>	1.318116
<i>col10</i>	2.9289
<i>diabetes</i>	0.933134
<i>glass</i>	2.0094
<i>primary-tumor</i>	3.175773
<i>segment</i>	2.807355
<i>splice</i>	1.48017
<i>vehicle</i>	1.999067
<i>vowel</i>	3.459432

Orijinal entropi formülü E ve türetilen entropi formülleri E_1, E_2 ve E_3 formüllerine göre elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de görülmektedir. Her birinde hesaplanan E değerinin, E_1, E_2 ve E_3 için de aynı olduğu tespit edilmiştir.

5. Tartışma ve Sonuçlar

Rastgeleliği, belirsizliği ve beklenmeyen durumun ortaya çıkma olasılığını gösteren entropi üzerine farklı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu makalede belirli bir veri kümesi üzerinde düzensizliği bulma işlemi yani entropi hesaplaması farklı matematiksel modellerle yapılmış ve aynı sonuçlar

elde edilmiştir. Entropi formülüne farklı bir açıdan bakan bu çalışmada türetilen yeni formüller ile aynı senaryo üzerinde ve değişik veri setleri üzerinde yapılan hesaplamalarda aynı sonuçlar elde edilmiştir. Logaritmanın açılımındaki özellikten dolayı toplam sembolü ile hesaplanan entropi, çarpım sembolü de kullanılarak farklı şekillerde hesaplanabileceği gösterilmiştir.

Kaynaklar

- Anderson, D. R. (2008). Information Theory and Entropy (pp. 51-82). Springer, ISBN-13: 978-1441979698, New York.
- Balian, R. (2004). Entropy, a protean concept. In Poincaré Seminar 2003 (pp. 119-144). Birkhäuser Basel.
- Bulut, F. (2016a). Huffman Algoritmasıyla Kayıpsız Hızlı Metin Sıkıştırma. El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 3(2), 287-296.
- Bulut, F. (2016b). AdaBoost ile Kalp Krizi Risk Tespiti, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergi, 12(3), 459-472.
- Cernekova, Z., Pitas, I., Nikou, C. (2006). Information theory-based shot cut/fade detection and video summarization. IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, 16(1), 82-91.
- Çakır, S. (2015). Bütünleşik Bulanık Shannon Entropi-Bulanık Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Teknoloji Firmalarında

- Etkinlik Ölçümü. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi.
- Dehmer, M., Emmert-Streib, F., Chen, Z., Li, X., Shi, Y. (Eds.). (2016). *Mathematical Foundations and Applications of Graph Entropy* (Vol. 6). John Wiley & Sons.
- El Gamal, A., Kim, Y. H. (2011). *Network information theory*. Cambridge University press.
- Gray R. M., (1990). *Entropy and information*. In *Entropy and Information Theory*, Publisher: Springer, (pp. 21-55) New York, ISBN-13: 978-1441979698.
- Lichman, M. (2018). *UCI Machine Learning Repository* [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.
- Mu, Y., Liu, X., Yang, Z., and Liu, X. (2017). A parallel C4.5 decision tree algorithm based on MapReduce. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 29(8).
- Özkan, K. (2016). Application of Information Theory for an Entropic Gradient of Ecological Sites, *Entropy*, 18(10), 340.
- Özkan, K. (2017). *Doğanın Kuantum Analizi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 102, ISBN: 978-605-9454-08-7, Isparta, 148 s.
- Rosser, J. B. (2016). Entropy and econophysics. *The European Physical Journal Special Topics*, 17(225), 3091-3104.
- Salkind, N. J. (2016). *Statistics for people who (think they) hate statistics*. Sage Publications.
- Shannon, C. E. (1949). *Communication theory of secrecy systems*. *Bell Labs Technical Journal*, 28(4), 656-715.
- Srinivas, D. S., Kumar, M. A. (2013). Attribute and Information Gain Based Feature Selection Technique For Cluster Ensemble: Hybrid Majority Voting Based Variable Importance Measure. *IJITR*, 1(6), 607-610.
- Toggerson, B., Nguyen, D. (2017). *Physics 131: Forces, Energy and Entropy*, Publisher: University of Massachusetts Amherst Libraries, Amherst, Massachusetts.
- Tosun, S. (2015). *Sınıflandırmada yapay sinir ağları ve karar ağaçları karşılaştırması: Öğrenci başarıları üzerine bir uygulama* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü), İTÜ.
- Zhou, F., Maxisch, T., Ceder, G. (2006). Configurational electronic entropy and the phase diagram of mixed-valence oxides: the case of Li_xFePO_4 . *Physical review letters*, 97(15), 155704.

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, Times New Roman yazı tipinde, 10 punto olarak ve düz metin şeklinde yazılmalıdır. Makaleye sayfa ve satır numaraları eklenmelidir.

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri bulunmalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet 500 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. Araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

Ana metin: Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfa geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

Dipnotlar: Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında yer almalıdır.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) göre olmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Özkan vd., 2008; Özdemir, 2015). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayının yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalı ve ilgili yere eklenmelidir. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller hem elektronik ortamda hem de kağıt baskıda net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin bütün hakemlik ve yayıncılık işlemleri elektronik sistem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Dergimize yayın göndermek isteyen yazarların ilk olarak dergimizin "web sitesine" girerek "kayıt" ekranından üye olmaları gerekmektedir. Kayıtlı yazarlarımız sisteme "giriş" yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte ve hakem önerilerini de içeren "Telif Hakkı Devri Formunu" sisteme ek belge olarak yüklemelidirler.

Instructions for authors

Manuscript should be written in A4 page size, with Times New Roman font and 10 pt font size, as plain text. Page and line numbers should be included into the manuscript.

Cover page: Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

Title and abstract (Turkish and English): Abstract should not written exceed 500 words. Explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

Main text: Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

Footnotes: Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be located below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Özkan et al., 2008; Özdemir, 2015). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

Tables and figures: All tables and figures should be numbered in the order of their citation in the text, and they should be located in suitable places. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. Tables and figures should be easily visible and understandable both in print and electronic versions. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution. Characters within the figures should be in Times New Roman font type.

Submission of a manuscript: In our journal, all review and publishing processes are conducted within an electronic system. Authors who want to submit their manuscript to our journal should first visit our "web page" and "register" as an author. Our registered members can "log in" to the system and then upload their manuscript and "COPYRIGHT RELEASE FORM" as an appendix, containing their suggested referees.

Kaynaklar

Kaynak kullanımları aşağıda örneklerde belirtilen şekillerde olmalıdır.

References

Using of references should be in the form as follows.

Article in periodical journals / Periyodik dergilerde makale

- Akyıldırım, O., Gökce, H., Bahçeli, S., Yüksek, H. (2017). Theoretical and Spectroscopic (FT-IR, NMR and UV-Vis.) Characterizations of 3-p-chlorobenzyl-4-(4-carboxybenzylidenamino)-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one Molecule. *Journal of Molecular Structure*, 1127: 114-123.
- Tan, S., Williams, C.T. (2013). An In Situ Spectroscopic Study of Prochiral Reactant–Chiral Modifier Interactions on Palladium Catalyst: Case of Alkenoic Acid and Cinchonidine in Various Solvents. *J. Phys. Chem. C*, 117(35): 18043–18052.

Book / Kitap

- Özkan, K. (2016). *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β , γ) Nasıl Ölçülür?* Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 98, ISBN: 976-9944-452-89-2, Isparta, 142 s.
- Whittaker, E. T. (1988). *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*. Cambridge University Press.

Reference to a chapter in an edited book / Kitapta bölüm

- Westhoff, V., Van Der Maarel, E. (1978). The braun-blanquet approach in classification of plant communities, Reinhold Tüxen (Ed.), *Handbook of Vegetation Science*, Springer Netherlands, pp. 619-704.
- Şencan, A., Sevindir, H.C., Kiliç, M., Karaboyacı, M. (2011). Biosorption of CR+ 6 from Aqueous Solution with Activated Sludge Biosolids (Ref. NO: MT11-OP-475), Gökçekus, H., Türker, U., LaMoreaux, J.W., (Ed, *Survival and Sustainability*, 973-984.

Thesis and dissertation / Tez

- Gülsoy, S. (2011). *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Enler (Anacardiaceae)'in Göller Yöresi'ndeki Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Yetiştirme Ortamı-Meyve Uçucu Yağ İçeriği Etkileşimleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 194 s.
- Özdemir, S. (2015). Ovacık Dağı Yöresi'nde Türk Kekliği (*Origanum onites* L.) ve Büyük Çiçekli Adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) Türlerinin Ekolojik Özellikleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. 74s.

Conference proceedings / Konferans bildirisi

- Özkan, K., Kavgacı, A. 2009. Küresel ısınmanın orta dağlık alanlarda tür çeşitliliği üzerine olası etkileri (Acıpayam yöresi örneği). I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu (Eds: Palta, Ç.), 16-18 Haziran 2009, Konya, Türkiye, 277-284.
- Özkan, K., Negiz, M.G., Şentürk, Ö., Kandemir, H. (2012). Göller Bölgesi'ndeki Bazı Önemli Rekreasyon Alanları ve Onların Ekolojik Özellikleri, I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi 2012, Bildiri Kitabı, 12-15 Nisan, 587-596, Detay Yayıncılık, Kemer-Antalya.

Electronic reference / Elektronik kaynak

- FAO, (2016). *Sustainable Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/sustainability/en/>, Accessed: 14.06.2016.
- Milliparklar, (2017). Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. <http://www.milliparklar.gov.tr/korunanalanlar/kavramlar.htm>, Erişim Tarihi: 18.06.2017.

Bilge International Journal of Science and Technology Research online ve açık erişimli yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Dergi dili İngilizce ve Türkçe'dir. Yılda iki sayı yayınlanan dergide Temel bilimler, Doğa bilimleri, Mühendislik ve Teknoloji bilimleri konularında bilimsel makaleler yayınlanmaktadır. Dergimize gönderilen makalelerin daha önce yayınlanmamış orijinal çalışmalar olması gerekmektedir. Dergide yayımlanacak makalenin atıflarından, bilimsel verilerinden, sonuçlarından ve etik kurallara uygun olup olmadığından yazarlar sorumludur (yazar/yazarlar bu durumu telif hakkı sözleşmesinde kabul eder). Orijinal araştırmaya dayalı çalışmalara öncelik verilmekte, sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergiye gönderilen makale, yayın kurulu tarafından yayına uygunluk açısından incelendikten sonra en az iki hakeme gönderilir. Hakemlerin değerlendirmeleri sonucunda en az iki yayınlanabilir raporu alan makale, dergi yönetiminin uygun görülen bir sayıda yayımlanır. Hakem raporlarının birisinin olumlu, diğerinin olumsuz olması durumunda makale üçüncü bir hakeme gönderilir. Bu durumda makalenin yayımlanıp yayımlanmamasına üçüncü hakemin raporuna göre karar verilir. Hakemler tarafından düzeltme istenen makaleler gerekli düzeltmeler için yazara geri gönderilir. Düzeltilecek metnin belirtilen sürede dergi sistemine yüklenmesi yazarın sorumluluğundadır. Makalenin yayımlanması konusunda son karar, dergi editörlüğüne aittir.

Bilge International Journal of Science and Technology Research is an online, open access, peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. The journal published two issues a year publishes scientific articles on the subjects of Basic Sciences, Natural Sciences, Engineering and Technology. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere. The authors are responsible for the citations of the article to be published, its scientific data, its results, and whether it is in line with ethical rules (Author / authors accept that in the copyright agreement). Research papers will be given priority for publication while only a limited number of review papers are published in a given issue. The articles are sent to at least two reviewers after examined by the editor board in terms of compliance with the publication. As a result of the evaluations of the reviewers, the article which received at least two publishable reports will be published at a suitable number for the management of the journal. If one of the reviewer reports is positive and the other is negative, the article will be sent a third reviewer. In this case, the publication of the article is decided according to the third report. The articles corrected by the referees are returned to the author for necessary corrections. It is the responsibility of the author to upload the revised text to the journal system for the specified period. The final decision on the publication of the article belongs to the editor.