



KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi



E-ISSN
2687-5071

Cilt/Volume 5
Sayı/Issue 2

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ
KARAMANOĞLU MEHMETBEY UNIVERSITY JOURNAL OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

Fen Bilimleri Enstitüsü dergisidir.





KMUJENS

**KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ DERGİSİ**

**KARAMANOGLU MEHMETBEY UNIVERSITY
JOURNAL OF ENGINEERING AND NATURAL
SCIENCES**

**CİLT / VOLUME 5
SAYI / ISSUE 2**

**ARALIK / DECEMBER 2023
KARAMAN**

Dizinler/Indexes

Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), Google Scholar, Asos İndeks, Road, Academindex

İletişim/Contact

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yunus Emre Yerleşkesi 70200 Karaman/Türkiye

Telefon: +90 338 226 2160 Fax: +90 338 226 2150 E-mail: fbeditor@kmu.edu.tr

Web Adresi: <http://dergipark.org.tr/tr/pub/kmujens>

Karamanoğlu Mehmetbey University Science and Technology Institute Yunus Emre Campus 70200 Karaman/Turkey

Phone: +90 338 226 2160 Fax: +90 338 226 2150 E-mail: fbeditor@kmu.edu.tr

Web Address: <http://dergipark.org.tr/en/pub/kmujens>

DERGİ SAHİBİ/JOURNAL OWNER

Prof. Dr. Mehmet GAVGALI
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

İMTİYAZ SAHİBİ/HOLDER OF CONCESSION

Murat MAYDA
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

BAŞ EDİTÖR/EDITOR IN CHIEF

Burak SÜRME
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

EDİTÖR YARDIMCILARI/CO-EDITORS

Mehmet ŞAHBAZ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Sezgin ESER
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

İSTATİSTİK EDİTÖRLERİ/STATISTICS EDITORS

Buğrahan EMSEN
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Hasan YILDIRIM
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

ALAN EDİTÖRLERİ/FIELD EDITORS

Ahmet İPEK
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

İbrahim AKTAŞ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Bekir GÜNEY
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Kemal ARMAĞAN
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Ceren BAYRAÇ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Mehmet Ali TEMİZ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Cüneyt CESUR
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Mehmet Cabir AKKOYUNLU
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Elif YAVUZASLANOĞLU
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Mehmet YERLİKAYA
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Fatma Nur ARSLAN
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Mustafa ÜNAL
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Fuat BAŞÇİFTÇİ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Numan Emre GÜMÜŞ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Galip OTURANÇ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Osman TUNCA
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Güliz TOZ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Ömer ÇEÇEN
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Sabire YERLİKAYA
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Yunus Emre FIRAT
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Said Efe DOST
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Yusuf DİLAY
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Selami BALCI
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Yusuf Alparslan ARGUN
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Sümeysra Sultan TİSKE İNAN
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

EDİTÖR KURULU/EDITORIAL BOARD

Ali GHOLAMIFARD
Lorestan University, Iran

Marwa Waseem HALMY
Alexandria University, Egypt

Aykut BOSTANCI
Wake Forest University, U.S.A.

Melek ÖZPİÇAK
Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Arezoo PARAVAR
Shahed University, Iran

Mohsin KHAN
Aligarh Muslim University, India

Fikret SAYGIN
*Sivas University of Science and Technology,
Türkiye*

Muhammad Usman ANWAR
*National University of Sciences and Technology,
Germany*

Furkan Türker SARICAOĞLU
Bursa Technical University, Türkiye

Salih SARICAOĞLU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

Hayrettin SAYGIN
Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Shakir ALI
Aligarh Muslim University, India

Magdalena DOBISZEWSKA
Cracow University of Technology, Poland

TEKNİK EDİTÖRLER/TECHNICAL EDITORS

Yasin UZUN
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Merve GÖRGÜLÜ
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

YAYIN VE MİZANPAJ EDİTÖRLERİ/EDITORIAL AND LAYOUT EDITORS

Sezgin ESER
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

Murat ARI
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

SEKRETARYA/SECRETARIAT

Burak AYIK
Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

- Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Şeker Pancarı Bitkisinin (*Beta vulgaris* L.) Bazı Morfolojik ve Teknolojik Karakterlerinin Hasat Zamanlarına Göre Değişiminin İncelenmesi 85-103
Cüneyt CESUR
- Authenticity Verification of Extra Virgin Olive Oils Harvested in Mut (Mersin) Region by Synchronous Fluorescence Spectroscopy and Chemometrics: Approaches on LDA and HCA Models 104-117
Fatma Nur ARSLAN, İsmail VARLI
- Determination of Free Radical Scavenging and Metal Chelating Activities of Different Extracts of *Galanthus elwesii* Hook.f. 118-130
Burak AYIK, Buğrahan EMSEN, Burak SÜRME
- Yarı Kurak Ekolojik Koşullara Sahip Toprakların Verimlilik Özelliklerine Yönelik Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi; Samsun-Vezirköprü Örneği 131-151
Fikret SAYGIN, Halil AYTÖP, Orhan DENGİZ, Yusuf KOÇ, Ali İMAMOĞLU
- Türkiye'deki Farklı Tahribat Dereceli Su Basar Ormanların Karakter Türleri..... 152-168
Burak SÜRME, Hamdi Güray KUTBAY, Ali İMAMOĞLU
- Görüntü İşleme Tekniklerini Kullanarak Mobil Uygulama Tabanlı Optik Okuyucu Sisteminin Geliştirilmesi 169-190
Sercan TURHAN, Mert BOZKURT, Durmuş Özkan ŞAHİN

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

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

5(2),85-103, (2023) ©KMÜJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmuajens.1315139>



Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Şeker Pancarı Bitkisinin (*Beta Vulgaris L.*) Bazı Morfolojik ve Teknolojik Karakterlerinin Hasat Zamanlarına Göre Değişiminin İncelenmesi

Investigation of Changes in Some Morphological and Technological Characteristics of Sugar Beet Plant (*Beta vulgaris L.*) Grown in Different Locations According to Harvest Time

Cüneyt CESUR

Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

(Alındı: 15 Haziran 2023; Kabul edildi: 04 Eylül 2023)

Özet. Bu araştırma 2014–2015 yıllarında, Orta Anadolu bölgesinde, şeker pancarı bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine genotip–çevre ilişkilerinin etkisinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmada bölgeye uyumlu Turbata çeşidi kullanılmıştır. Nisan ayının ilk günlerinde yapılan ekimlerde lokasyonlar (Şefaatlî ve Sarıkaya) ana parselde, hasat zamanları (15 Eylül, 1 Ekim, 15 Ekim ve 1 Kasım) ise alt parsellerde oluşturulmuştur. Farklı lokasyon ve hasat zamanlarının kök (gövde) boyu, kök (gövde) ağırlığı, kök (gövde) çapı, biyokütle ağırlığı, şeker oranı, kuru madde, usare safiyeti, α amino azot (N), melas oranı, yaprak ağırlığı, kül oranı, pancar verimi özelliklerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen neticelere göre lokasyonlara göre Şefaatlî lokasyonun kök (gövde) ağırlığı (751.7 kg/da), kök (gövde) çapı (11.8 cm) biyokütle ağırlığı (902.8 kg/da), α amino N (0.050), yaprak ağırlığı (287.29 kg/da) ve pancar verimi (644.3 kg/da) özellikleri daha yüksek değerler oluştururken, Sarıkaya lokasyonunda ise kök (gövde) yüksekliği (18.3 cm), şeker oranı (%16.5), kül oranı (%3.134), usare safiyeti (%89.5), şeker oranı ve kuru madde (%19.98) özellikleri daha yüksek değerler oluşturmuştur. Temel bileşen analizine göre PC1 %50.03 olarak gerçekleşirken, PC2 %17.11

olarak gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevre–genotip ilişkisi, hasat zamanı, lokasyon, şeker pancarı

Abstract: This research was conducted in the Central Anatolia region between 2014 and 2015 to examine the effect of genotype-environment relations on yield and yield components of sugar beet plants. A variety (Turbata) compatible with the region was used in the study. Locations (Şefaati and Sarıkaya) in the plantings made in the first days of April were created in the main plot, and the harvest times (September 15, October 1, October 15, and November 1) were created in sub plots. Root (stem) length, root (stem) weight, root (stem) diameter, biomass weight, sugar content, dry matter, usare purity, α amino nitrogen (N), molasses ratio, leaf weight, ash ratio at different locations and harvest times rate, its effect on beet yield characteristics were investigated. According to the results obtained, root (stem) weight (751.7 kg/da), root (stem) diameter (11.8 cm) biomass weight (902.8 kg/da), α amino N (0.050), leaf weight (287.29 kg/da) and beet yield (644.3kg/da) properties create higher values, while in Sarıkaya location, root (stem) height (18.3 cm), sugar content (16.5%), ash content (3.134%), juice purity (89.5), sugar ratio and dry matter (19.98 %) properties formed higher values . According to principal component analysis, PC1 was 50.03%, while PC2 was 17.11%.

Keywords: Environment–genotype relationship, harvest time, location, sugar beet

1. Giriş

Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerine Asya ve Afrika'dan gelen mülteciler, açlık ve yetersiz beslenmenin artık küresel bir tehdit oluşturduğunu göstermektedir. Bu mesele artık sadece Asya ya da Afrika'nın değil bütün gelişmiş dünyanın da meselesidir [24]. Sağlıklı ve huzurlu bir dünya inşası, bu meselenin çözümünden geçer. Bunun içinde öncelikle iyi bir tarımsal üretim gerekmektedir. Tarımsal üretimin temel direği olan iki husus ise çevre ve genetik kaynaklardır [23, 17]. Dünyanın en iyi çeşidi genetik materyal olarak kullanılsa bile eğer tarımın yapıldığı lokasyon uygun bir iklime ve toprak yapısına sahip değilse optimum verime ulaşamaz.

Şeker; fruktoz (meyve şekeri), glikoz, laktoz (süt şekeri), sükroz (çay şekeri) gibi basit yapıdaki karbonhidratlar için kullanılan genel bir isimdir. Bir insanın sağlıklı beslenebilmesi için ihtiyacı olan günlük enerjinin %55-60'ını karbonhidratlardan sağlanması gerekir [2]. Şekerli gıdalar ise günlük enerji ihtiyacımızın karşılanmasında

gerekli olan karbonhidratların içerisinde önemli yere sahiptir [1]. Şekerli bitkiler insan sağlığı için son derece önemli bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra alkol, ilaç, kozmetik, hayvan besleme ve gıda sanayi gibi sektörler için de önemli bitkilerdir. [20, 8, 33, 12]. Bu bitkilerin bazı katma değerli kısımlarının biyoenerji kaynağı olarak da kullanıldığı bilinmektedir [21, 9]. Şeker dünyada pek çok üründen elde edilebilmesine rağmen yaklaşık %90 oranında şeker kamışı ve şeker pancarından üretilirken, küresel ölçekte üretilen 177.938 milyon ton şekerin %22.40'ı şeker pancarı bitkisinden elde edilmektedir [13, 22].

Ispanakgiller (Chenopodiaceae) familyasına ait olan şeker pancarının, 30° ve 60° kuzey enlemleri arasında, Güney Akdeniz'de 35° N ve 45° N enlemleri arasında, sulanma imkânı olan bazı kurak ve alt-tropik sahalarda tarımı yapılabilir [18]. Tarih boyu halk tıbbında kanser hücrelerinin çoğalmasını önlemede, yüksek tansiyon tedavisinde, kan şekeri düşüklüğü gibi birçok hastalığın tedavisinde kullanılan şeker pancarının [26] şeker üretiminde kullanılması ancak 19.yy'da gerçekleşmiştir [30, 6, 32, 13]. Şeker pancarı bitkisi besin değeri bakımından arpanın 2, buğdayın ise 2.5 katı nispetinde olması hasebiyle insanların temel gıda talebinin karşılanması yanında, hektara yaklaşık 60–70 ton biyokütle üretebilmesi yönüyle de istihdama, kırsal kalkınmaya ve tarımsal üretime katkısı bakımından önemli bir endüstri bitkisidir.

Şeker kamışı yetiştiriciliğinin yapılamadığı Türkiye dâhil, kuzey ülkeleri ve hatta şeker kamışı yetiştiriciliğinin yapıldığı yerlerden olan Hindistan, Çin ve A.B.D gibi coğrafyalarda bile şeker pancarından şeker üretimi yapılmaktadır. Dünyada başlıca şeker pancarından şeker üretimi yapan ülkeler A.B.D (4.8 milyon ton), A.B. ülkeleri (13.8 milyon ton), Rusya (6.6 milyon ton) ve Türkiye (2.7 milyon ton)'dir [22]. Türkiye şeker pancarı üretiminde A.B. ülkeleri arasında Fransa ve Almanya'dan sonra 3. sırada bulunmaktadır [7]. Aynı zamanda şeker pancarı Avrupa ülkeleri için iyi bir enerji bitkisidir.

Bütün bitkisel yetiştiricilikte olduğu gibi şeker pancarı yetiştiriciliğinde de bitkinin morfolojik ve teknolojik özellikleri iklim, toprak, yetiştiricilik işlemleri ve rakım değerlerinden önemli ölçüde etkilenirler [19, 11, 29, 14]. Verimli bir şeker pancarı yetiştiriciliği için üretimde kullanılacak olan genetik materyal ile bu özelliklerin en

uygun biçiminin bir araya getirilmesi gerekir (Şekil 1) [31, 15]. Öte yandan genetik, iklim ve lokasyon özelliklerinin oldukça uygun şartlara sahip olduğu bir alanda yapılacak tarımsal faaliyette ekim, bakım ve hasat işlemlerinde çevresel etki göz önünde bulundurulmazsa yine istenen hedefe ulaşılamayacaktır [3, 10].

Şeker pancarı bitkisinin farklı lokasyonlara göre hasat zamanının doğru tespiti verimlilik bakımından önemli hususlardan birisidir [25]. Bu zamanın doğru tespit edilememesi sonucu meydana gelecek olan verim ve kalite kayıpları, uzun ve yorucu bir vejetasyon süresince sarf edilen enerjinin israf olmasına sebep olmaktadır. Bu çalışma ile iki farklı lokasyonda yapılan şekerpancarı ekiminin en uygun hasat zamanının tespit edilerek tarımsal verimliliğin artırılması için bitkinin morfolojik ve teknolojik standartlarının belirlenmesine katkı sağlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Şekerpancarı bitkisi ve kök (gövde) bölgesi.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışmada kullanılan tohum

Araştırmada Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde en çok yetiştirilen çeşitlerden biri olan turbata çeşidi kullanılmıştır. Çeşidin bölgedeki sıfatı “baş pehlivan”dır. Türk şeker enstitüsünün 2011 yılı sonuçlarına göre, hastalıklara karşı son derece dirençli olup kök (gövde) verimi ve şeker oranı çok yüksektir (Tablo 1). Makinalı hasada uygundur.

Tablo 1. Denemede kullanılan şekerpancarı tohumunun bazı özellikleri.

Ortalama şeker oranı	Ortalama kök verimi	Dirençli olduğu hastalıklar
%19.1	90.7 t ha ⁻¹	Rhizomania, külleme

2.2. Deneme sahasının iklim değerleri

Tablo 2. Yozgat iline ait 2014, 2015 ve uzun yıllara ait iklim verileri.

Aylar	Yağış (mm)			Sıcaklık (°C)			Nispi nem (%)		
	2014	2015	Uzun yıllar	2014	2015	Uzun yıllar	2014	2015	Uzun yıllar
Ocak	58,7	54.5	41.9	1.3	-1.2	0.4	75,5	70.4	73.1
Şubat	17.6	69.6	36.6	2.7	0.8	1.8	61,9	76.6	70.7
Mart	116.7	115.2	39.5	5.6	4.7	6.0	63,5	69.9	67.2
Nisan	31.6	28	46.8	11.0	6.1	11.4	53,4	62.1	64.5
Mayıs	121.8	131.8	51.8	13.3	13.5	16.0	60,4	61.8	62.2
Haziran	79.8	95.3	35.2	16.6	16.0	20.1	56,0	73.5	56.8
Temmuz	3.7	7.1	14.4	21.5	19.6	23.5	43,2	57.4	53.6
Ağustos	22.4	5.4	10.7	22.4	21.3	23.3	43,5	56.7	54.2
Eylül	66.6	24.7	18.9	16.6	20.1	18.7	54,4	49.4	56.6
Ekim	72.6	40.6	28.9	10.8	11.8	12.9	69,3	72.1	64.1
Kasım	61.4	21.6	32.1	4.6	6.1	7.0	70,2	63.4	69.5
Aralık	33.8	16.5	43.7	4.5	-1.6	2.6	82,4	81.3	73.3

Kaynak: Yozgat Meteoroloji İl Müdürlüğü.

Denemenin yürütüldüğü 2014 ve 2015 yılları ile uzun yıllar ortalaması iklim değerleri Tablo 2’de görülmektedir. 2015 yılı değerlerine bakıldığında en önemli husus Nisan ayı değerlerindeki ekstrem durumdur. Çünkü 2015 yılındaki değerler uzun yıllar ortalamalarına göre oldukça düşük tespit edilmiştir.

2.3. Deneme yerleri ve özellikleri

Araştırma, Yozgat ili Sarıkaya ve Yerköy ilçelerinde 2014–2015 yıllarında yapılmıştır. Sarıkaya ve Şefaati lokasyonlarının rakımları sırasıyla 1148m ve 865 m’dir. Deneme alanının 0-30 cm derinliğinden alınan toprak numuneleri Sarıkaya Ziraat Odası toprak analiz laboratuvarında analiz ettirilmiştir. Neticeler Tablo 3’te görülmektedir.

Tablo 3. Sarıkaya ve Yerköy deneme alanlarının toprak analizleri.

Özellikler	Metod	1.Lokasyon(Sarıkaya)		2.Lokasyon (Yerköy)	
Bünye(%)	Saturasyon	43.6	Tınlı	51.4	Killi - tınlı
pH(%)	Saturasyon	7.52	Nötr	7.6	Hafif alkali
Tuz(%)	Saturasyon	0.015	Tuzsuz	0.030	Tuzsuz
Kireç(CaCO ₃)	Kalsimetrik	44.61	Çok fazla kireçli	17.8	fazla kireçli
Organik madde (%)	[34]	1.87	Az	1.66	Az
Fosfor(P ₂ O ₅) (kg/da)	Olsen	5.71	Orta	7.4	Orta
Potasyum(K ₂ O)(kg/da)	A.Asetat – A.A.S	51.3	Çok yüksek	44.5	Çok yüksek

Tabloya göre deneme alanları killi tınlı yapıya sahip, hafif alkali, tuz ve organik madde bakımından düşük değerli olup, kireç oranı yüksektir. Besin elementleri açısından P orta seviyede, K ise çok yüksek seviyede olduğu görülmektedir.

2.4. Denemenin kurulması ve yapılan yetiştiricilik işlemleri

Denemeler bölünmüş parsel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak Nisan ayının ilk haftalarında kurulmuştur. Denemelerin parsel boyu 5 m ve eni 8 m'dir. Lokasyonlar ana parseller, hasat zamanları ise alt-alt parsel olarak uygulanmıştır. Tohum yatağının hazırlanmasından sonra pnömatik mibzerle sıra arası 45 cm ve sıra üzeri 20 cm olacak şekilde monogerm tohumluk kullanılarak ekim yapılmıştır. Ekimi yapılan pancar tohumlarının çimlenmesinden sonra vejetasyon süresi boyunca çapalama, seyreltme, yabancı ot kontrolü ve sulama gibi yetiştiricilik işlemleri uygulanmıştır. Dekara 20 kg N ve 10 kg potasyum gübreleri verilmiştir. Hasat uygulamaları 4 farklı tarihte (15 Eylül, 1 Ekim, 15 Ekim, 1 Kasım) yapılmıştır. Yapılan yetiştiricilik işlemleri tarihlerine göre Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. 2015 yılı yetiştiricilik işlemleri.

Uygulama	1.Location (Sarıkaya)	2.Location (Yerköy)
Ön bitki	Buğday	Buğday
Sonbahar toprak işleme	15.10.2014	21.10.2014
İlkbahar toprak işleme	20.03.2015	16.03.2015
Arazi tesviye	24.03.2015	20.03.2015
Taban gübreleme	03.04.2015	22.03.2015
Yabancı ot ilaçlaması	07.04.2015	28.03.2015
Tohum ekimi	10.04.2015	01.04.2015
İntaş sulaması (can suyu)	14.04.2015	08.04.2015
1.çapa, seyreltme, tekleme	10.05.2015	01.05.2015
2.çapa	02.06.2015	22.05.2015
1.gübreleme (Üre)	10.05.2015	01.05.2015
2.gübreleme	02.06.2015	22.05.2015
3.gübreleme (amonyum nitrat)	24.07.2015	10.07.2015
1.sulama	25.06.2015	14.06.2015
2.sulama	11.07.2015	27.06.2015
3.sulama	24.07.2015	10.07.2015
4.sulama	08.08.2015	23.07.2015
5.sulama	25.08.2015	08.08.2015
6.sulama	08.09.2015	22.08.2015
7.sulama	-	06.09.2015
1.hasat	15.09.2015	15.09.2015
2.hasat	01.10.2015	01.01.2015
3.hasat	15.10.2015	15.10.2015
4.hasat	01.11.2015	01.11.2015

Hasat zamanlarına göre sökülme işlemleri elle yapılmış parsellerdeki pancarların ortalama kök (gövde) ağırlıkları, ortalama (baş+yaprak) ağırlığı, kök çapı, kök boyu, kök verimi ve biyokütle gibi bitkisel özellikler 10 adet örnek üzerinden hesaplanırken; şeker oranı,

kuru madde oranı, usare safiyeti, alfa amino azotu, melas oranı kül yüzdesi ve şeker verimi gibi teknolojik özellikleri Sorgun Şeker Fabrikası laboratuvarında, şeker endüstrisinin yaygın uygulamalarına göre, aşağıdaki eşitliklere göre analiz edilmiştir.

Usare safiyeti; örnek usare 20 °C'ye soğutulduktan sonra refraktometre de kuru maddelerine bakılmış ve sonuç 20°C'de Bx olarak değerlendirilmiştir. α – amino azot [16] metoduyla ölçülmüştür. Melas oranı melas şekeri formülü (1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M = P_m / (S_m - P_m) \quad (1)$$

Eşitlikte (1) M, melas oranı; P_m, melasta polar şeker oranı; S_m, melasta kuru madde miktarını ifade etmektedir.

Kül yüzdesi 2 numaralı eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Kül (\%)} = (16.1 + 0.38 D) \times 10^4 \times (C_5 - C_{su}) \times f \quad (2)$$

2 numaralı eşitlikteki C₅, şekerli çözeltinin iletkenliği (20°C); C_{su}, suyun iletkenliği; D, şekerli çözeltinin kuru madde konsantrasyonu ve f, seyreltme faktörünü (5/m) ifade etmektedir.

$$D = m \times Bx \quad (3)$$

3 numaralı eşitlikte ise m, 100 ml'deki numune miktarını, Bx ise numunenin refraktometrik kuru maddesini ifade etmektedir.

$$\text{ş.v (kg/da)} = p.v \times \text{ş.o(\%)} / 100 \quad (4)$$

Şeker verimi ise (4) numaralı eşitlikle hesaplanmıştır. Bu eşitlikte ş.v, şeker verimini; p.v, pancar verimini ve ş.o ise şeker oranını ifade eder.

2.5. İstatistiki Değerlendirmeler

2.5.1. Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis)

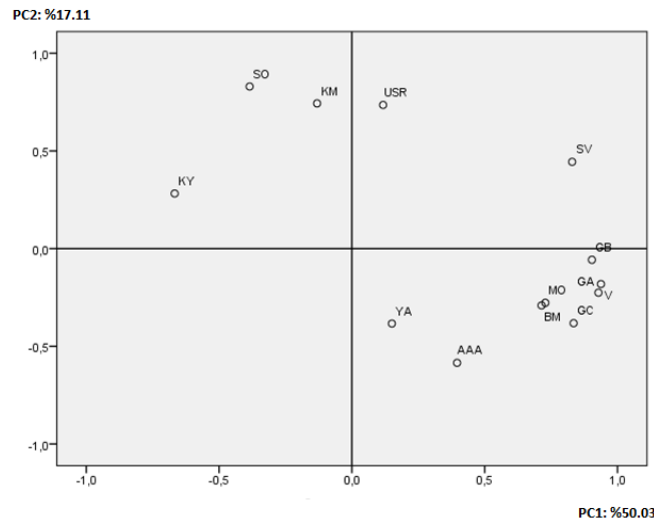
Elde edilen veriler kullanılarak SPSS programı ile dağılım diyagramları oluşturulmuştur. Bunlar daha sonra bir bileşen diyagramı ve dağılım diyagramında ortaya konmaktadır. Hesaplanan her bileşenin sahip olduğu % değeri toplam varyansın belli bir yüzdesini temsil etmektedir.

2.5.2. Verilerin değerlendirilmesi

Denemeye ait veriler SAS (1998) bilgisayar programı ile değerlendirilmiştir. İstatistikî analiz sonucunda önemli farklılık ortaya çıktığında, ortalamaların karşılaştırılması için %5 önemlilik düzeyinde DUNCAN testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

Elde edilen veriler Temel Bileşen Analizi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 2’de verilmiştir. Temel Bileşen Analizine göre toplam varyansın %50.03’ü birinci bileşen tarafından açıklanırken, toplam varyansın %17.11 ikinci bileşen tarafından açıklanmıştır. Hoffman’ın [14] yaptığı temel bileşen analizi yorumuna göre; temel bileşen analiz tablosunda birbirleri ile geniş açı oluşturan (obtuse angle) özelliklerin aralarında negatif ilişki söz konusu iken dar açı (acute angle) oluşturan özellikler arasında olumlu ilişkiler mevcut olmaktadır. Şekil-1’de görülen temel bileşen analizine göre incelenen özelliklerin üç ayrı grup oluşturduğu görülmektedir. Bu gruplamada birbiri ile dar açı oluşturan özellikler kendi aralarında olumlu ilişki içinde iken, geniş açı oluşturan özellikler ise olumsuz ilişkilere sahip oldukları söylenebilir. Kül yüzdesi (KY), Şeker Oranı (SO) ve Kuru Madde (KM) ayrı bir grup oluştururken, bu grup kendi içerisinde olumlu ilişki içinde iken, farklı bir grupta kümelenen USR ve SV ile de olumlu ilişki içinde olduğu görülmektedir. Çalışmada incelenen diğer özelliklerle ise temel bileşen analizinde, geniş açı oluşturmaları sebebiyle, olumsuz bir ilişkiye sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 2. Farklı çevre ve hasat zamanlarına göre şeker pancarının bazı morfolojik ve teknolojik özellikleri üzerine etkisinin temel bileşen analizi (G.B: Gövde boyu, Ş.O: şeker oranı, K.M: kuru madde, Ş.V: şeker verimi, G.A: gövde ağırlığı, USR: usr safiyeti, AAA: α amino N, G.Ç: gövde çapı, M.O: melas oranı, K.Y: kül yüzdesi, B.M: biyo mass, Y.A: yaprak ağırlığı, V: verim).

Çalışmanın varyans analizi Tablo 5'te, iki yıllık ortalama değerler ise Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 5'ten görüleceği üzere bütün verim ve kalite özellikleri üzerine yıllar, en az %5 düzeyinde etkili olduğu görülürken, tekerrürler arasında istatistikî önem çıkmamıştır. Hasat zamanı, hasat zamanı x yıl, lokasyonlar, lokasyon x yıl, hasat zamanı x lokasyon ve hasat zamanı x lokasyon x yıl interaksiyonlarının verim ve kalite özellikleri üzerine istatistiki olarak önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir.

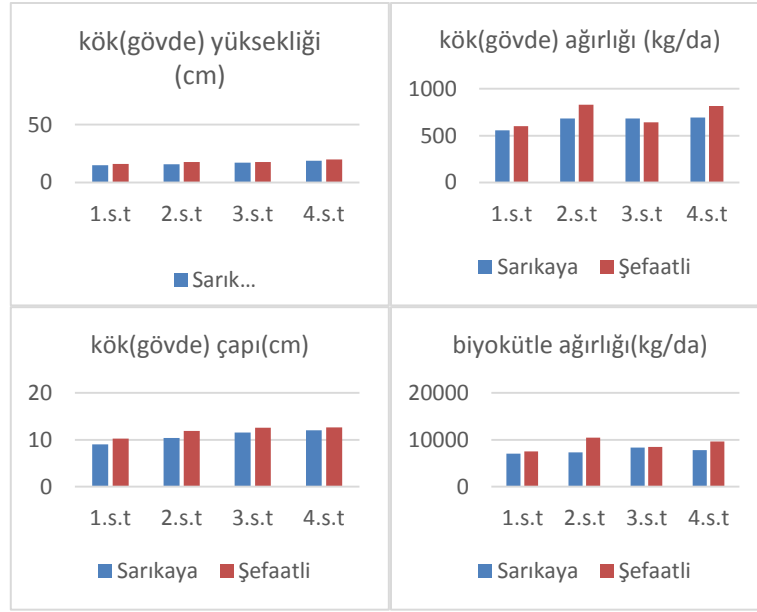
Hasat zamanı x lokasyon x yıl interaksiyonunun şeker oranı ve kuru madde üzerine en az %5 oranında etkili olduğu görülürken; Hasat zamanı x lokasyon interaksiyonunun gövde ağırlığı, biyokütle, kuru madde ve verim özellikleri üzerine %1, Şeker oranı, usare safiyeti ve Şeker verimi özellikleri üzerine %5 düzeyinde etkisi olduğu görülmektedir. Lokasyon x yıl interaksiyonu melas oranı ve yaprak ağırlığı hariç diğer bütün özelliklere en az %5 düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Lokasyonlara göre ise usare, α – amino N ve yaprak ağırlığı özellikleri üzerine etkisi görülmezken diğer özellikler üzerine en az %5 düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Hasat zamanlarının bütün özelliklere önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. Hasat zamanı x yıl interaksiyonunun ise sadece α – amino N ve yaprak ağırlığı üzerine etkisi olmazken, diğer bütün özelliklere en az %5 düzeyinde etkili olduğu varyans analizi tablosundan incelenebilmektedir.

İki yıllık ortalama değerler incelendiğinde (Tablo 6) hasat zamanına göre gövde boyu, gövde ağırlığı, gövde çapı, biyokütle, kuru madde, α – amino N, melas oranı, verim ve şeker verimi bakımından en yüksek değerleri 4. hasat zamanından elde edilmiştir. Usare oranında en yüksek değer, 1. ve 2. hasat zamanından elde edilmişse de 1. ve 2. hasat zamanı ile 4. hasat zamanı istatistiki anlamda aynı grupta yer almıştır. Kül yüzdesinde de en yüksek verim 1. hasat zamanından elde edilmiştir.

Şeker pancarı tarımında dikkate alınacak en önemli özellikler morfolojik bakımdan dekara pancar verimi, teknolojik bakımdan ise dekardan elde edilen şeker verimidir. Ekimi yapılacak çeşidin tercihi bu değerlerin verim ve randımanına göre tercih edileceği

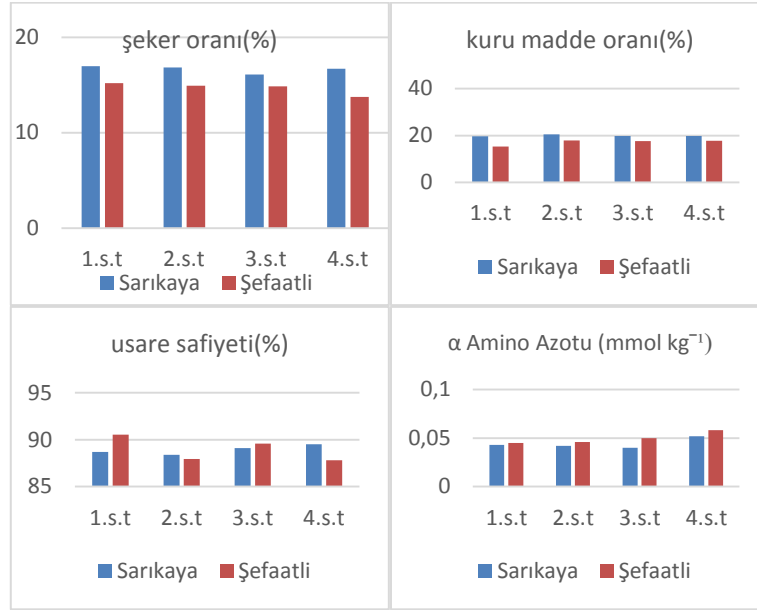
açıktır. Çalışmada elde edilen verilere göre (Tablo 6) pancar verimi bakımından en yüksek değer rakımı düşük olan (Şefaati) ekim yöresinden elde edildiği görülürken, şeker verimi bakımından her iki yörenin verimi de istatistiki olarak aynı grupta yer almasına rağmen en yüksek verimin rakımı yüksek olan Sarıkaya yöresinden (976.90 kg/da) elde edildiği görülmüştür.



Şekil 3. Kök (gövde) yüksekliği, Kök (gövde) ağırlığı, Kök (gövde) çapı ve biyokütle özelliklerinde farklı lokasyon ve hasat zamanlarına göre oluşan ortalama değerler.

Gövde boyu ve gövde çapı en yüksek değerlere 4. hasat zamanında ulaşmış olduğu görülmektedir. Bu hasat zamanında gövde boyu 19.31 cm, gövde çapı ise 12.33 cm olarak tespit edilmiştir. Özellikler lokasyonlara göre farklılık göstermiş ve her iki özellikte de Şefaati lokasyonundan en yüksek değerler kaydedilmiştir (Şekil.3). Gövde ağırlığı (G.A) Sarıkaya (A) lokasyonunda 2., 3. ve 4. hasat zamanlarında aynı grupta çıkarken, dekara en yüksek verim 694.66 (kg/da) ile 4. hasat zamanından elde edilmiştir. Şefaati lokasyonunda ise hasat zamanlarına göre gövde ağırlığı dalgalı seyir izlemiştir. En yüksek değer 830.83 (kg/da) ile 2. hasat zamanından elde edilirken, 3. hasat zamanından 641.00 (kg/da)'a gerilemiş ve tekrar 4. hasat zamanında 817.16 (kg/da)'a yükselmiştir. Biyokütle özelliği de gövde ağırlığına benzer bir değer göstermiştir. Şefaati lokasyonunda 2. hasat zamanından elde edilen biyokütle 10,470.00 (kg/da) olarak tespit edilirken, 3. hasat zamanında bu değer 8,473.50 (kg/da)'a

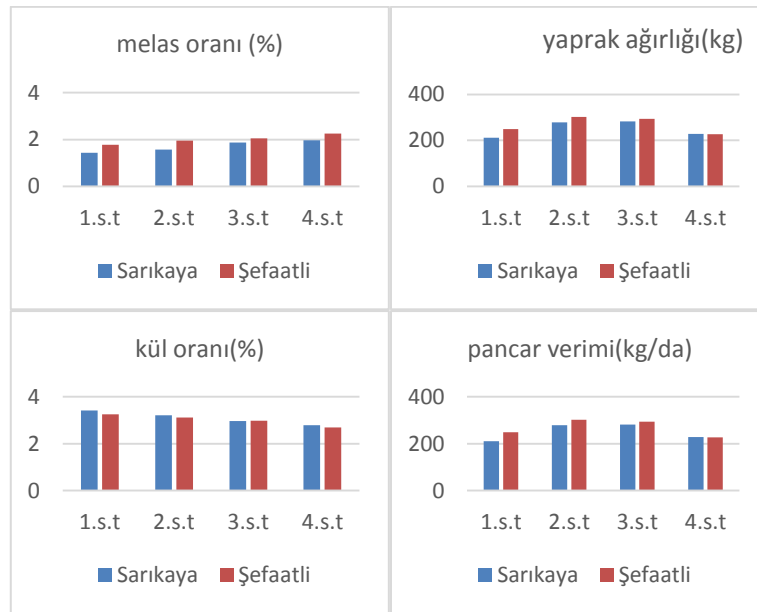
gerilemiş, 4. hasat zamanında ise tekrar 9,661.50 (kg/da)'a yükselmiştir. Lokasyonlara göre yapılan karşılaştırmada ise gövde ağırlığı ve biyokütle ağırlıklarında en yüksek değerler Şefaattli lokasyonundan sırasıyla 751.71 (kg/da) ve 9,028.90 (kg/da) olarak elde edilmiştir. Sarıkaya değerleri ise sırasıyla 626.04 (kg/da) ve 7,623.70 (kg/da) olarak tespit edilmiştir (Tablo 6).



Şekil 4. Şeker oranı, kuru madde, usare safiyeti ve α amino N özelliklerinde farklı lokasyon ve hasat zamanlarına göre oluşan ortalama değerler.

Şeker oranı en yüksek değere 1. ve 2. hasat zamanlarında ulaşmıştır (Şekil 4). Varyans analizine göre 1. ve 2. hasat zamanları aynı grupta yer alsa da en yüksek şeker oranı 1. hasat zamanında %16.08 olmuştur. %15.89 ile 2. hasat zamanı onu takip etmiştir (Tablo 6). Şefaattli lokasyonunda şeker oranı hasat zamanı geciktikçe azalan bir seyir göstermiştir. Sarıkaya lokasyonunda ise 1. 2. ve 3. hasat zamanlarında azalan seyir gösterirken 4. hasat zamanında tekrar yükseliş göstermiştir. Lokasyonlara göre en yüksek şeker oranı %16.65 ile Sarıkaya lokasyonundan elde edilirken, %14.69 ile Şefaattli lokasyonu onu takip etmiştir. Kuru madde oranı ise en yüksek 2. hasat zamanında %19.19 olarak gerçekleşirken, en düşük değer %17.46 ile 1. hasat zamanından elde edilmiştir. Lokasyonlara göre ise Sarıkaya lokasyonundan %19.98 ile en yüksek kuru madde elde edilirken, bu oran Şefaattli'de %17.11 olmuştur. Kuru madde en yüksek Sarıkaya lokasyonundan %19.98 olarak gerçekleşirken, hasat zamanlarına göre ise her ne kadar 2. ve 3. hasat zamanları aynı istatistik grubunda yer

alsa da, 2. hasat zamanında %19.19 olarak tespit edilmiştir. Usare safiyeti Şefaati lokasyonunda hasat zamanlarına göre dalgalı seyir izlerken en yüksek değer 1. hasat zamanında %88.96 olarak gerçekleşirken, diğer hasat zamanlarında daha düşük değerler tespit edilmiştir. Sarıkaya lokasyonunda ise 2. hasat zamanında usare safiyeti azalırken diğer hasat zamanlarında artarak en yüksek değer 4. hasat zamanında %89.62 olarak gerçekleşmiştir. α amino N değerleri hasat zamanlarının gecikmesiyle doğru orantılı olarak yükselmiş ve en yüksek değer 4. hasat zamanında $0.055 \text{ mm mol kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Lokasyonlara göre ise en yüksek α amino N Şefaati lokasyonundan $0.050 \text{ mm mol kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5. Melas oranı, yaprak ağırlığı, kül oranı ve pancar verimi özelliklerinde farklı lokasyon ve hasat zamanlarına göre oluşan ortalama değerler.

Melas oranı her iki lokasyonda da hasat zamanları geciktikçe arttığı görülmektedir (Şekil 5). En yüksek melas oranı %2.11 ile 4. hasat zamanında elde edilmiştir. Lokasyonlar arasında ise istatistiki bir fark görülmemiştir. Yaprak ağırlığı 3. ve 4. hasat zamanlarında en yüksek değerleri oluştururken, 4. hasat zamanında azalmaya başlamıştır. En yüksek yaprak ağırlığı dekara 306.25 kg olarak 2. hasat zamanından elde edilirken, lokasyonlara göre ise en yüksek değer 287.29 ile Şefaati'den elde edilmiştir.

4. Verilerin değerlendirilmesi

Denemeye ait veriler SAS (1998) bilgisayar programından yararlanılarak değerlendirilmiştir. İstatistiki analiz sonucunda önemli farklılık ortaya çıktığında, ortalamaların karşılaştırılması için %5 önemlilik düzeyinde DUNCAN testi uygulanmıştır. Bölünmüş parsel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak deneme kurulmuştur.

Tablo 5.Şeker Pancarı bitkisel özelliklerine ait varyans tablosu.

		G.B.	G.A.	G.Ç.	B.M.	Ş.O.	K.M.	USR	AAA	M.O.	K.Y.	Y.A.	V.	Ş.V.
Varyasyon kaynakları	S.D	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O	K.O
Yıl (Y)	1	0.04083	55624.08**	22.37**	23693564.83**	45.98**	98.47**	19.01**	0.000374**	0.037968	0.335002**	38817.18**	3626700.75**	37942.31*
Tekrarlamalar(Y)	4	0.5677	2505.66	0.90	2612096.27	1.18	1.30	1.00	0.000004	0.030710	0.012395	4867.85	184531.50	10806.05
Hasat Zamanı (HZ)	3	31.79**	86652.02**	15.06**	6223536.09	1.76*	6.77**	8.90*	0.000330**	0.518624**	0.733040**	16987.07*	6458240.25**	134084.50**
HZ x Y	3	10.93**	22345.92**	1.80*	5926097.27*	1.54*	3.42**	3.47	0.000040	0.092852*	0.147790**	5986.24	1610813.25*	22133.90*
Hata 1	12	0.96	2359.31	0.42	2479346.73	0.46	0.27	1.68	0.000007	0.019254	0.022209	3899.32	215768.25	8068.74
Lokasyon (L)	1	22.41**	189505.33**	15.22**	29612952.64**	21.30**	43.26**	0.01	0.000027	1.065052**	0.101752*	3763.02	13687488.00**	32127.95*
L x Y	1	86.40**	210675.00**	14.33**	7792612.21*	20.46**	19.06**	5.35*	0.000102*	0.043802	0.423752**	58.52	15309243.00**	62984.40*
HZ x L	3	3.36	19312.94*	0.51	4856362.95*	5.82**	2.44*	11.81**	0.000018	0.008790	0.036052	1607.52	1585516.50*	64927.78**
HZ x L x Y	3	4.052*	9190.27	0.24	793584.36	3.40**	2.43*	1.93	0.000023	0.033540	0.024785	925.57	566752.50	7212.85
Hata 2	16	1.63	4862.56	0.41	1653718.2	0.57	0.60	1.43	0.000016	0.018381	0.022189	3899.91	393584.06	8692.48

** (Significant at p=0.001) %1 oranında istatistiksel olarak önemli, * (Significant at p=0.005) %5 oranında istatistiksel olarak önemli, (G.B: Gövde boyu, Ş.O: şeker oranı, K.M: kuru madde, Ş.V: şeker verimi, G.A: gövde ağırlığı, USR: Usare safiyeti, AAA: alfa amino azotu, G.Ç: gövde çapı, M.O: melas oranı, Y: kül yüzdesi, B.M: biyo mass, Y.A: yaprak ağırlığı, V: verim

Tablo 6: Şeker Pancarının bitkisel özelliklerine ait 2 yıllık (2014 – 2015) verilerin ortalaması.

Hasat zamanı	G.B.			G.A.			G.Ç.			B.M.			Ş.O.			K.M.			USR		
	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.
1	15.60	15.31	15.45c	557.16	602.66	579.92c	9.13	10.35	9.74c	7062.00	7510.50	7286.3b	16.96	15.21	16.08a	19.67	15.25	17.46b	90.24	88.96	89.60a
2	17.23	19.23	18.23b	682.83	830.83	756.83a	10.68	12.93	11.80ab	7291.37	10470.00	8880.7a	16.83	14.94	15.89a	20.54	17.84	19.19a	89.52	89.78	89.65a
3	18.75	16.20	17.47b	684.66	641.00	662.83b	11.21	11.61	11.41b	8352.00	8473.50	8412.8ab	16.09	14.85	15.47ab	19.82	17.64	18.73a	88.89	86.79	87.84b
4	19.01	19.61	19.31a	694.66	817.16	755.92a	11.53	13.13	12.33a	7789.50	9661.50	8725.5ab	16.71	13.76	15.24b	19.88	17.72	18.80a	89.62	87.70	88.66ab
Ortalama	18.30a	16.94b		626.04b	751.71a		10.76b	11.88a		7623.7b	9028.9a		16.65a	14.69b		19.98a	17.11b		89.57a	88.31b	
Hasat zamanı	AAA			M.O.			K.Y.			Y.A.			V.			Ş.V.					
	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.	A	B	Ort.			
1	0.043	0.045	0.044b	1.533	1.675	1.604c	3.431	3.235	3.333a	227.50	231.83	229.67b	5014.50	5424.00	5219.3c	836.87	796.05	816.47c			
2	0.042	0.046	0.045b	1.770	1.986	1.878b	3.350	2.890	3.120b	280.00	332.50	306.25a	6145.50	7477.50	6811.5a	1035.78	1092.86	1064.32a			
3	0.040	0.050	0.045b	1.943	1.755	1.849b	3.048	2.975	3.011b	243.33	300.50	271.92ab	6162.00	5769.00	5965.5b	991.77	851.53	921.66b			
4	0.052	0.058	0.055a	2.085	2.140	2.112a	2.708	2.770	2.739c	170.83	284.33	227.58b	6252.00	7102.50	6677.3a	1043.16	942.21	992.69ab			
Ortalama	0.044b	0.050a		1.832a	1.889a		3.134a	2.967b		230.42b	287.29a		5893.5b	6443.3a		976.90a	920.67a				

*a,b,c harfleri istatistiki olarak önemlidir; A: Sarıkaya, B:Şefaatli, ((1) 15.09.2014-2015 (2) 01.10.2014-2015 (3)15.10.2014-2015(4) 01.11.2014-2015)

5. Tartışma

Bu araştırma Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinde 1148 m rakımlı Sarıkaya ve 865 m rakımlı Şefaati ilçelerinde farklı çevre şartlarının şeker pancarı bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine etkilerini incelemek gayesiyle 2014–2015 yılları arasında yapılmıştır. Orta Anadolu bölgesinin sulu alanlarının temel üretim bitkisi şekerpancarıdır. Bundan dolayı farklı çevre şartlarına göre bitkinin verimliliğinin analiz edilmesi sürdürülebilir tarımsal üretim için çok önemlidir. Bitkilerin en verimli tarımının yapılacağı üretim havzalarının tespiti küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele etmek için de önemli avantajlar sağlayacaktır.

Gövde boyu, kök (gövde) ağırlığı, gövde çapı ve biyokütle değerleri Şefaati lokasyonunda hasat zamanlarının artmasıyla doğru orantılı olarak artma eğilimindedir. Genel olarak hasat zamanının artmasıyla her iki lokasyonda da değer artışı barizdir (Şekil 3). Bu durum sulama ve bakım işlemlerinin artışına ve düşük rakımlardaki bitkisel faaliyetlerin daha güçlü ve hızlı olmasıyla açıklanabilir [14,33]. Hasat zamanının gecikmesiyle beraber sulama ve bakım işlemleriyle bitkinin biyokütle değerleri artarken çevre şartları ile bağlantılı olmak üzere şeker oranı ve kuru madde gibi kalite parametreleri hasat zamanının gecikmesiyle düşüş göstermektedir (Şekil 4).

Çevre şartlarının verim ve kalite üzerine etkisi birçok araştırmada ifade edilmektedir. Ancak bakım ve çevre şartları ne kadar iyi olursa olsun kalite (şeker oranı gibi) değerlerinde fazla artış elde edilememesi genetik değerlerin sınırlayıcılığını da göstermektedir. Buna rağmen rakım yükseldikçe şeker oranının arttığı da gerçektir [27]. Aynı zamanda her bitkinin çevre şartlarına duyarlılığı da farklıdır [5,4].

α amino azot Şefaati lokasyonunda hasat zamanı ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Sarıkaya lokasyonunda da hasat zamanları arasında bir dalgalanma görülmekle birlikte 4. hasat zamanında diğer hasat zamanlarına göre bir artış içerisinde olmuştur. α amino N gibi şeker dışı maddeler şeker kristalizasyonunu düşürerek şekerpancarının kalite ve toplam verimini olumsuz etkiler[28]. Bundan dolayı α amino N oranının pancar üretiminde düşük olması istenir.

Sarıkaya lokasyonu dengeli bir seyir izleyip en yüksek usare değerleri 4. hasat zamanlarından elde edilirken, Şefaati lokasyonu tamamen dalgalı seyir izlemiştir. Şefaati lokasyonunda

Sarıkaya lokasyonuna göre tam tersi şeklinde bir performans sergileyerek, en yüksek usare 1. hasat zamanından elde edilirken, en düşük değer 4. hasat zamanından elde edilmiştir.

Melas oranı değerleri her iki lokasyonda da dengeli seyir izleyerek hasat zamanının gecikmesiyle artış göstermiştir. Şefaati lokasyonunda melas oranı her 4 hasat zamanında da yüksek seyretmiştirler (Şekil-5).

Yaprak ağırlığı bakımından en yüksek değerler 3. ve 4. hasat zamanlarında oluşmuşken, Şefaati lokasyonunda bütün hasat zamanlarında, Sarıkaya lokasyonuna göre daha yüksek yaprak ağırlığı oluşmuştur.

Kül oranı en yüksek değerleri 1. hasat zamanında gösterirken, hasat zamanlarının gecikmesiyle azalış gösterirken, en düşük değer her iki lokasyonda da 4. hasat zamanında gerçekleşmiştir. Lokasyonlara göre ise en düşük kül oranı Şefaati lokasyonunda gerçekleşmiştir.

Hektara pancar veriminde en yüksek verim 2. ve 3. hasat zamanlarından elde edilmiştir. 4. hasat zamanında ise verimin tekrar azaldığı görülmektedir.

Bu dalgalanmanın iklim ve rakım farklılığından meydana gelebileceği söylenebilir. Çünkü Şefaati lokasyonunun rakımı 865 m, Sarıkaya lokasyonu ise 1148 m'dir. Bu rakım farklılığı lokasyonlar arasındaki sıcaklık farklılığını da oluşturmaktadır. Rakımı düşük lokasyonlarda gece ve gündüz sıcaklık farklılığı daha düşük, yüksek sıcaklıklarda ise daha yüksektir çünkü Şeker pancarının gövde ağırlığı (G.A) gece ve gündüz sıcaklık değerlerinden önemli derecede etkilenen bir bitkisel özelliktir.

Kaynaklar

[1] Ada R. Farklı Zamanlarda Hasat Edilen ve Silolanan Şeker Pancarında Silolama Süresinin Verim ve Kaliteye Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, KONYA, Türkiye (2015).

[2] Türkiye'ye özgü besin ve beslenme rehberi. http://www.bdb.hacettepe.edu.tr/TOBR_kitap.pdf erişim tarihi: 30.11.2017

[3] Carter J. N., Kemper W. D., Traveller D. J., Yield and quality as affected by early and late fall and spring harvest of sugarbeets. Journal of The A.S.S.B.T., Sayı 23, No:1-2, Sayfa 8-27,(1985).

- [4] Dreccer M.F., Borgogno M.G., Ogbonnaya F.C., Trethowan R.M., Winter B., CMMYT-selected derived synthetic bread wheats for rainfed environments yield evaluation in Mexico and Australia. *Field Crops Res.*, 100, pp. 218-228, (2007).
- [5] Epinat-Le Signor C., Dousse S., Lorgeo J., Denis J.B., Bonhomme R., Carolo P., Charcosset A., Interpretation of genotype x environment interaction for early maize hybrids over 12 years. *Crop Sci.*, 41, pp 663 – 669, (2001).
- [6] Er C., Şeker ve şeker pancarının dünü, bugünü ve geleceği I. Uluslararası Anadolu Şeker Pancarı Sempozyumu, 20-22 Eylül 2012. Kayseri, TÜRKİYE, S.1-12
- [7] Erbil E., Şanlı Urfa koşullarında kışlık ve yazlık bazı şeker pancarı çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, (2013).
- [8] Erbil E., Gür M.A., Şanlıurfa koşullarında bazı şekerpancarı çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. XI. Tarla Bitkileri Kongresi, 7-10 Eylül 2015, Sayfa: 571 – 574.
- [9] Fitters T.F.J., Bussell J.S., Mooney S.J., Sparkes D.L., Assessing water uptake in sugar beet (*Beta vulgaris*) under different watering regimes, *Environmental and Experimental Botany* 144; 61-67, (2017).
- [10] Godfray H.C.J., Garnett T., Garnett Food security and sustainable intensification, *Phil. Trans. R. Soc.*, 369, p. 20120273, 10.1098/rstb.2012.0273, (2014).
- [11] Günel E., İlbaş A.İ., Van ekolojik şartlarında bazı şeker pancarı çeşitlerinin verim ve kalitesi üzerine bir araştırma, *Y.Y.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4:95-112, (1994).
- [12] Hamouda H. I., Nassar H.N., Madian H.R., El-Sayed M.H., El-Ghamry A.A., El-Gendy, N.S. Isolation of fermentative microbial isolates from sugar cane and beet molasses and evaluation for enhanced production of bioethanol, *Journal Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* V. 38, 2016 - Issue 15, (2016).
- [13] Harveson R.M., *History of Sugarbeets*, University of Nebraska-Lincoln (2015) <https://cropwatch.unl.edu/history-sugarbeets> erişim tarihi: 01.12.2017, (2017).

- [14] Hoffmann C.M., Huijbregts T., Swaaij N., Jansen R., Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes, *European Journal of Agronomy* Volume 30, Issue 1, January 2009, Pages 17-26, (2009).
- [15] Karadoğan T., Şanlı A., Taşdemirel C., Şeker pancarında kök - gövde iriliği ile tesellüm süresinin ağırlık kaybı ve polar şeker oranı üzerine etkilerinin belirlenmesi, XI. Tarla Bitkileri Kongresi, 7-10 Eylül 2015, s.579 – 582, (2015).
- [16] Kubadinow N., Wieninger L. Ein fluss der stickstoffdüngung auf die safftreinigung in rübenzucker fabriken, *Zucker* 26, 139 – 144, (1973).
- [17] Mahmood S.A., Murdoch A.J., Within-field variations in sugar beet yield and quality and their correlation with environmental variables in the East of England, *European Journal of Agronomy*. V. 89, Pages 75-87, (2017).
- [18] Mubarak M.U., Zahir M., Ahmad S., Wakeel A., Sugar beet yield and industrial sugar contents improved by potassium fertilization under scarce and adequate moisture conditions, *Journal of Integrative Agriculture* 2016, 15(11): 2620–2626, (2016).
- [19] Özceylan M. R., Samsunda Yazlık ve Kışlık Ekimlerin Şeker Pancarının (*Beta vulgaris* L.) Verimi ve Bazı Özellikleri Üzerinde Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, On Dokuz Mayıs Üniversitesi Samsun, Türkiye, (1986).
- [20] Panella L., Sugar beet as an energy crop *Sugar Tech.*, 12. pp. 288-293, (2010).
- [21] Panella, L., Kaffka, S.R., Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) as a biofuel feedstock in the United States, *ACS Symposium Series* 1058, 163-175., (2010).
- [22] Pankobirlik, <http://pankobirlik.com.tr/ISTATISTIKLER.pdf> erişim tarihi: 7.12.2017.
- [23] Trimpler K., Stockfisch N., Märlander B., Efficiency in sugar beet cultivation related to field history, *European Journal of Agronomy*. V. 91, Pages 1-9, (2017).
- [24] Montgomery S.L., Küresel enerjiye yön veren güçler, Tübitak popüler bilim kitapları 637 Ankara, (2014).

- [25] Nagy Z., Bianu F., Nagy M., Determination of Optimum Harvesting Date of Sugar Beet Cultivars at Present in Cultivation, *Field Crops Abstract*, 36: 186.,(1983).
- [26] Ninfali P., Angelino D., Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cicla and rubra, *Fitoterapia*. Volume 89, Pages 188-199, (2013).
- [27] Rahimi A., Arslan N., Kök çürüklüğünün şekerpancarının (*Beta vulgaris* L) kalite kriterleri üzerine etkisi., 1. Uluslararası Anadolu Şeker Pancarı Sempozyumu. S.52-57 Kayseri, Türkiye, (2012).
- [28] Rahimi A., Arslan N., Farklı rakımlarda yetiştirilen şekerpancarlarının (*Beta vulgaris* L.) kalite yönünden karşılaştırılması. 1. Uluslararası Anadolu Şeker Pancarı Sempozyumu. S.136 - 142 Kayseri, Türkiye, (2012).
- [29] Radivojevic S.D., Dosenovic I.R., Varietal and environmental influence on the yield and the end use quality of sugar beet, *A.P.T.E.F.F.* 37; 27 – 35, (2006).
- [30] Reinsdorf E., Koch H.J., Loel J., Hoffmann C.M., Yield of bolting winter beet (*Beta vulgaris* L.) as affected by plant density, genotype and environment. *Europ. J. Agronomy* 54 (2014) 1– 8, (2014).
- [31] Takada S., Hiroyuki D., Hayashida M., Interaction between varietal characteristics and environmental factors, *Proc. Japan Soc. Sugar Beet Technol.* 30:23-28., (1988).
- [32] Tübives, [.http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=1870](http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=1870) erişim tarihi 01.12.2017.
- [33] Webster, T. M., Grey, T. L., Scully, B. T., Johnson, W. C., Davis, R. F., Brenneman, T. B., Yield potential of spring-harvested sugar beet (*Beta vulgaris*) depends on autumn planting time. *Industrial Crops and Products*, 83, 55-60, (2016).

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

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

?(?), ??-??, (2023) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmujens.1373023>



Mut (Mersin) Bölgesi Natürel Sızma Zeytinyağlarının Senkron Floresans Spektroskopisi ve Kemometri ile Orijinalliğinin Belirlenmesi: LDA ve HCA Model Yaklaşımları

Authenticity Verification of Extra Virgin Olive Oils Harvested in Mut (Mersin) Region by Synchronous Fluorescence Spectroscopy and Chemometrics: Approaches on LDA and HCA Models

Fatma Nur ARSLAN^{1,*}, İsmail VARLI¹

¹Department of Chemistry, Faculty of K.O. Science, University of Karamanoglu Mehmetbey, Karaman, Türkiye

(Received: 9 October 2023; Accepted: 25 October 2023)

Özet: Bu çalışmada, Mut (Mersin) bölgesinden iki farklı hasat döneminde (2019 ve 2020 Ekim) elde edilen ekstra saf sızma zeytinyağı (VOO) ve ticari temin edilen diğer yemeklik yağların senkron floresans (SyF) spektroskopisi verileri, doğrusal diskriminant analizi (LDA) ve hiyerarşik küme analizi (HCA) ile analiz edilerek orijinalliklerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Spektroskopisi analizlerinde emisyon/uyarma monokromatörleri senkron kullanılmış ve veriler 200–800 nm emisyon dalga boyu bölgesinde elde edilmiştir. VOO ve diğer yenilebilir yağ numunelerinin muhtemel taşıdığı durumu doğrulamak için yüksek doğrulukla LDA modeli elde edilmiş; test edilen numunelerin %98.28'i kendi bölgesinde yerleşim göstermiş ve HCA dendogramları yüksek hassasiyet ve özgüllük ile numunelerde başarılı ayrımlar sağlamıştır. Elde edilen bulgular, SyF spektroskopisinin kemometri ile birleştiğinde sınıflandırmadaki uygulanabilirliğini açıkça göstermekte ve VOO numunelerinin ucuz yenilebilir yağlarla olası taşıdığı tespit edebilmek için umut verici bir yöntem

sunmaktadır. Üstelik çalışmada önerilen basit ve hızlı bu yöntem, analiz sırasında herhangi bir kimyasal kullanımına ve zahmetli işlemlere ihtiyaç duymadan uygulanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Senkron floresans spektroskopisi; Ekstra Saf Sızma Zeytinyağı; Kemometri; Tağış

Abstract. In this work, synchronous fluorescence (SyF) spectroscopy data of extra virgin olive oils (VOOs) harvested from two different harvest terms (2019 and 2020 October) in Mut (Mersin) region and other edible oils were analyzed by linear discriminant analysis (LDA) and hierarchical cluster analysis (HCA) to verify their authenticity. The emission and excitation monochromators were synchronously employed, and the data were obtained in the 200–800 nm emission region. A robust LDA model was gained to authenticate the extra VOOs and other edible oils: 98.28% of the samples were correctly predicted, and the HCA dendrograms showed successful discriminations with high sensitivity and specificity. The findings show the capability of SyF spectroscopy coupled with chemometrics and offer a promising methodology for confirming the possible adulteration of extra VOOs with inexpensive edible oils. Furthermore, this simple and rapid method doesn't need any chemical usage and laborious procedures.

Key words: Synchronous fluorescence spectroscopy; Extra virgin olive oil; Chemometrics; Authenticity

1. Introduction

Extra virgin olive oil (VOO), manufactured from the fruit of an olive tree through a mechanical cold pressing without chemicals, has high nutritional properties and a unique aroma with high production costs [1–3]. Its nutritional value primarily features the high levels of phenolic substance and monounsaturated fatty acid (MUFA) content, which are positively active on antioxidant activity and prevent a number of diseases such as obesity, diabetes, and different types of cancer, metabolic and cardiovascular syndromes [1, 2, 4]. Owing to its health benefits, it has become progressively more popular and recently made it attractive to adulteration with cheaper vegetable oils. Many different factors make it complicated to authenticate olive oils by traditional methods like high performance liquid

chromatography (HPLC) and gas chromatography (GC); however, the majority of these methods require high maintenance and gaining costs and engage time-consuming and laborious applications [5–7]. Spectroscopic techniques like infrared (IR), mass (MS), Raman, nuclear magnetic resonance (NMR), and fluorescence (FL) spectroscopy have been recently employed for the authentication analysis of extra VOOs. To offer successful discrimination between different vegetable oils and extra VOO samples and provide better estimation for adulteration, these methods based on the simultaneous detection of diverse chemical compounds of samples in combination with multivariate analyses [1, 2, 7–10]. Until now, no research has been reported in the literature involving the usage of SyF and chemometrics to authenticate the extra VOO samples from Mut (Mersin) region and other edible oils from different brands. Given these, to verify their authenticity, the SyF spectroscopy data of extra VOOs harvested from two different harvest terms in Mut (Mersin) region and some commercial edible oils were analyzed by LDA and HCA. The emission and excitation monochromators were synchronously used, and the data were obtained in the emission wavelength region of 200–800 nm.

2. Materials and Methods

2.1. Samples and reagents

The extra VOOs harvested in Mut region (Mersin City, Turkiye) were poured directly from the producers during two harvest terms ($n=30$; 2019–VOO–1 to 30 and $n=30$; 2020–VOO–1 to 30) (Table 1) [5]. The refined edible oils; cottonseed oil (CSO) ($n=5$; CSO–1 to 5), virgin olive oil (VOO) ($n=5$; VOO–1 to 5), hazelnut oil (HNO) ($n=6$; HNO–1 to 6), soybean oil (SBO) ($n=5$; SBO–1 to 5), sunflower oil (SFO) ($n=5$; SFO–1 to 5), pomace oil (PO) ($n=3$; PO–1 to 3) and Riviera olive oil (ROO) ($n=3$; ROO–1 to 3) were obtained from local supermarkets in Karaman City, Turkiye.

Table 1. Information table for the VOO samples which were harvested in Mut (Mersin) region

sample code	producer	type of oil tree	harvest term
2020–1	A*** T***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–2	N*** S***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–3	Y*** E***	Gemlik	2020/ Mut
2020–4	Y*** E***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–5	M*** A*** E***	Gemlik	2020/ Mut
2020–6	M*** U***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–7	İ*** D***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–8	A*** S***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–9	A*** T***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–10	A*** Y***	Ayvalık	2020/ Mut

2020–11	M*** A***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–12	A*** K***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–13	A*** D***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–14	M*** M***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–15	M*** D***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–16	N*** E***	Erdek	2020/ Mut
2020–17	M*** Ş***	Domat	2020/ Mut
2020–18	İ*** Ö***	Erdek	2020/ Mut
2020–19	K*** O***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–20	M*** S***	Domat	2020/ Mut
2020–21	O*** U***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–22	N*** E***	Domat	2020/ Mut
2020–23	A*** D***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–24	İ*** S***	Delice (Harap)	2020/ Mut
2020–25	A*** U***	Delice (Harap)	2020/ Mut
2020–26	M*** Y*** Ç***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–27	F*** K***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–28	V*** G***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–29	İ*** Ş***	Ayvalık	2020/ Mut
2020–30	N*** D***	Ayvalık	2020/ Mut
2019–1	N*** S***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–2	Y*** G***	Gemlik	2019/ Mut
2019–3	A*** E***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–4	H*** Y***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–5	D*** A*** K***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–6	D*** A*** K***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–7	M*** A***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–8	M*** K***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–9	M*** A*** A***	Gemlik	2019/ Mut
2019–10	N*** Ö***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–11	K*** K***	Gemlik	2019/ Mut
2019–12	H*** Y***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–13	A*** B***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–14	H*** İ*** K***	Gemlik	2019/ Mut
2019–15	M*** A*** Ç***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–16	Y*** Ş***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–17	H*** D***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–18	M*** Ö***	Gemlik	2019/ Mut
2019–19	C*** K***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–20	M*** G***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–21	İ*** U***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–22	Y*** Y***	Gemlik	2019/ Mut
2019–23	A*** Ç***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–24	M*** Ç***	Gemlik	2019/ Mut
2019–25	M*** K***	Ayvalık	2019/ Mut
2019–26	H*** K***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–27	İ*** D***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–28	M*** S***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–29	M*** Ü***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut
2019–30	E*** Ş***	Ayvalık/Gemlik	2019/ Mut

Spectroscopy grade chemicals and reagents were procured from Sigma–Aldrich Inc. (St. Louis, Missouri, US) and VWR–BDH Inc. (West Chester, Pennsylvania, US) chemical companies. After the filtration through 0.45 µm membrane filter, all

samples were stored in the dark bottles at +4°C until they were analyzed by SyF spectroscopy.

2.2. Synchronous fluorescence (SyF) spectroscopy measurements

The SyF measurements were recorded on a Cary Eclipse spectrophotometer (Agilent Tech., US). The samples were analyzed using a microplate reader cuvette without pretreatment or chemical usage. The excitation and emission monochromators were synchronously used with different wavelength intervals ($\Delta\lambda$; $\Delta\lambda=10$ to 80 nm), and the fluorescence data were gathered in the emission region of 200–800 nm. The slit widths, acquisition intervals, and integration time were used as 5 nm, 1 nm, and 0.3 s, respectively [5, 11]. The data were exported as an Excel file (Office–365, Microsoft Corporation, Redmond, WA).

2.3. Multivariate data analysis and software packages

The applied supervised and unsupervised multivariate data analysis models were LDA and HCA, respectively. The exported SyF data were analyzed by Unscrambler®X10.4 (CAMO Software, Oslo, Norway) software package. Matrix files were built from the spectroscopy data of full wavelength region [D_{rows} (correspond to emission wavelengths) \times columns (correspond to samples with their repeats)], and then they were imported to the Unscrambler®X10.4 software for the chemometrics analyses.

3. Results

The SyF spectroscopy measurements were carried out to authenticate extra VOOs from two different harvest terms in Mut (Mersin) region and other edible oils from different brands. The SyF data of full wavelength region (200–800 nm) obtained with $\Delta\lambda=10$ nm was used to construct a supervised LDA model (Figure 1). The linear LDA model was generated with eight predictors (2019–VOOs, 2020–VOOs, CSOs, VOOs, HNOs, SBOs, SFOs, POs, and ROOs). The data of selected nine different emission wavelengths (200 nm, 300 nm, 400 nm, 500 nm, 600 nm, 650 nm, 700 nm, 750 nm and 800 nm) were removed from the data of full region (200–800 nm).

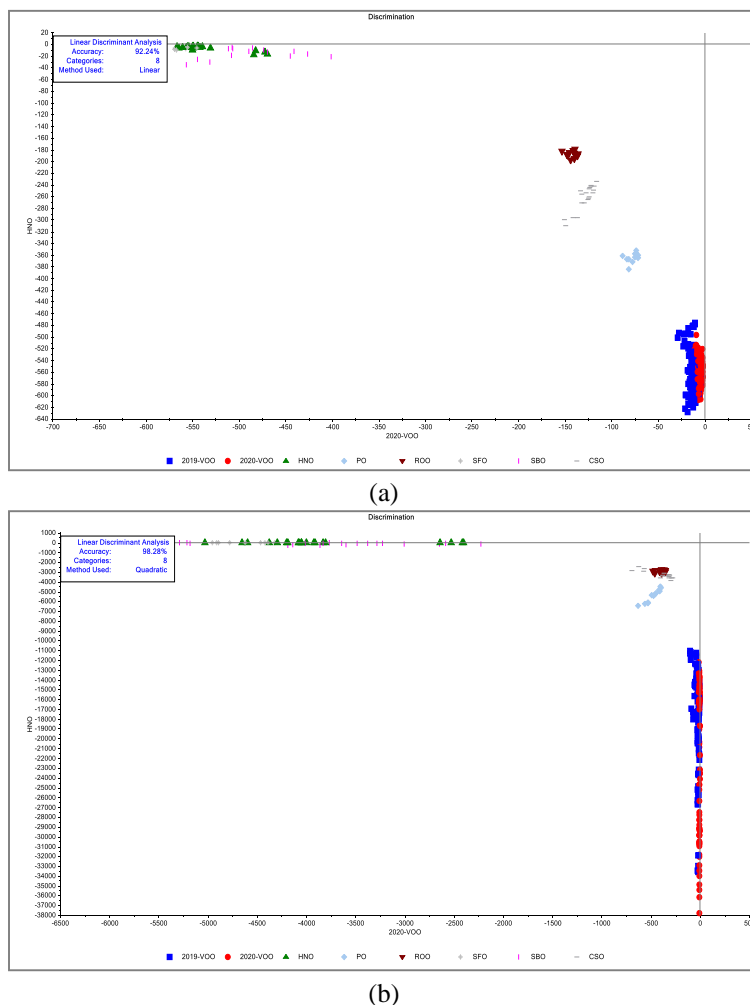


Figure 1. LDA discrimination plot for the 2019–VOOs, 2020–VOOs and other refined edible oils ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm using (a) linear and (b) quadratic methods.

As seen figure 1a, 92.24% of the samples could be classified with high accuracy on the basis of their origin by the linear LDA model whereas quadratic LDA model could discriminate 98.28% of the samples. The extra VOO samples harvested from 2019 and 2020 terms were located in a very close area but differed depending on the years. The same samples were located in a very different region from other edible oil types (*CSOs*, *VOOs*, *HNOs*, *SBOs*, *SFOs*, *POs*, and *ROOs*). The *PO* samples are closest to the extra VOO samples harvested from 2019 and 2020 terms, and the *SFO*, *SBO*, and *HNO* samples are located utmost from them. In the LDA models, 27 refined edible oils from different commercial brands and 60 extra VOO samples from Mut (Mersin) region were presented as "training set" to construct the model; the commercial VOO samples (*VOO-1 to VOO-5*) were "testing set". To validate this model, the data of the "testing set" [12, 13] were used, and the results of prediction are presented as a confusion matrix in the

Table 2, verifying the high prediction ability of LDA approach. Thus, most of the samples (92.24%) could be classified in their origin. As obviously seen in the classification table of LDA, the commercially available VOO samples defined as the "testing set" were in the 2019–VOOs or 2020–VOOs classes according to the prediction test of the LDA model. In conclusion, the discrimination results of LDA show that the SyF spectroscopy based on the intensity of fluorescent compounds is well responsive to differentiations for studied samples.

Table 2. Confusion matrix tables for the samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the region of 200–800 nm using (a) linear and (b) quadratic methods, and (c) classification table using linear method.

(a) confusion matrix table using linear method

Confusion matrix	Actual	2019-VOO	PO	ROO	2020-VOO	HNO	SFO	SBO	CSO
Predicted	1	2	3	4	5	6	7	8	
2019-VOO	1	116	0	0	8	0	0	0	0
PO	2	0	12	0	0	0	0	0	0
ROO	3	0	0	12	0	0	0	0	0
2020-VOO	4	4	0	0	112	0	0	0	0
HNO	5	0	0	0	0	18	4	1	0
SFO	6	0	0	0	0	5	16	4	0
SBO	7	0	0	0	0	1	0	15	0
CSO	8	0	0	0	0	0	0	0	20

(b) confusion matrix table using quadratic method

Confusion matrix	Actual	2019-VOO	PO	ROO	2020-VOO	HNO	SFO	SBO	CSO
Predicted	1	2	3	4	5	6	7	8	
2019-VOO	1	117	0	0	3	0	0	0	0
PO	2	0	12	0	0	0	0	0	0
ROO	3	0	0	12	0	0	0	0	0
2020-VOO	4	3	0	0	117	0	0	0	0
HNO	5	0	0	0	0	24	0	0	0
SFO	6	0	0	0	0	0	20	0	0
SBO	7	0	0	0	0	0	0	20	0
CSO	8	0	0	0	0	0	0	0	20

(c) classification table using linear method

Classified_10	2019-VOO	PO	ROO	2020-VOO	HNO	SFO	SBO	CSO	Class	
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
VOO_1_1	1	-15.8888	-99.2860	-155.7194	-16.0289	-556.8710	-593.7990	-508.1974	-136.1547	2019-VOO
VOO_2_1	2	-27.0201	-73.7884	-100.9103	-27.3458	-453.1124	-484.8618	-407.2424	-86.0074	2019-VOO
VOO_3_1	3	-13.7847	-98.5897	-152.0289	-17.6166	-553.6832	-589.5584	-506.2117	-136.4883	2019-VOO
VOO_4_1	4	-13.6395	-110.9092	-197.8197	-10.7827	-639.9856	-683.9057	-594.0891	-182.7426	2020-VOO
VOO_5_1	5	-17.4550	-82.5378	-124.3154	-17.6879	-500.9923	-535.3310	-453.7205	-107.0816	2019-VOO
VOO_1_2	6	-24.9342	-106.3166	-162.7291	-20.9720	-559.1636	-593.6741	-510.4100	-136.2575	2020-VOO
VOO_2_2	7	-34.5623	-80.5952	-108.4411	-33.9556	-463.5874	-496.2990	-414.0982	-87.7842	2020-VOO
VOO_3_2	8	-10.3962	-94.6839	-152.7195	-16.7950	-565.6174	-604.7118	-518.5331	-138.2840	2019-VOO
VOO_4_2	9	-12.3858	-110.2329	-196.4586	-11.1124	-641.2426	-684.6413	-594.0394	-181.5555	2020-VOO
VOO_5_2	10	-25.4611	-89.1687	-131.2979	-23.1766	-507.0883	-540.6993	-457.9669	-107.7337	2020-VOO
VOO_1_3	11	-22.2503	-114.4078	-168.2454	-25.2702	-572.3585	-608.4081	-524.4050	-151.2408	2019-VOO
VOO_2_3	12	-24.0188	-72.4917	-99.8882	-23.7314	-450.7796	-482.6427	-402.6150	-85.9139	2020-VOO
VOO_3_3	13	-11.1156	-92.0522	-154.3176	-17.6031	-571.0632	-610.4416	-522.2432	-139.5484	2019-VOO
VOO_4_3	14	-15.4923	-110.8553	-197.2793	-11.2657	-637.8456	-680.9884	-589.5623	-178.9628	2020-VOO
VOO_5_3	15	-19.2010	-89.5161	-130.1332	-20.5672	-507.6354	-541.5918	-459.5764	-114.6438	2019-VOO
VOO_1_4	16	-21.1129	-106.6358	-161.5536	-18.8446	-561.3453	-597.8521	-513.1335	-138.4731	2020-VOO
VOO_2_4	17	-26.7281	-73.4155	-102.1466	-24.9776	-455.1188	-488.8776	-405.8879	-85.3815	2020-VOO
VOO_3_4	18	-11.4297	-99.9146	-155.4653	-16.5220	-567.2271	-605.1464	-518.7245	-140.6809	2019-VOO
VOO_4_4	19	-21.1524	-115.4346	-202.0804	-16.4397	-638.1722	-679.3530	-591.4450	-184.9135	2020-VOO
VOO_5_4	20	-20.8267	-86.9319	-128.7564	-18.8174	-505.1383	-540.2711	-456.4170	-108.8336	2020-VOO

The HCA models were constructed for the authentication of extra VOOs from two different harvest terms (2019 and 2020 October) in Mut (Mersin) region and other edible oils from different brands (Figures 2–10). The SyF data of the full wavelength region (200–800 nm) obtained with $\Delta\lambda=10$ nm were used to construct unsupervised HCA models. As seen from the dendrograms, the samples coded VOO–4, VOO–5, VOO–6, VOO–7, VOO–8, VOO–9 and VOO–28 from the 2019 harvest term formed a different cluster from the other samples (Figure 2); while the samples coded VOO–16, VOO–18, VOO–24 and VOO–25 from the 2020 harvest term formed a different cluster from the other samples (Figure 3). In commercial edible oils, the samples coded VOO–4, HNO–5, SFO–2, SFO–4, SBO–2, and CSO–1 formed a different cluster from other samples in their origins (Figures 4–10). Other commercial edible oil samples were successfully clustered by constructing similar clusters. Therefore, it could be revealed that a combination of SyF spectroscopy and HCA offered a fast, effortless, and inexpensive approach for the authentication of 2019–VOOs, 2020–VOOs, and other edible oils.

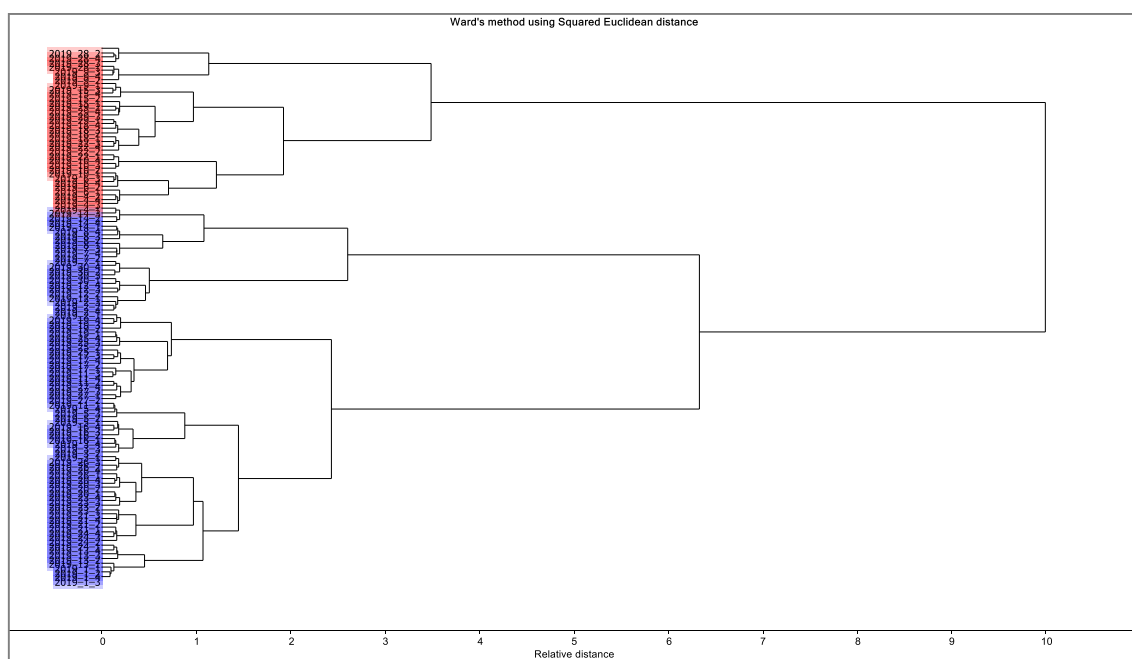


Figure 2. HCA dendrogram graph for the 2019–VOOs samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

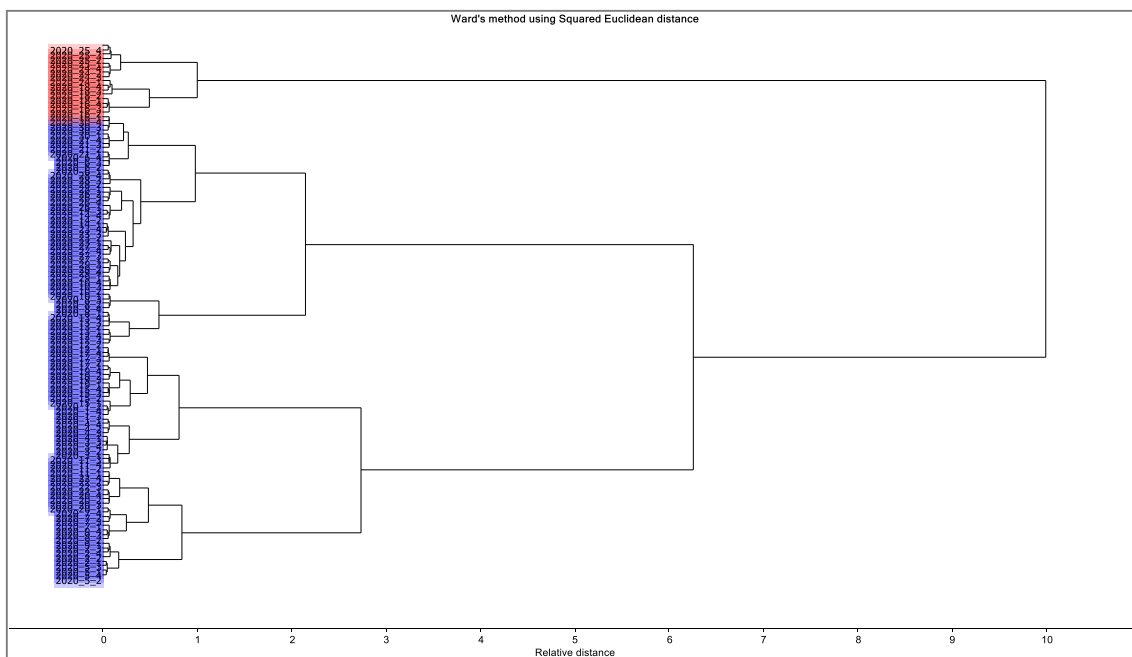


Figure 3. HCA dendrogram graph for the 2020–VOOs samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

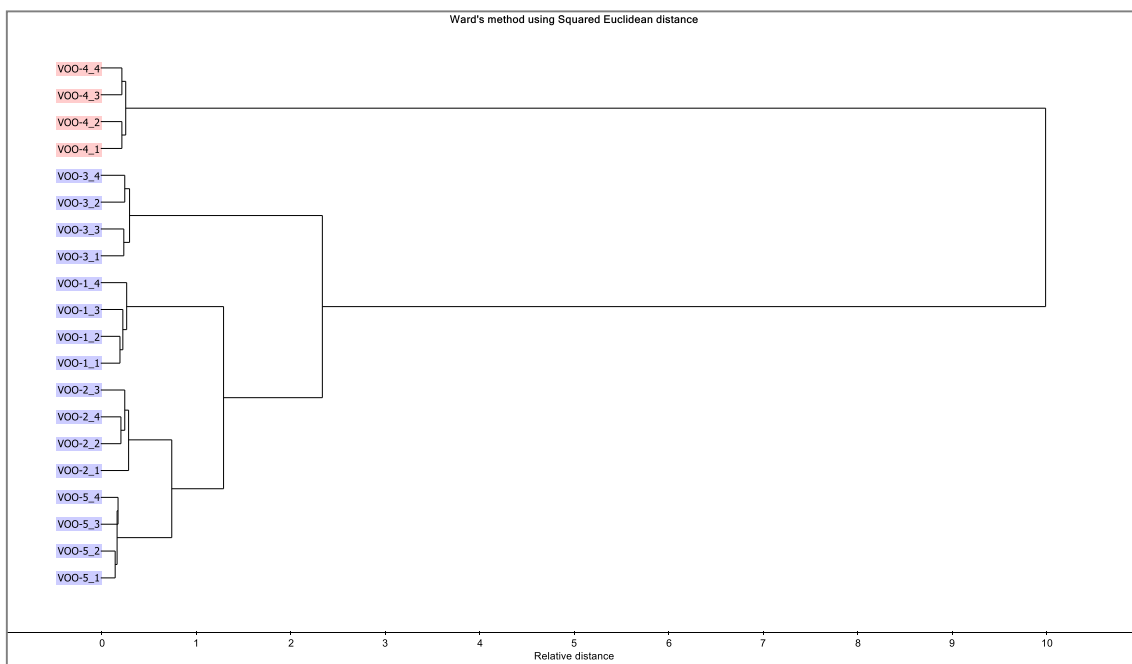


Figure 4. HCA dendrogram graph for the commercial VOO samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

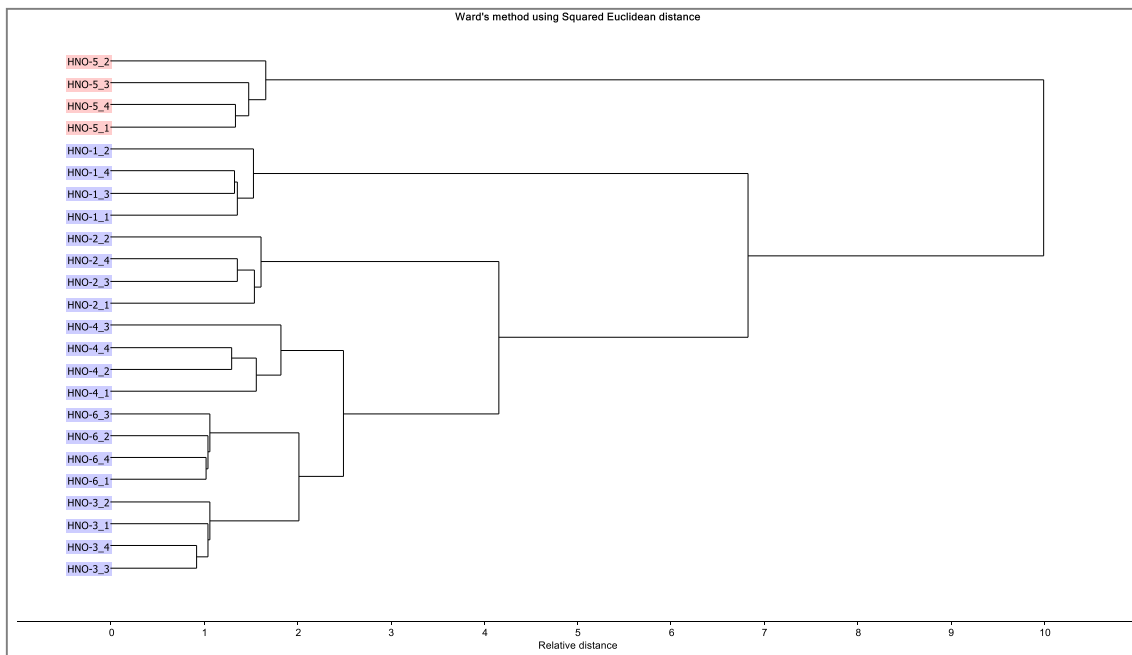


Figure 5. HCA dendrogram graph for the commercial HNO samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

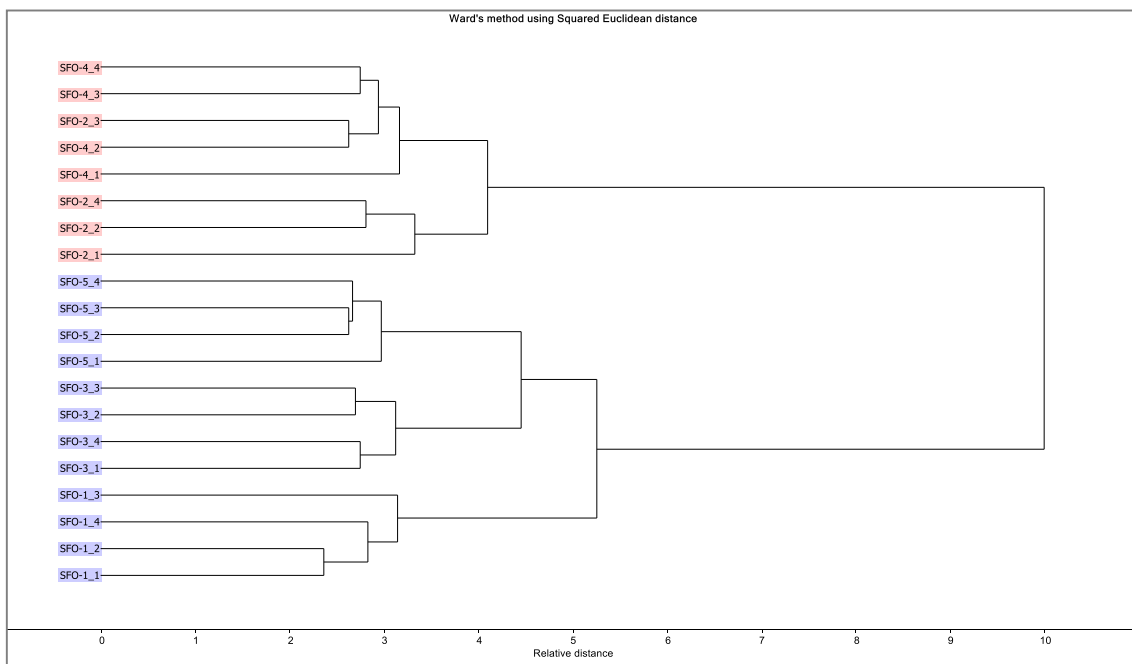


Figure 6. HCA dendrogram graph for the commercial SFO samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

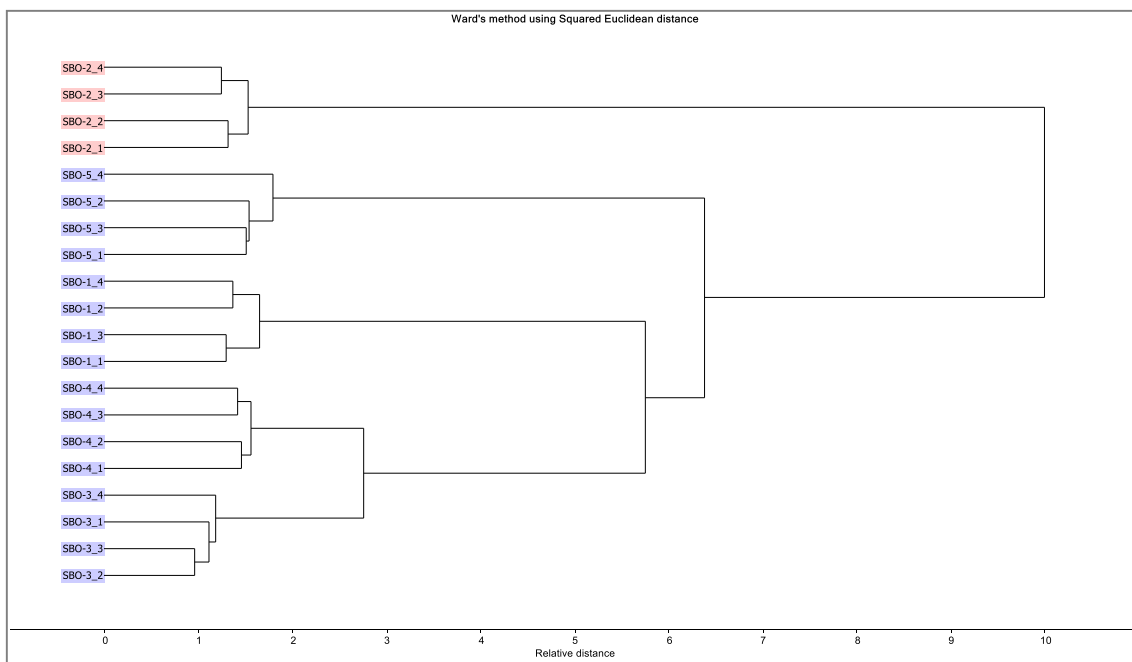


Figure 7. HCA dendrogram graph for the commercial SBO samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

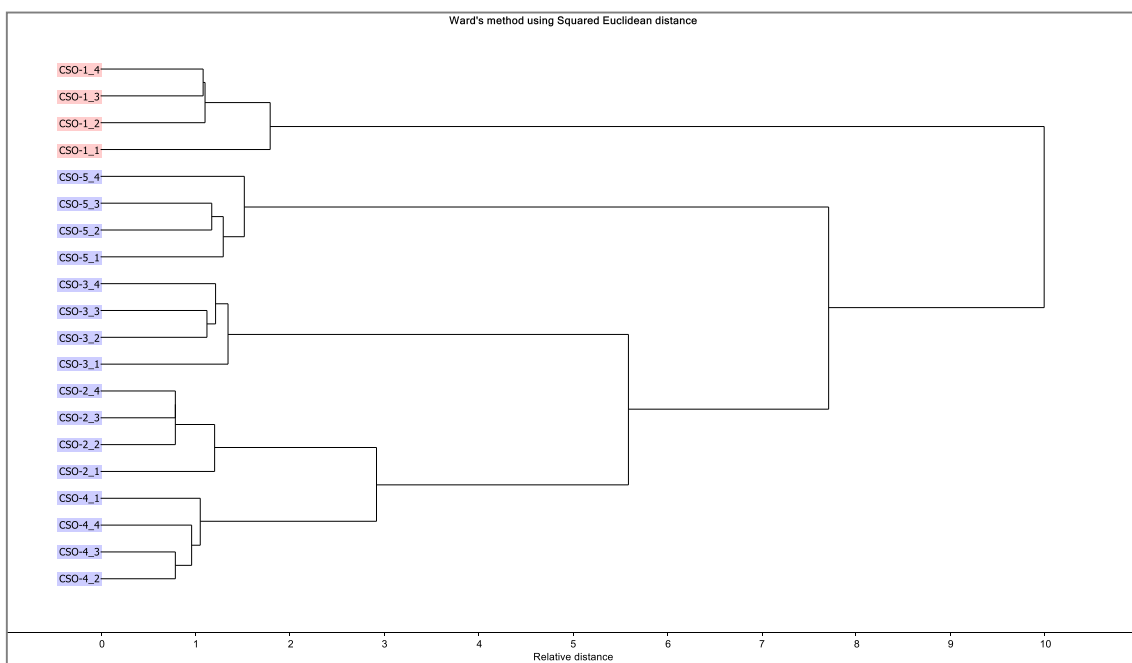


Figure 8. HCA dendrogram graph for the 2020–VOOs samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

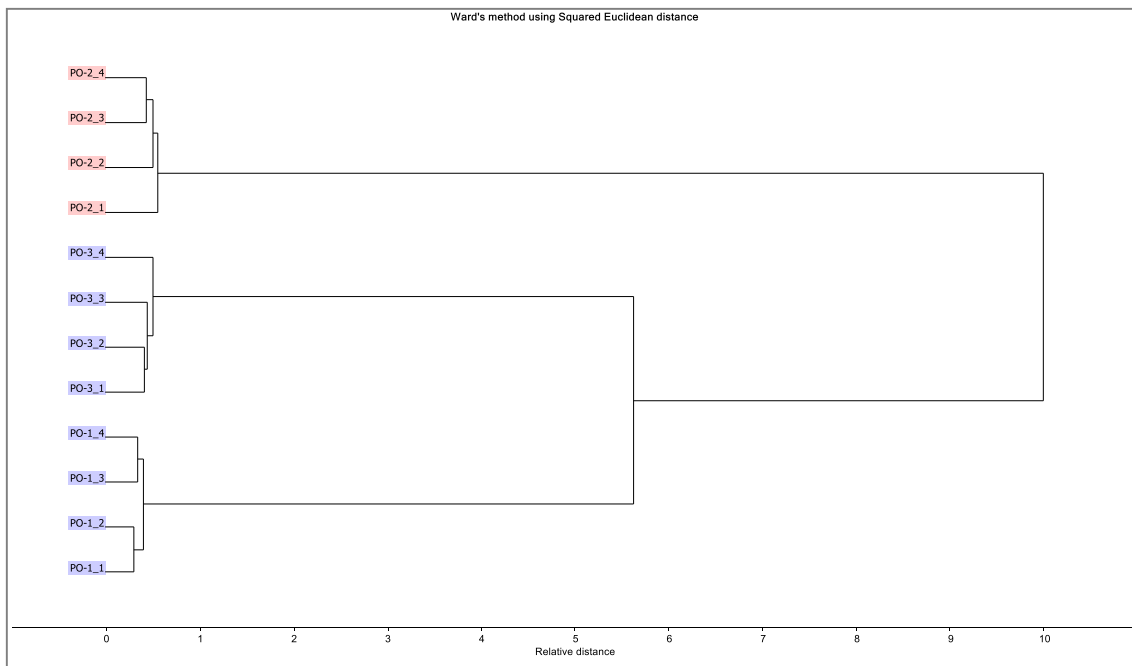


Figure 9. HCA dendrogram graph for the commercial PO samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

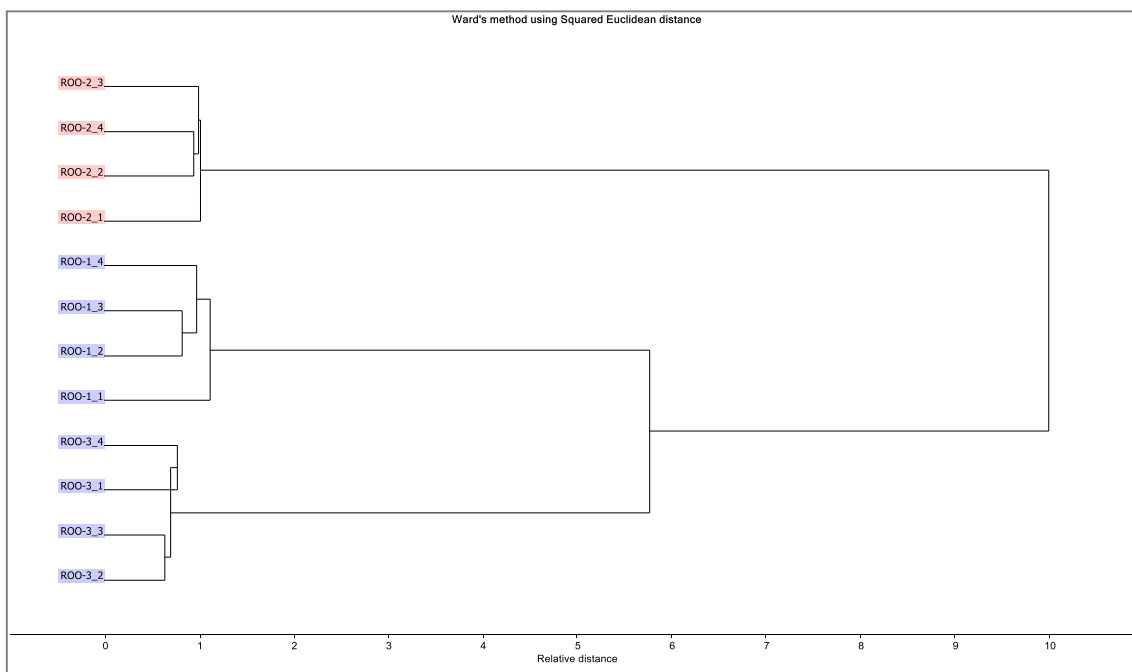


Figure 10. HCA dendrogram graph for the commercial ROO samples ($\Delta\lambda=10$ nm) recorded from the SyF analysis in the region of 200–800 nm.

4. Discussion

The SyF spectroscopy method combined with multivariate LDA and HCA was developed to authenticate the extra VOOs harvested in Mut (Mersin) region and commercially available edible oils. The normalized emission spectra recorded from the 200-800 nm wavelength region were used to construct the qualitative models of supervised LDA and unsupervised HCA. A 98.28% of the samples could be discriminated with high accuracy on the basis of their origin by LDA model; whereas, the samples could be clustered by the HCA model. Thus, the findings demonstrate that authentication of the extra VOOs harvested in Mut (Mersin) and commercially available edible oil samples could be successfully realized by multivariate data analyses combined with SyF spectroscopy.

Acknowledgements

The authors wish to acknowledge the Scientific Research Project Center of KMU due to their financial support with a project number 23–YL–20. The study is also a part of master thesis titled "*Development of Simple and Rapid Synchronous Fluorescence Spectroscopy Methods based on Chemometric Data Analysis Approach for the Classification and Adulteration of Olive Oils in Mut (Mersin) Region*".

References

- [1] Dong W., Zhang Y., Zhang B., Xiaoping W., Quantitative analysis of adulteration of extra virgin olive oil using Raman spectroscopy improved by Bayesian framework least squares support vector machines *Anal. Methods*, pp. 2772–2777 (2012).
- [2] Milanez K.D.T. de M., Pontes M.J.C., Classification of extra virgin olive oil and verification of adulteration using digital images and discriminant analysis *Anal. Methods*, 7, pp. 8839–8846 (2015).
- [3] Uncu O., Ozen B., Geographical differentiation of a monovarietal olive oil using various chemical parameters and mid-infrared spectroscopy *Anal. Methods*, 8, pp. 4872–4880 (2016).
- [4] Ou G., Hu R., Zhang L., Li P., Luo X., Zhang Z., Advanced detection methods for traceability of origin and authenticity of olive oils *Anal. Methods*, 7, pp. 5731–5739 (2015).
- [5] Varlı İ., Development of Simple and Rapid Synchronous Fluorescence Spectroscopy Methods based on Chemometric Data Analysis Approach for the Classification and

Adulteration of Olive Oils in Mut (Mersin) Region, Master Thesis, Karamanoglu Mehmetbey University, Chems, (2022).

[6] Arslan F.N., ATR–FTIR spectroscopy combined with chemometrics for rapid classification of extra virgin olive oils and edible oils from different cultivars available on the Turkish markets Eskişehir Tech. Univ. J. Sci. Technol. A- Appl. Sci. Eng., 19, pp. 926–947 (2018).

[7] Tumay H., Tamer U., Berkkan A., Hakki I., Synchronous fluorescence spectroscopy for determination of tahini adulteration Talanta, 167, pp. 557–562 (2017).

[8] Poullı K.I., Chantzıs N. V., Mousdis G.A., Georgiou C.A., Synchronous Fluorescence Spectroscopy : Tool for Monitoring Thermally Stressed Edible Oils J. Agric. Food Chem., 57, pp. 8194–8201 (2009).

[9] Alves J.O., Sena M.M., Augusti R., Multivariate calibration applied to ESI mass spectrometry data : a tool to quantify adulteration in extra virgin olive oil with inexpensive edible oils Anal. Methods, 6, pp. 7502–7509 (2014).

[10] Sun X., Lin W., Li X., Shen Q., Luo H., Detection and quantification of extra virgin olive oil adulteration with edible oils by FT-IR spectroscopy and chemometrics Anal. Methods, 7, pp. 3939–3945 (2015).

[11] Karuk Elmas Ş.N., Arslan F.N., Akin G., Kenar A., Janssen H., Yılmaz I., Synchronous fluorescence spectroscopy combined with chemometrics for rapid assessment of cold – pressed grape seed oil adulteration : Qualitative and quantitative study Talanta, 196, pp. 22–31 (2019).

[12] Arslan F.N., Çağlar F., Attenuated Total Reflectance – Fourier Transform Infrared (ATR – FTIR) Spectroscopy Combined with Chemometrics for Rapid Determination of Cold-Pressed Wheat Germ Oil Adulteration Food Anal. Methods, 12, pp. 355–370 (2019).

[13] Kenar A., Çiçek B., Arslan F.N., Akin G., Karuk Elmas Ş.N., Yılmaz I., Electron Impact – Mass Spectrometry Fingerprinting and Chemometrics for Rapid Assessment of Authenticity of Edible Oils Based on Fatty Acid Profiling Food Anal. Methods, 12, pp. 1369–1381 (2019).

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

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

5(2), 118-130, (2023) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmujens.1374619>



Determination of Free Radical Scavenging and Metal Chelating Activities of Different Extracts of *Galanthus elwesii* Hook.f.

Galanthus elwesii Hook.f.'nin Farklı Ekstraktlarının Serbest Radikal Yakalama ve Metal Şelatlama Aktivitelerinin Tespit Edilmesi

Burak Ayık¹, Buğrahan Emsen^{2*}, Burak Sürmen²

¹Department of Bioengineering, Institute of Science, Karamanoğlu Mehmetbey University, Karaman, Türkiye

²Department of Biology, Kamil Özdağ Faculty of Science, Karamanoğlu Mehmetbey University, Karaman, Türkiye

(Received: 11 October 2023; Accepted: 31 October 2023)

Abstract. Among antioxidants effective in combating oxidative stress, natural compounds play a significant role. Many plants may have high levels of antioxidant capacity through the compounds they contain. In line with this information, in the current study, we aimed to evaluate the antioxidant properties of *Galanthus elwesii* Hook.f. In this context, it was tested the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging and metal chelating activities of different concentrations (12.5-400 mg/L) of methanol and water extracts obtained from the bulb part of this plant. A concentration-dependent increase in activity was observed for both extracts. DPPH scavenging (87.10%) and metal chelating (72.99%) activities demonstrated by 400 mg/L concentration applications came to the fore. In addition, it was determined that these data were significantly ($p < 0.05$) higher than the activity rates revealed by other applications. Considering the IC₅₀ values, low values for DPPH scavenging and metal chelating activities (110.88 mg/L and 132.40 mg/L, respectively) were detected in

water extracts. As a result, the importance of *G. elwesii* among plants that have the potential to be a rich source of antioxidants was revealed in this study.

Key words: Antioxidant, herbal product, natural compound

Özet. Oksidatif stresle mücadelede etkili olan antioksidanlar arasında, doğal bileşikler önemli bir rol oynamaktadır. Birçok bitki taşıdıkları bileşikler aracılığı ile yüksek seviyede antioksidan kapasiteye sahip olabilir. Bu bilgiler doğrultusunda, mevcut çalışmada, *Galanthus elwesii* Hook.f.'nin antioksidan özelliklerini değerlendirmeyi amaçladık. Bu kapsamda, bu bitkinin soğan kısmından elde edilen metanol ve su ekstraktlarının farklı konsantrasyonlarının (12,5-400 mg/L) 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) yakalama ve metal şelatlama aktiviteleri test edildi. Her iki ekstrakt için de konsantrasyona bağlı aktivite artışı görülmüştür. 400 mg/L konsantrasyonlu uygulamaların gösterdiği DPPH yakalama (%87,10) ve metal şelatlama (%72,99) aktiviteleri ön plana çıkmıştır. Ayrıca bu verilerin diğer uygulamaların ortaya çıkardığı aktivite oranlarından önemli derecede ($p < 0,05$) yüksek olduğu belirlenmiştir. IC₅₀ değerleri göz önüne alındığında, DPPH yakalama ve metal şelatlama aktiviteleri için düşük değerler (sırasıyla, 110,88 mg/L ve 132,40 mg/L) su ekstraktlarında tespit edilmiştir. Sonuç olarak, antioksidanlar bakımından zengin bir kaynak olabilme potansiyeline sahip olan bitkiler içerisinde *G. elwesii*'nin önemi bu çalışma ile ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, bitkisel ürün, doğal bileşik

1. Introduction

Antioxidants are molecules or compounds that neutralize or neutralize harmful free radicals formed in chemical reactions called oxidation or oxidative stress. Oxidation is a normal metabolic process in our body and serves many important functions [29,34]. However, oxidative stress occurs when free radicals are produced uncontrollably or are not neutralized. These free radicals have the potential to damage biomolecules such as DNA, proteins, and lipids, which can lead to cell damage and various health problems [23,26].

Some metal ions can trigger free radical production or increase oxidative stress [24,27]. Some metals, especially iron and copper, have the potential to form free radicals within

the cell. Metal chelates can prevent or reduce excess metal ions from forming free radicals [28,37]. Chelating metal ions can reduce the potential of these ions to cause oxidative stress. On the other hand, excessive metal chelates can also be harmful. For example, it is possible for lead to accumulate in the body and cause toxicity when combined with chelating agents [1]. Therefore, it is important to maintain the balance between metal ions and free radicals in the body. Measures such as a healthy diet, consuming foods containing antioxidants, controlled intake of metal ions and avoiding toxic exposure can reduce the negative effects of metal chelation and oxidative stress on health [14,19,38].

Antioxidants reduce the negative effects of oxidative stress by neutralizing or inactivating free radicals [17,33] and they play roles in reducing the harmful effects of free radicals, such as scavenging free radicals, protecting cell membranes, protecting DNA, and reducing inflammation [22,31].

Plants are natural sources containing a variety of antioxidants and provide important health benefits for humans [20]. Antioxidants in plants protect body cells from the harmful effects of oxidative stress by neutralizing or inactivating reactive molecules known as free radicals [35]. *Galanthus* species, especially snowdrop plants, contain some alkaloids. The most well-known of these alkaloids is called galantamine. Galantamine is similar in structure to drugs such as donepezil, a drug used to relieve symptoms of Alzheimer's disease [2,30]. Therefore, some studies have examined whether galantamine in *Galanthus* species may be a potential contribution to the treatment of different diseases. *Galanthus* species have been used in some local traditional medicine practices [15]. However, scientific evidence about how these plants are used in traditional medicine and their effects is limited [7]. In this study, we aimed to examine the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging and metal chelating activities of methanol and water extracts obtained from *Galanthus elwesii* Hook.f..

2. Materials and methods

2.1. Collection and identification of the plant samples

Galanthus elwesii samples were collected from Karadağ Mountain (Karaman/Türkiye). Plant species were identified with the help with various literatures [16,21]. Whole plant

samples were dried in an oven at 40°C to a constant weight after they were cleaned from soil and waste. Later they were grinded for the study.

2.2. Preparation of the extracts

Bulb samples of *G. elwesii* were dried under room conditions and powdered with an ultra-centrifuge grinder (Retsch ZM 200, Germany). The ground-dried plant samples (1.75 g) were extracted in 250 mL of methanol and water at room temperature through the Soxhlet extraction apparatus. The crude extracts of the plant samples were filtered through the Whatman No. 1 filter paper. The solvent was evaporated with a rotary evaporator (IKA, Staufen Germany) under vacuum to dry and lyophilized to get ultra-dry powders. Methanol and water extracts of *G. elwesii* yielded 20% and 12% (w/w) of plant substances, respectively.

2.3. Free radical scavenging activity

In the measurement of DPPH scavenging activity of methanol and water extracts obtained from the plants, applications were carried out with the final concentrations of the extracts in the plate wells of 12.5, 25, 50, 100, 200, and 400 mg/L. According to the method, 20 µL of the extracts were placed in each microplate well, and 180 µL of DPPH (0.06 mM in methanol) was added. The reduction of DPPH free radical was determined by measuring the absorbance values at 517 nm after 60 minutes in the dark. The free radical scavenging activities of the extracts were calculated as a percentage using the following formula: Radical scavenging activity = [(Control absorbance – Extract absorbance) / Control absorbance] × 100.

2.4. Metal chelating activity

In the measurement of the metal chelating activity of methanol and water extracts obtained from the plants, applications were carried out with the final concentrations of the extracts in the plate wells of 12.5, 25, 50, 100, 200, and 400 mg/L. According to the method, 50 µL of the extracts were added to each microplate well. 10 µL of ferrozine (5 mM), 5 µL of FeCl₂ (2 mM), and 185 µL of methanol were added to them, respectively, and kept at room temperature for 10 minutes. Spectrophotometric measurements were performed at 562 nm. The metal chelating activities of the extracts were calculated in

percent with the following formula: Metal chelating activity = [(Control absorbance – Extract absorbance) / Control absorbance] × 100.

2.5. Statistical analyses

Statistical analysis was performed for antioxidant experiments using a one-way ANOVA test (Duncan). The probit model was employed to determine the values of the median inhibitor concentration (IC₅₀). Three-dimensional (3-D) density analysis was used to determine the correlations between data points. Heatmap and cluster analyses were used to group data points that share similar characteristics or are close to each other. All of these analytical procedures were conducted using SPSS software (version 21.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA).

3. Results and Discussion

There was a concentration-dependent increase in activity in both methanol and water extracts in DPPH scavenging activity. The maximum concentration of water extract (400 mg/L) showed the highest activity (87.10%). This value was significantly ($p < 0.05$) higher than all other values. The highest activity in the methanol extract was 72.16% (Figure 1). Considering the IC₅₀ values, it was determined that the water extract was more effective (IC₅₀: 110.88 mg/L) (Table 1). There are studies in the literature showing that different compounds of *G. elwesii* have antioxidant activity. In a study, the total phenolic content change in the plant was examined through different compounds applied to this plant. The greatest total phenolic content was found in the combination of the bulb and root of the tallest plant that had been exposed to jasmonic acid [6]. In another study, it was undertaken to examine how applying foliar salicylic acid and zinc treatments affect the levels of proline, carotenoids, and chlorophyll, as well as the activity of antioxidant enzymes in *G. elwesii*. The research revealed that higher doses of salicylic acid and zinc led to an increase in malondialdehyde content, although this increase was not statistically significant. Specifically, the total chlorophyll saw an increase with Zn treatments [25]. Similarly, in a different study, the aim was to assess how the presence of zinc and phosphorus influences the production of alkaloid compounds and the bioactive properties in *G. elwesii*. An increase in antioxidant activities in the plant was observed with zinc

application. Additionally, the plant extracts showed antimicrobial and cytotoxic activity [4].

A concentration-dependent increase was detected, similar to DPPH scavenging activity. When methanol and water extract were compared, it was determined that the water extract showed more effective metal chelating activity. The highest rate (72.99%) belonged to the concentration of 400 mg/L of water extract. Considering the high metal chelating activities, the concentration of 200 mg/L (57.15%) of the water extract was also noted. These two data were statistically ($p < 0.05$) different from the other data (Figure 2). When the IC₅₀ values were taken into account, the water extract had a lower value (132.40 mg/L), and therefore, stood out as a more effective metal chelator (Table 1). In one of the previous studies, it was involved assessing the polyphenolic compositions of various components of *G. elwesii*, including its flowers, bulbs, and leaves, using colorimetric techniques. Furthermore, the research investigated the antioxidant attributes and the potential for inhibiting enzymes in the extracted substances. The leaf extracts of *G. elwesii* under investigation displayed the highest levels of total phenolic and total flavonoid content. All of the extracts exhibited significant activity in inhibiting acetylcholinesterase and tyrosinase [18]. Bati Ay et al. [5] assessed phenolic content using reversed-phase HPLC, while the antioxidant properties were examined through free radical scavenging capacity, reducing power, and metal chelation ability. They detected DPPH and metal chelating activities in high concentrations using concentrations similar to those used in our study. Furthermore, important natural compounds such as gallic acid, formononetin, camphorol, quercetin, caffeic acid and myricetin were determined in *G. elwesii*. The chemical composition of *G. elwesii* was studied using the GC-MS technique, and its anticholinesterase activity was examined alongside molecular modelling studies. The extracts were tested for their ability to inhibit acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase, and many compounds were identified using GC-MS in six distinct alkaloid extracts [13]. Berkov et al. [9] also carried out a different study on the alkaloid size contents of *G. elwesii*. In different populations of *G. elwesii*, tyramine-type protoalkaloids, specifically hordenine and its variations, were found to be the prevalent compounds. There are many studies on the alkaloid content of *G. elwesii* in the literature

[8,10–12]. In addition, *G. elwesii* exhibits antioxidant activity potential due to the abundance of phenolic compounds it contains [3,32,36].

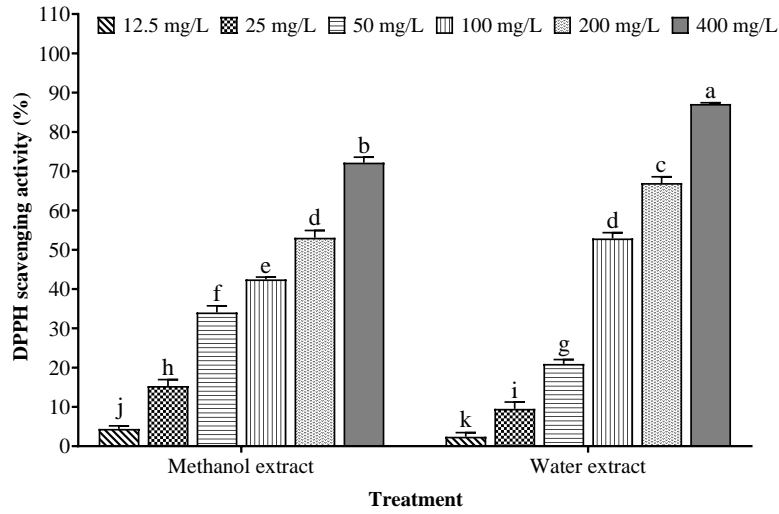


Figure 1. Evaluation of the ability of various extracts from *G. elwesii* to neutralize DPPH radicals. Vertical bars depict the standard deviation observed across five separate experiments. Dissimilar letters are used to indicate statistically significant distinctions ($p < 0.05$).

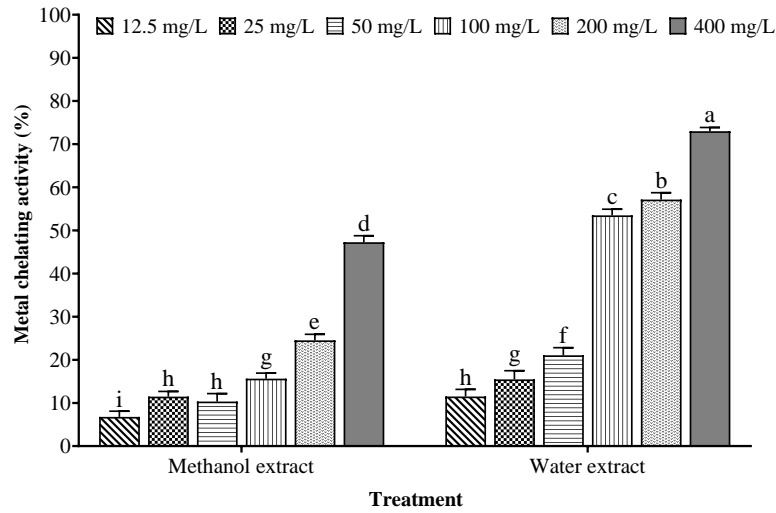


Figure 2. Evaluation of the ability of various extracts from *G. elwesii* to assessment of their capacity to chelate metals. Vertical bars depict the standard deviation observed across five separate experiments. Dissimilar letters are used to indicate statistically significant distinctions ($p < 0.05$).

Table 1. IC₅₀ values (mg/L) of extracts derived from *G. elwesii* in relation to their ability to scavenge DPPH radicals and chelate ferrous ions

Extract	Activity	IC ₅₀ (Limits)	Slope ± Standard error (Limits)
Methanol	DPPH scavenging	144.85 (132.26–159.60)	1.34 ± 0.05 (1.23–1.44)
	Metal chelating	788.77 (610.55–1083.05)	0.91 ± 0.05 (0.80–1.02)
Water	DPPH scavenging	110.88 (104.27–118.06)	2.04 ± 0.06 (1.91–2.17)
	Metal chelating	132.40 (120.85–145.85)	1.30 ± 0.05 (1.20–1.40)

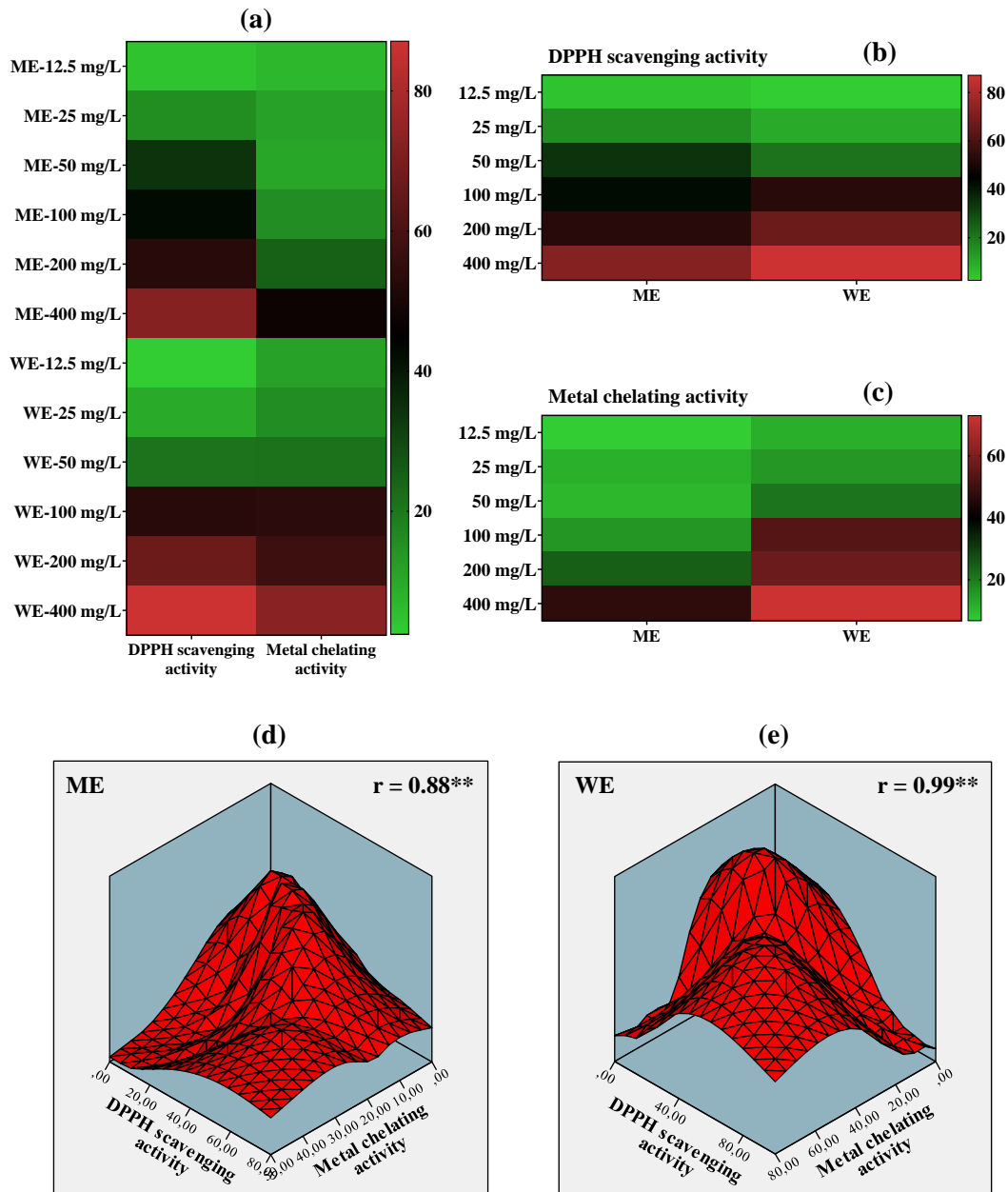


Figure 3. (a, b, c) Heatmaps depicting the percentage of DPPH scavenging and metal chelating activities of different concentrations of the extracts are presented. In the heatmap analyses, high and low activities are indicated by red and green colors, respectively. (d, e) Three-dimensional density analysis was conducted for DPPH scavenging and metal chelating activities of the extracts. In the 3-D density analysis, correlation coefficients (r) were calculated. The double asterisks (**) emphasize the significance level of 0.01. ME refers to the methanol extract of *G. elwesii*, WE refers to the water extract of *G. elwesii*.

When an examination was made between the extracts by heatmap analysis for DPPH scavenging activity, red gradients representing high activity appeared at concentration of 400 mg/L. In addition, the activity elicited by concentrations of 12.5 and 25 mg/L had a green gradient (Figure 3b). Heatmap analysis for metal chelating activity revealed low and near activities in the range of 12.5-50 mg/L with the green gradients (Figure 3c).

When DPPH scavenging and metal chelating activities were generally compared by heatmap analysis for water extract, it was determined that low (12.5-50 mg/L) and high (100-400 mg/L) concentrations showed similar activities to each other. As for the methanol extract, predominantly low concentrations (12.5 and 25 mg/L) showed similar activities (Figure 3a). In 3-D density analysis carried out to determine the correlation level between these two activities, it was revealed that the water extract showed a significantly ($p < 0.01$) high correlation ($r = 0.99$). In addition, methanol extract was also found to have a high correlation coefficient ($r = 0.88$) (Figure 3d,e).

In conclusion, the antioxidant importance of the *G. elwesii* is quite remarkable based on the results of our study. Our research has shown that this plant has high DPPH and metal chelating activities. The antioxidant compounds contained in the plant can reduce cellular damage by fighting free radicals and offer a number of health benefits. Furthermore, the antioxidant potential of *G. elwesii* indicates great potential in various application fields. Further research on this plant may provide important contributions in the fields of antioxidant treatments and pharmaceuticals. In conclusion, the antioxidant properties of *G. elwesii* should be considered as a source that highlights the importance of natural ingredients for health.

References

- [1] Ahmed S.A., Hasan M.N., Bagchi D., Altass H.M., Morad M., Jassas R.S., Hameed A.M., Patwari J., Alessa H., Alharbi A., Alharbi A., Pal S.K., Combating essential metal toxicity: key information from optical spectroscopy, ACS Omega., 5(25), pp.15666–15672, (2020).
- [2] Babashpour-Asl M., Kaboudi P.S., Barez S.R., Therapeutic and medicinal effects of snowdrop (*Galanthus* spp.) in Alzheimer's disease: a review, J. Educ. Health Promot., 12(1), pp.128, (2023).

- [3] Bach A., Pawłowska B., Hura K., The effect of the exogenous phenolic compound, caffeic acid on organogenesis of *Galanthus elwesii* Hook. cultured in vitro, *Biotechnologia.*, (2), pp.139–145, (2010).
- [4] Bati Ay E., Açıkgöz M.A., Kocaman B., Mesci S., Kocaman B., Yıldırım T., Zinc and phosphorus fertilization in *Galanthus elwesii* Hook: changes in the total alkaloid, flavonoid, and phenolic content, and evaluation of anti-cancer, anti-microbial, and antioxidant activities, *Sci. Hortic. (Amsterdam).*, 317, pp.112034, (2023).
- [5] Bati Ay E., Gül M., Açıkgöz M.A., Yarılgöz T., Kara Ş.M., Assessment of antioxidant activity of giant snowdrop (*Galanthus elwesii* hook) extracts with their total phenol and flavonoid contents, *Indian J. Pharm. Educ. Res.*, 52(4), pp.S128–S132, (2018).
- [6] Bati Ay E., Açıkgöz M.A., Kocaman B., Güler S.K., Effect of jasmonic and salicylic acids foliar spray on the galanthamine and lycorine content and biological characteristics in *Galanthus elwesii* Hook, *Phytochem. Lett.*, 57, pp.140–150, (2023).
- [7] Bati Ay E., Kara Ş.M., Açıkgöz M.A., Effect of phosphorus fertilization on phenolic compounds and antioxidant activity in *Galanthus elwesii* Hook., *Int. J. Agric. Environ. Food Sci.*, 7(3), pp.690–695, (2023).
- [8] Berkov S., Bastida J., Sidjimova B., Viladomat F., Codina C., Phytochemical differentiation of *Galanthus nivalis* and *Galanthus elwesii* (Amaryllidaceae): a case study, *Biochem. Syst. Ecol.*, 36(8), pp.638–645, (2008).
- [9] Berkov S., Bastida J., Sidjimova B., Viladomat F., Codina C., Alkaloid diversity in *Galanthus elwesii* and *Galanthus nivalis*, *Chem. Biodivers.*, 8(1), pp.115–130, (2011).
- [10] Berkov S., Bastida J., Viladomat F., Codina C., Analysis of galanthamine-type alkaloids by capillary gas chromatography-mass spectrometry in plants, *Phytochem. Anal.*, 19(4), pp.285–293, (2008).
- [11] Berkov S., Cuadrado M., Osorio E., Viladomat F., Codina C., Bastida J., Three new alkaloids from *Galanthus nivalis* and *Galanthus elwesii*, *Planta Med.*, 75(12), pp.1351–1355, (2009).
- [12] Berkov S., Reyes-Chilpa R., Codina C., Viladomat F., Bastida J., Revised NMR data for incartine: an alkaloid from *Galanthus elwesii*, *Molecules.*, 12(7), pp.1430–1435, (2007).

- [13] Bozkurt B., Coban G., Kaya G.I., Onur M.A., Unver-Somer N., Alkaloid profiling, anticholinesterase activity and molecular modeling study of *Galanthus elwesii*, South African J. Bot., 113, pp.119–127, (2017).
- [14] Bronze M.R., Figueira M.E., Mecha E., Flavonoids and its contribution to a healthier life, 2012.
- [15] Cozanitis D.A., The snowdrop, wellspring of galanthamine: A brief descriptive and scientific history, Wiener Medizinische Wochenschrift., 171(9–10), pp.205–213, (2021).
- [16] Davis P.H., Flora of Turkey and East Aegen islands, Edinburgh University Press, Edinburgh, 1988.
- [17] Engwa G.A., Nweke F.N., Nkeh-Chungag B.N., Free radicals, oxidative stress-related diseases and antioxidant supplementation, Altern. Ther. Health Med., 28(1), pp.144–128, (2022).
- [18] Fawzi Mahomoodally M., Zengin G., Ibrahim Sinan K., Yıldıztuğay E., Lobine D., Ouelbani R., Bensari S., Ak G., Abdullah Yılmaz M., Gallo M., Gallo M., Montesano D., A comprehensive evaluation of the chemical profiles and biological properties of six geophytes from Turkey: sources of bioactive compounds for novel nutraceuticals, Food Res. Int., 140, pp.110068, (2021).
- [19] Gervasi T., Calderaro A., Barreca D., Tellone E., Trombetta D., Ficarra S., Smeriglio A., Mandalari G., Gattuso G., Biotechnological applications and health-promoting properties of flavonols: an updated view, Int. J. Mol. Sci., 23(3), pp.1710, (2022).
- [20] Gong P., Long H., Guo Y., Wang Z., Yao W., Wang J., Yang W., Li N., Xie J., Chen F., Chinese herbal medicines: the modulator of nonalcoholic fatty liver disease targeting oxidative stress, J. Ethnopharmacol., 318, pp.116927, (2024).
- [21] Güner A., Özhatay N., Ekim T., Başer K.H., Flora of Turkey and the East Aegean islands, Supplement-II, Edinburgh University Press, Edinburgh, 2000.
- [22] Iakovou E., Kourti M., A comprehensive overview of the complex role of oxidative stress in aging, the contributing environmental stressors and emerging antioxidant therapeutic interventions, Front. Aging Neurosci., 14, pp.827900, (2022).
- [23] Jomova K., Raptova R., Alomar S.Y., Alwasel S.H., Nepovimova E., Kuca K., Valko M., Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: chronic diseases and aging, Arch. Toxicol., 97(10), pp.2499–2574, (2023).

- [24] Jomova K., Valko M., Advances in metal-induced oxidative stress and human disease, *Toxicology.*, 283(2–3), pp.65–87, (2011).
- [25] Kırgeç Y., Batı-Ay E., Açıkgöz M.A., The effects of foliar salicylic acid and zinc treatments on proline, carotenoid, and chlorophyll content and anti-oxidant enzyme activity in *Galanthus elwesii* Hook, *Horticulturae.*, 9(9), pp.1041, (2023).
- [26] Klran T.R., Otlu O., Karabulut A.B., Oxidative stress and antioxidants in health and disease, *J. Lab. Med.*, 47(1), pp.1–11, (2023).
- [27] Kontoghiorghes G.J., New iron metabolic pathways and chelation targeting strategies affecting the treatment of all types and stages of cancer, *Int. J. Mol. Sci.*, 23(22), pp.13990, (2022).
- [28] Koskenkorva-Frank T.S., Weiss G., Koppenol W.H., Burckhardt S., The complex interplay of iron metabolism, reactive oxygen species, and reactive nitrogen species: insights into the potential of various iron therapies to induce oxidative and nitrosative stress, *Free Radic. Biol. Med.*, 65, pp.1174–1194, (2013).
- [29] Kulawik A., Cielecka-Piontek J., Zalewski P., The importance of antioxidant activity for the health-promoting effect of lycopene, *Nutrients.*, 15(17), pp.3821, (2023).
- [30] Lei T.-T., Wang J.-H., Du G.-H., Galantamine, 2018.
- [31] Luo M., Zheng Y., Tang S., Gu L., Zhu Y., Ying R., Liu Y., Ma J., Guo R., Gao P., Gao P., Zhang C., Radical oxygen species: an important breakthrough point for botanical drugs to regulate oxidative stress and treat the disorder of glycolipid metabolism, *Front. Pharmacol.*, 14, pp.1166178, (2023).
- [32] Nikolova M., Gevrenova R., Determination of phenolic acids in Amaryllidaceae species by high performance liquid chromatography, *Pharm. Biol.*, 43(3), pp.289–291, (2005).
- [33] Rana K., Gautam P., A review on antioxidants as therapeutic in use of oxidative stress and neurodegenerative disease, *Int. J. Pharm. Qual. Assur.*, 13(1), pp.77–82, (2022).
- [34] Ren X., Léveillard T., Modulating antioxidant systems as a therapeutic approach to retinal degeneration, *Redox Biol.*, 57, pp.102510, (2022).
- [35] da Silva Campelo M., Neto J.F.C., Lima A.B.N., das Chagas Neto F.C., da Costa Gonzaga M.L., de Aguiar Soares S., Leal L.K.A.M., Ribeiro M.E.N.P., Ricardo N.M.P.S., Polysaccharides and extracts from *Agaricus brasiliensis* Murill – a comprehensive review, *Int. J. Biol. Macromol.*, 183, pp.1697–1714, (2021).

- [36] Tüzen M., Özdemir M., Chromatographic determination of phenolic acids in the snowdrop by HPLC, *Turkish J. Chem.*, 27(1), pp.49–54, (2003).
- [37] Valko M., Jomova K., Rhodes C.J., Kuča K., Musílek K., Redox- and non-redox-metal-induced formation of free radicals and their role in human disease, *Arch. Toxicol.*, 90(1), pp.1–37, (2016).
- [38] Visioli F., Riso P., Grande S., Galli C., Porrini M., Protective activity of tomato products on in vivo markers of lipid oxidation, *Eur. J. Nutr.*, 42(4), pp.201–206, (2003).

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

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

5(2), 131-152, (2023) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmujens.1364192>



Yarı Kurak Ekolojik Koşullara Sahip Toprakların Verimlilik Özelliklerine Yönelik Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi; Samsun-Vezirköprü Örneği

Determination of Spatial Distributions of Soils with Semi-Arid Ecological Conditions in terms of Fertility Characteristics; Samsun-Vezirköprü Example

Fikret SAYGIN^{1*}, Halil AYTOP², Orhan DENGİZ³, Yusuf KOÇ⁴, Ali İMAMOĞLU⁵

¹Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Sivas, Türkiye

²Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Kahramanmaraş, Türkiye

³Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

⁴Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Samsun, Türkiye

⁵Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Eğitim Fakültesi, Sinop Üniversitesi, Sinop, Türkiye

(Alındı: 21 Eylül 2023; Kabul edildi: 10 Kasım 2023)

Özet. Hem karasal hem de Karadeniz iklim özelliklerinin görüldüğü Samsun ili Vezirköprü ilçesi, bitki yetiştiriciliği açısından polikültür tarım yapılabilme olanağına sahiptir. Toplam 111 km²'lik alandan 400 x 400 m aralıklarla grid sisteme göre yüzey (0-20 cm) ve yüzeyaltı (20-40 cm) olmak üzere toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerde makro ve mikro düzeyde analizler gerçekleştirilmiş ve coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS), ArcGIS programı kullanılıp en düşük hata kareler ortalamasına sahip model seçilerek enterpolasyon haritaları üretilmiştir. Toprak örneklerinde gerçekleştirilen tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre tüm parametrelere ait veriler

sağa çarpık (pozitif) iken, basıklık durumları normale göre daha dik, varyasyon katsayıları ise yüksek değişkenliğe sahiptir. Çalışma alanının yüzey ve yüzey altı topraklarının büyük bir bölümünde N içeriği yeterli, alınabilir fosfor ve alınabilir potasyum içerikleri ise yetersiz durumdadır. Alanın büyük bölümünde Na içeriği düşük, Ca, Mg, ve K içeriğinin ise yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Vezirköprü, toprak verimliliği, üretkenlik, CBS, enterpolasyon

Abstract. Vezirköprü district of Samsun province, where both continental and Black Sea climate characteristics are observed, has the opportunity to carry out polyculture agriculture in terms of plant cultivation. Soil samples were taken as surface (0-20 cm) and subsurface (20-40 cm) according to the grid system at intervals of 400 x 400 m from a total area of 111 km². Macro and micro level analyzes were carried out on the samples taken, and interpolation maps were produced by using the Geographic Information Systems (GIS) ArcGIS program and selecting the model with the lowest mean square error. According to the descriptive statistics results performed on soil samples, the data for all parameters are skewed to the right (positive), the kurtosis situations are steeper than normal, and the coefficients of variation have high variability. In most of the surface and subsurface soils of the study area, N content is sufficient, but available phosphorus and available potassium contents are insufficient. It was observed that the Na content was low in most of the area, while the Ca, Mg, and K contents were high.

Key words: Vezirköprü, soil fertility, productivity, GIS, interpolation

1. Giriş

Farklı zaman ve mekân ölçeğinde doğal olarak oluşumu yüzyıllar alan toprakların [1], kendine özgü kullanım ve yönetim istekleri bulunmaktadır. Bu nedenle topraklara ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi, topraklara ait yönetim özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Tarımsal üretimin devamlılığı, toprak ve su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi ile mümkündür. Topraklara ait karakteristik özelliklerin belirlenmesi, onların üretim gücünün tahmini ve verimlilik parametrelerinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasının yanında, koruma ve yönetim uygulamalarına yönelik etkin kararların alınabilmesi açısından önemlidir. Tarım arazilerinin yaşanan nüfus yoğunluğu nedeniyle aşırı ve amaçları dışında kullanımı, doğal

olarak üzerlerindeki baskıyı arttırarak, üretkenlikleri ve biyoçeşitliliklerinin azalması hatta yok olması ile sonuçlanmaktadır [2]. Bu nedenle doğal olarak oluşumu yüzyıllar alan toprakların çok daha etkin korunmasını ve sürdürülebilirliği açısından caydırıcı önlemler alınmasını gerekli kılmaktadır.

Topraklara ait verimlilik parametrelerinin alansal dağılımlarının farklılık göstermesi, çevreye ve üretilen ürüne duyarlı daha hassas gübre ve yetiştiricilik teknolojilerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır [1,3]. Toprak içerisinde yer alan besin elementlerinin dağılımı ve dengesi sürdürülebilir toprak verimliliği ve bitkisel üretim açısından önem arz etmektedir [1].

Toprak özelliklerinin kısa mesafelerde değişkenlik göstermesi ve noktasal olarak elde edilen toprak örneklerinin alansal olarak yorumlanmasında klasik istatistik yöntemler yetersiz kalmaktadır. Ayrıca farklı mekânsal ve zamansal ölçekte yapılan toprak örneklemelerine ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler arazi üzerinde heterojen dağılım gösterebilmektedir [4-6]. Enterpolasyon yöntemleri ile toprak özelliklerine yönelik dağılımların değerlendirilmesi, toprak verimliliği üzerinde etki edebilecek tüm değişkenlerin belirlenmesi, takip edilmesi ve yorumlanmasının yanı sıra etkili yönetim uygulamalarının geliştirilmesi açısından büyük öneme sahiptir [7]. Son yıllarda farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprak özelliklerinin yüksek doğruluk ile dağılım haritalarının oluşturulduğu çalışmalar bulunmaktadır [7-14]. Ayrıca arazi üzerinde süreklilik ve heterojen özellik gösteren topraklarda, her noktada ölçüm ve analizin yapılabilmesi mümkün olmadığından mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi de büyük öneme sahiptir [15]. Bu nedenle Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları ile alansal veri tahmininde farklı enterpolasyon yöntemlerinin kullanılması, mekânsal değişkenliğin belirlenebilmesine katkı sunmaktadır. Ayrıca toprak özelliklerine yönelik üretilecek mekânsal dağılım haritaları sonrasında gerçekleştirilecek farklı kullanım türleri ve uygulamalar için veri tabanı niteliğindedir.

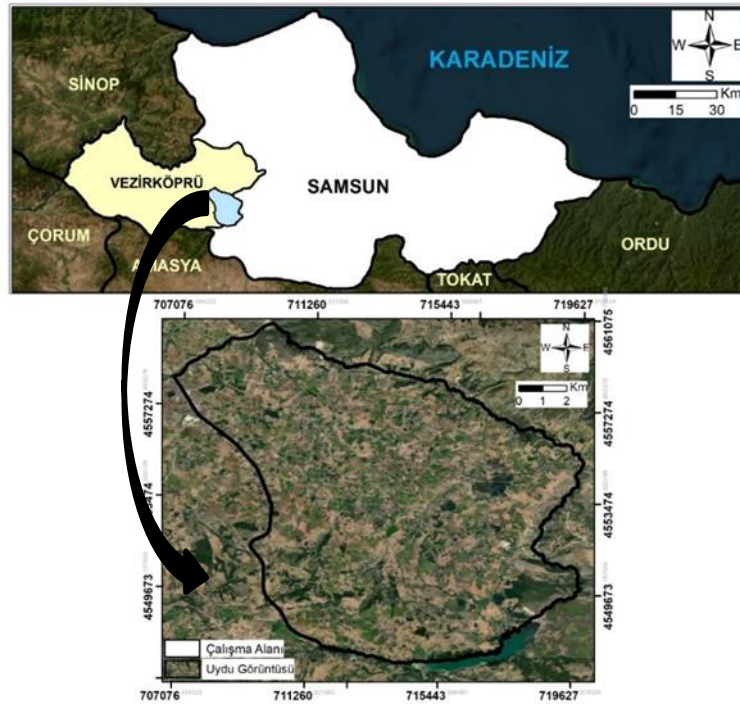
Tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı Vezirköprü ilçesinde büyük çoğunluğu basınçlı sulama sistemleri ile desteklenmiş olan çalışma alanında toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine yönelik dağılım haritalarının oluşturulması verim üzerinde önemli düzeyde etki edeceği düşünülmektedir. Bu nedenle çalışma alanı içerisinde tarım, orman ve mera gibi farklı kullanım türleri içerisinde 400 x 400 m aralıklarla alınmış toprak örneklerinde

belirlenmiş olan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları farklı enterpolasyon modelleri ile değerlendirilerek, en düşük hata aralığına sahip modele ilişkin dağılım haritalarının oluşturulması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Çalışma alanının genel özellikleri

Araştırma alanı 4660758.63 – 4546788.18 Kuzey enlemleri 706790.24 – 719830.42 Doğu boylamları (WGS-84, UTM-m, 36T Zone) içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı yaklaşık olarak 11.100 ha'lık alana sahiptir.

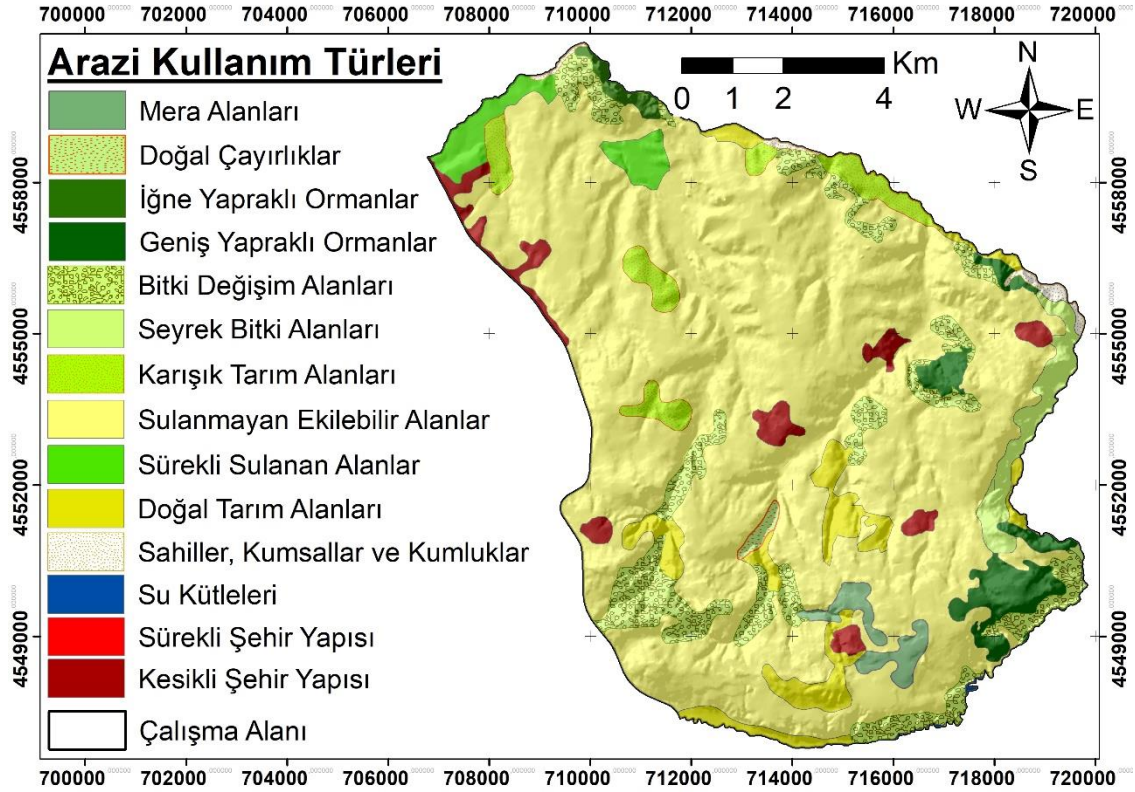


Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.

Alan içerisinde çoğunluğu tarım arazilerine sahip orman ve mera gibi farklı kullanım türleri bulunmaktadır. Çalışma alanının deniz seviyesinden yüksekliği 240-750 m arasında değişmektedir. Bölgenin kuzeydoğu ve güney kesimlerinde %30'un üzerinde dik eğime sahip alanlar bulunmasına rağmen, bunların büyük bir çoğunluğu ekili tarıma uygun, düze yakın, hafif ve orta eğimlerde (%0-12) yer almaktadır. Ayrıca alanın büyük bir kısmı kuzey, kuzeydoğu ve güneybatı yöneylerine sahip arazilerden oluşmaktadır [16].

İklim özelliği açısından Vezirköprü, karasal iklim özellikleri ile sahil kesimine özgü nemli ılıman iklim arasında geçiş kuşağı özelliğindedir. Bu nedenle kış ayları kıyı

kesimine göre daha soğuk, yaz ayları ise daha sıcaktır. Uzun yıllık ortalama sıcaklık 12.5 °C, yıllık ortalama yağış değeri ise 527.0 mm dir [17]. Alan içerisinde yayılım gösteren toprakların Newhall simülasyon modeli [18] ile belirlenen toprak nem rejimi Typic Xeric, sıcaklık rejimi ise Mesic olarak belirlenmiştir [19]. Arazi örtüsü/arazi kullanım türünü belirlemek üzere Corine 2018 verisine dayalı oluşturulan haritada, alanda en fazla yayılım gösteren kullanım biçimini tarım alanları oluşturmaktadır (Şekil 2).

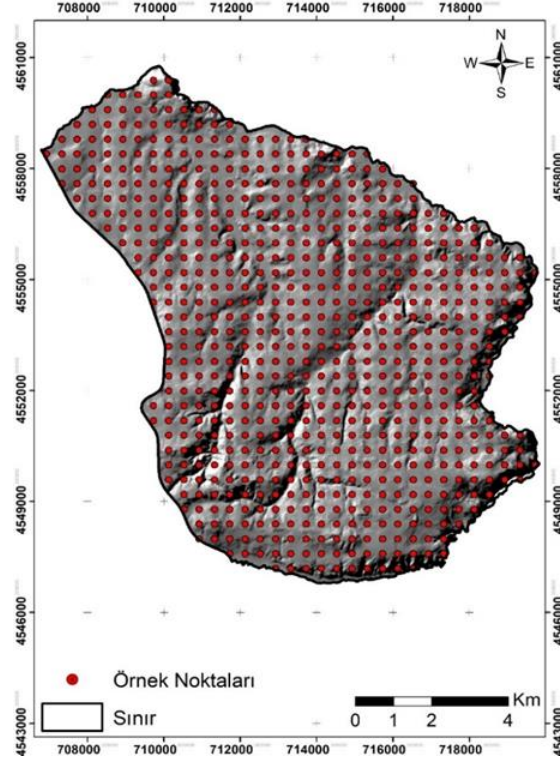


Şekil 2. Çalışma alanına ait arazi kullanım türleri

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak örnekleme ve analizler

Yaklaşık 11100 hektarlık çalışma alanı içerisinde tarım, orman ve mera kullanımına yönelik 400m x 400m mesafeli grid örnekleme modeline göre yüzeyden (0-20 cm) 656 ve yüzey altından (20-40 cm) toplamda 637 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Toprak örnekleme yapılan noktalar

Alınan örnekler laboratuvara getirilerek doğal koşullar altında güneş ışığı almayan ortamda kurutularak tahta tokmak ile dövülmüş ve 2 mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde; alınabilir fosfor içerikleri (P) Olsen yöntemine göre [20]; azot (N) Kjeldahl yaş yakma [21], yarayışlı potasyum ise 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) ekstraksiyon yöntemiyle belirlenmiştir [21]. Toprakların demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) içerikleri ise; DTPA ile ekstraksiyon sonrasında elde edilen çözeltinin atomik adsorbsiyon spektrofotometresinde okunmasıyla [22] saptanmıştır. Toprak özelliklerinin aralık sınıflarının değerlendirilmesinde, [22] ile [23] tarafından bildirilen sınır değerler kullanılmıştır. Toprakta ekstrakte edilen Bor (B) miktarı azometin-H yöntemi ile oluşturulan kompleksin renk yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir [24].

2.2.2. Enterpolasyon yöntemleri

Toprak özelliklerinin alansal dağılımının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan IDW, RBF (spline) deterministik yöntemler ile stokastik yöntemlerden Kriging (ordinary, simple ve universal) enterpolasyon teknikleri kullanılmıştır. IDW enterpolasyon tekniği, deterministik bir yöntemdir [9]. Enterpolasyon aşamasında matematiksel fonksiyonlar

deterministik teknikler ile belirlenirken, stochastic (jeostatistiksel) yöntemler; tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları ortaya koyabilmek amacıyla hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır [25]. Yöntemlerin birbirleriyle kıyaslanması ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren başka bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanının seçebilmek için literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir [1,10]. Ölçülen değerler ve enterpolasyonlar ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi yorumlayabilmek ve kullanılan yöntemler içerisinde en uygun olanının seçilmesinde yaygın olarak ortalama hata kareleri toplamının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) gibi bazı parametreler dikkate alınmaktadır [26,10]. Bu çalışmada RMSE seçilerek, enterpolasyonda kullanılan on beş yöntem (Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW); 1,2,3, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF); Thin Plate Spline, Completely Regularized Spline, Spline With Tension, Kriging; Doğal (Ordinary), Basit (Simple), Evrensel (Universal) karşılaştırılmıştır. En düşük kare kök ortalama hata değerini veren yöntem, en uygun yöntem olarak değerlendirilmiştir. RMSE değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki (1) eşitlikler kullanılmıştır [27].

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Z_i^* - Z_i)^2}{n}} \quad (1)$$

Eşitlikte;

Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* : ölçülen değer ve n : örnek sayısını ifade etmektedir.

Toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler IBM SPSS 23 paket programı, analiz sonuçlarına yönelik konumsal dağılım alanlarının belirlenmesinde ise ArcMap 10.8v programı kullanılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Toprakların genel özellikleri

Çalışma alanından yüzey ve yüzey altı derinliklerinden alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analiz değerlerine ilişkin en düşük ve en yüksek değer, standart sapma, varyans, ortalama değer, çarpıklık ve basıklık gibi tanımlayıcı istatistik sonuçları hesaplanmış ve Tablo 1’ de verilmiştir. Herhangi bir veri setine ait özelliklerin simetrik dağılım sergilemesi, o veri setin normal dağılım gösterdiğini ifade etmektedir [13].

Normal dağılıma ait simetrisinin bozukluk derecesi çarpıklık (skewness) olarak ifade edilmektedir. Verilerin dağılışı sağa doğru uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu ise sola (negatif) çarpık olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanında dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesi ise basıklık (kurtosis) olarak ifade edilmektedir [28]. Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı topraklarında ele alınan değerler sağa (pozitif) çarpık özelliktedir. Basıklık (kurtosis) katsayıları incelendiğinde genellikle tekstürel fraksiyonda normal'e yakın bir dağılım sergilenirken, mikro ve makro elementlerin dağılım durumlarında pozitif yüksek basıklık belirlenmiştir. Bu da normale göre daha dik bir dağılım sergilemesine yol açmıştır. Varyasyon katsayısı düşük (<%15), orta (%15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflanmaktadır [29-31]. Çalışma alanı yüzey ve yüzey altı topraklarında tüm parametreler yüksek değişkenliğe sahiptir.

Tablo 1. Topraklar analizlerine yönelik tanımlayıcı istatistik değerleri

Tanımlayıcı İstatistik	Derinlik (cm)	EDD	EYD	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Varyasyon Katsayısı*	Çarpıklık	Basıklık
P ₂ O ₅ (kgda ⁻¹)	0-20	0.07	83.28	10.23	10.67	113.86	104.30	2.63	8.96
	20-40	0.09	80.80	5.84	8.02	64.25	137.33	4.12	23.68
K ₂ O (kgda ⁻¹)	0-20	0.60	30.13	4.73	2.91	8.45	61.52	3.39	19.26
	20-40	0.60	24.79	3.76	2.69	7.23	71.54	3.53	18.61
N %	0-20	0.01	0.45	0.16	0.06	0.01	37.50	1.43	4.58
	20-40	0.01	0.49	0.12	0.05	0.01	41.67	1.56	9.41
ppm_Bor	0-20	0.36	7.51	2.16	0.99	0.99	45.83	1.58	4.36
	20-40	0.24	8.98	1.90	1.00	1.00	52.63	2.15	8.99
Fe (mgkg ⁻¹)	0-20	0.65	61.87	7.14	8.07	65.13	113.03	3.33	12.97
	20-40	0.39	55.51	5.98	5.39	29.00	90.13	3.73	21.52
Cu (mgkg ⁻¹)	0-20	0.20	14.95	1.97	0.97	0.95	49.24	5.06	55.41
	20-40	0.12	10.79	1.92	0.91	0.82	47.40	2.62	18.63
Zn (mgkg ⁻¹)	0-20	0.02	5.22	0.48	0.39	0.15	81.25	5.04	41.60
	20-40	0.02	24.97	0.38	1.02	1.03	268.42	22.40	540.28
Mn (mgkg ⁻¹)	0-20	1.89	133.40	16.78	17.25	297.52	102.80	3.82	17.39
	20-40	0.85	117.38	13.03	10.31	106.38	79.13	4.06	25.24
Na (mgkg ⁻¹)	0-20	2.50	1040.00	54.35	71.53	5116.22	131.61	6.72	71.40
	20-40	2.50	1662.50	61.79	97.31	9469.40	157.49	9.48	130.40
K (mgkg ⁻¹)	0-20	50.00	2502.50	396.10	254.83	64938.32	64.33	3.71	21.91
	20-40	50.00	2057.50	312.21	223.19	49815.05	71.49	3.53	18.61
Ca (mgkg ⁻¹)	0-20	660.00	57000.00	7968.60	5510.37	30364140.01	69.15	4.60	31.50
	20-40	680.00	59000.00	8013.62	6021.74	36261367.25	75.14	4.67	29.29
Mg (mgkg ⁻¹)	0-20	468.00	27882.00	2356.84	2628.07	6906753.37	111.51	4.34	31.66
	20-40	96.00	34752.00	2544.98	3316.95	11002168.00	130.33	5.43	42.05
Bor (ppm)	0-20	0.36	7.51	2.16	0.99	0.986	45.92	1.58	4.36
	20-40	0.24	8.98	1.90	1.00	1.002	52.66	2.15	8.99

*Varyasyon Katsayısı: <15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik, EDD: En düşük değer, EYD: En yüksek değer

3.2. Enterpolasyon modeller ve dağılım haritaları

Çalışma alanı içerisinde koordinatı bilinen noktalardan alınan topraklara yönelik analizlerin, alansal dağılımlarını belirlemek amacıyla ArcMap 10.8v yazılımı kullanılarak

enterpolasyon yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında stokastik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK) ait ve deterministik yöntemlerden Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) ve Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) metotlarının alt düzeyleri de dikkate alınmak suretiyle 15 metod karşılaştırılmıştır (Tablo 2). Samsun ili Alaçam ilçesi çeltik yetiştirilen alanlarda Fe ve Mn içeriklerinin alansal değişimini belirlemek amacıyla 54 farklı noktadan 4 farklı derinlikten aldıkları örneklerde dağılımdaki en uygun yöntemi belirlemek için Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW), Ordinary Kriging (OK), Basit Kriging (SK), Universal Kriging (UK), Birleştirilmiş Kriging (COK) olmak üzere 6 farklı enterpolasyon yöntemini kullanmışlardır. En uygun enterpolasyon yöntemini belirlemede Ortalama Hata Kareleri Karekökü (RMSE) ve Mutlak Ortalama Hata (MAE) değerlerini dikkate almışlardır [10].

Yüzey toprak (0-20 cm) örneklerinde % N özelliği için IDW modelinin 2. seviyesi, Mn (mg/kg) özelliğinde ise kriging modelinin ordinary modeline ilişkin en düşük RMSE değeri dikkate alınırken, diğer özellikler için kriging modelinin simple modelinde en düşük hata elde edilmiştir. Yüzey altı (20-40 cm) topraklarında ise Cu ve Zn için en düşük RMSE değeri IDW modelinin 1. seviyesinde, diğer parametrelerdeki en düşük değerler kriging modelinin simple, ordinary ve exponential yöntemlerinden elde edilmiş olup, tüm parametrelere ilişkin dağılım haritalarının hata seviyeleri Tablo 2' de belirtilmiştir. AbdelRahman ve ark. [32] yaptıkları çalışmada jeostatistik yöntemlerden kriging, regresyon kriging ve IDW modellerini ile toprak özelliklerine yönelik üretmiş oldukları dağılım haritalarında ortalama karesel hatayı (MSE) dikkate alarak haritaların performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada IDW tahmin yönteminin kriging modellere göre daha yüksek verimlilik gösterdiğini belirtmişlerdir. Ortalama karesel hataları (MSE) dikkate alarak dağılım haritaları üretmişlerdir. Mera vejetasyon ve çevresel özelliklerine yönelik yapılan bir çalışmada [33], IDW, RBF, Kriging modellerine ilişkin 17 farklı semivariogram yöntemine yönelik parametrelerin en düşük RMSE değerlerini dikkate alarak dağılım haritaları üretilmiştir.

Tablo 2. Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin fiziko-kimyasal ve verimlilik parametrelerine ait enterpolasyon modellerin RMSE değerleri

Yüzey (0-20 cm)				Yüzey altı (20-40 cm)			
Sıra	Analiz	Yöntem	Değer	Sıra	Analiz	Yöntem	Değer
1	N	IDW 2. Derece	0.054	1	N	Kriging, Ordinary, Gaussian	0.045
2	P ₂ O ₅	Kriging, Simple, Exponential	10.298	2	P ₂ O ₅	Kriging, Simple, Spherical	7.820
3	Na (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.391	3	Na (mg/kg)	Kriging, Universal, Gaussian	1.099
4	K ₂ O	Kriging, Simple, Spherical	2.802	4	K ₂ O	Kriging, Simple, Exponential	2.547
5	K (mg/kg)	Kriging, Simple, Spherical	1.248	5	K (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.231
6	Ca (mg/kg)	Kriging, Simple, Gaussian	1.279	6	Ca (mg/kg)	Kriging, Simple, Gaussian	1.096
7	Mg (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.231	7	Mg (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	1.197
8	Fe(mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	6.506	8	Fe (mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	4.761
9	Cu(mg/kg)	Kriging, Simple, Exponential	0.911	9	Cu (mg/kg)	IDW 1. Derece	0.824
10	Zn(mg/kg)	Kriging, Simple, Gaussian	0.373	10	Zn (mg/kg)	IDW 1. Derece	1.012
11	Mn(mg/kg)	Kriging, Ordinary, Exponential	13.812	11	Mn (mg/kg)	Kriging, Universal, Gaussian	9.239
12	Bor (ppm)	Kriging, Simple, Spherical	0.760	12	Bor (ppm)	Kriging, Ordinary, Spherical	0.756

IDW: Inverse Distance Weighting, RBF: Radial Polynomial Interpolation, SWT: Spline With Tension, G: Gaussian, Exponential: Üstel, Spherical: Küresel, Ordinary: Doğal, Simple: Basit, Evrensel: Universal

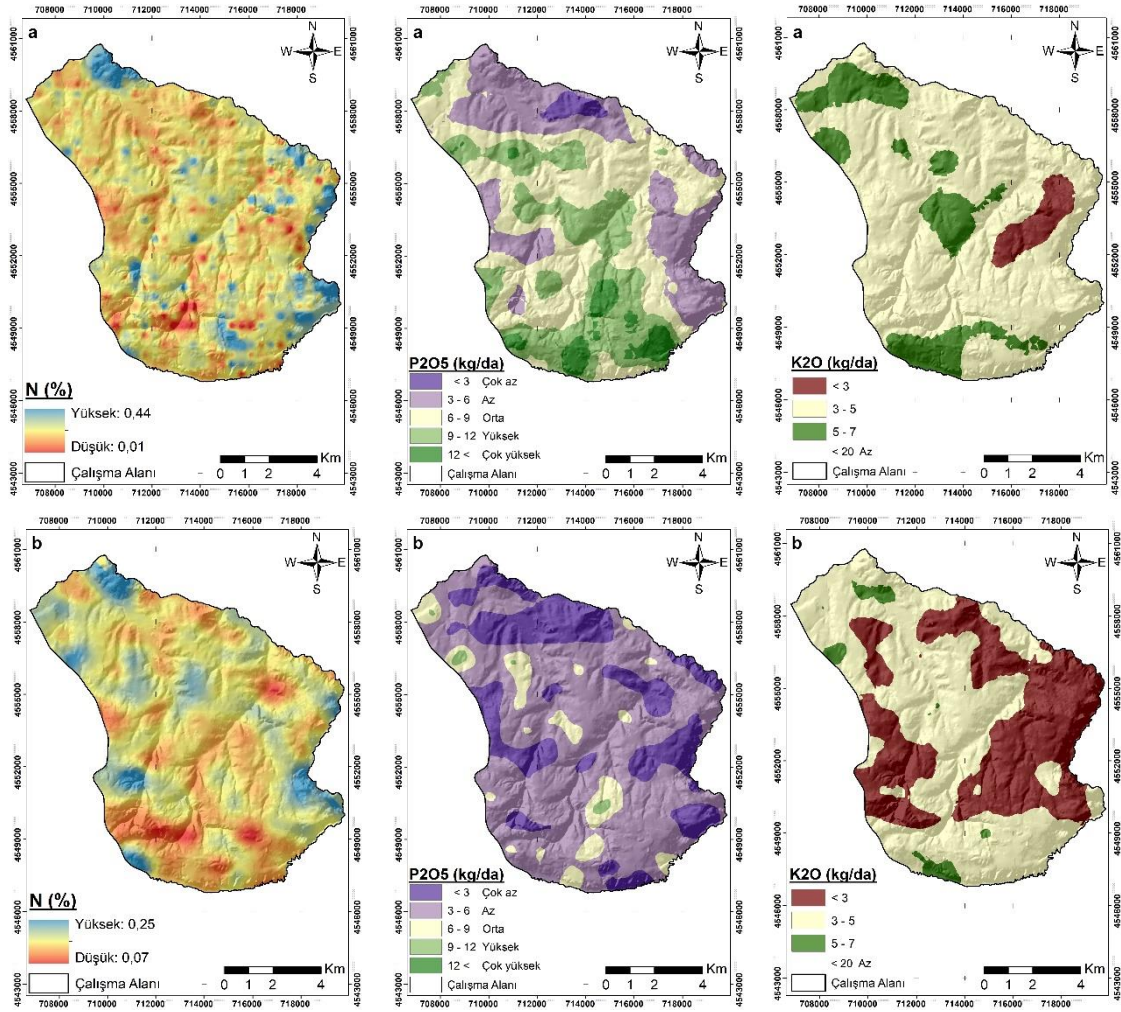
Çalışma alanına ait yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin verimlilik parametrelerine ilişkin dağılım oranları Tablo 3’ te verilmiştir. Toplam N içeriği bakımından çalışma alanının yüzey topraklarının % 6.25’ inde, yüzey altı topraklarının ise % 20.57’inde noksanlık görülmüş olup, büyük bir bölümünde toplam N yeterli düzeydedir. Alınabilir fosfor içeriği yüzey topraklarının % 57.92’inde yeterli ve yüksek düzeyde iken, yüzey altı topraklarının % 74.1’inde az ve çok az durumdadır. Yüzey ve yüzey altı topraklarının tamamına yakınında alınabilir potasyum içeriği az olup, noksanlık göstermektedir. Ekstrakte edilebilir K, Mg, Fe ve Cu içeriğinin yeterli olduğu Zn ve Mn içeriğinin ise büyük bir kısımda yetersiz olduğu görülmüştür. Düşük organik maddeye sahip kumlu topraklarda kolaylıkla yıkanabilen bor elementi [34], alanın tamamına yakınında yüzey ve yüzeyaltı toprak içeriğinde alınabilir formunun yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Yüzey ve yüzey altı toprak örneklerinin verimlilik parametrelerine ait dağılım oranları

Parametre	Sınıf	Tanımlama	Yüzey (0-20 cm)		Yüzey altı (20-40 cm)	
			Örnek Sayısı	%	Örnek Sayısı	%
Toplam N (%)	<0.045	Çok az	12	1,83	20	3,14
	0.045-0.090	Az	29	4,42	111	17,43
	0.090-0.170	Yeterli	416	63,41	441	69,23
	0.170-0.320	Fazla	185	28,20	63	9,89
	>0.320	Çok fazla	14	2,13	2	0,31
Alınabilir Fosfor (P ₂ O ₅ kgda ⁻¹)	0-3	Çok az	120	18,29	286	44,90
	3-6	Az	156	23,78	186	29,20
	6-9	Orta	133	20,27	70	10,99
	9-12	Yüksek	81	12,35	23	3,61
	>12	Çok yüksek	166	25,30	72	11,30
Alınabilir Potasyum (K ₂ O kgda ⁻¹)	0-20	Az	651	99,24	634	99,53
	20-30	Orta	4	0,61	3	0,47
	30-40	Yeterli	1	0,15	*	*
	40+	Yüksek	*	*	*	*
Ekstrakte edilebilir K (mgkg ⁻¹)	<100	Çok düşük	5	0,76	28	4,40
	100-150	Düşük	24	3,66	60	9,42
	150-200	Orta	46	7,01	78	12,24
	200-250	İyi	80	12,20	127	19,94
	250-320	Yüksek	127	19,36	138	21,66

	>320	Çok yüksek	374	57.01	206	32.34
Ekstrakte edilebilir Mg (mgkg ⁻¹)	<54	Fakir	2	0.30	1	0.16
	54-115	Orta	6	0.91	6	0.94
	>115	İyi	648	98.78	630	98.90
Ekstrakte edilebilir Fe (mgkg ⁻¹)	<2.5	Noksans (az)	70	10.67	93	14.60
	2.5-4.5	Noksanslık gösterebilir (orta)	272	41.46	232	36.42
	>4.5	İyi (yüksek)	314	47.87	312	48.98
Ekstrakte edilebilir Cu (mgkg ⁻¹)	<0.2	Yetersiz	1	0.15	2	0.31
	>0.2	Yeterli	655	99.85	635	99.69
Ekstrakte edilebilir Zn (mg kg ⁻¹)	<0.2	Çok az	36	5.49	171	26.84
	0.2-0.7	Az	541	82.47	428	67.19
	0.7-2.4	Yeterli	74	11.28	35	5.49
	2.4-8.0	Fazla	5	0.76	2	0.31
	>8.0	Çok fazla	*	*	1	0.16
Ekstrakte edilebilir Mn (mg kg ⁻¹)	<4	Çok az	14	2.13	27	4.24
	4-14	Az	408	62.20	447	70.17
	14-50	Yeterli	201	30.64	152	23.86
	50-170	Fazla	33	5.03	11	1.73
	>170	Çok fazla	*	*	*	*
Alınabilir Bor (ppm)	<0.50	Çok az	2	0.31	11	1.73
	0.50-0.99	Az	36	5.50	61	9.58
	1.00-2.49	Yeterli	434	66.36	432	67.82
	2.50-4.99	Fazla	170	25.99	123	19.31
	>5.00	Çok fazla	12	1.83	10	1.57

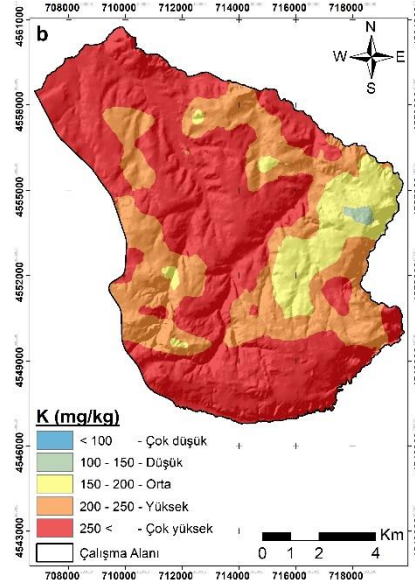
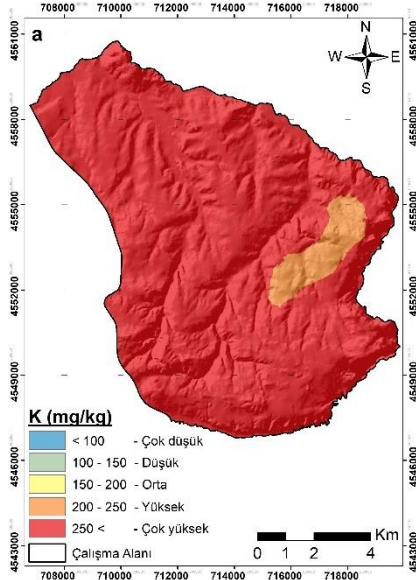
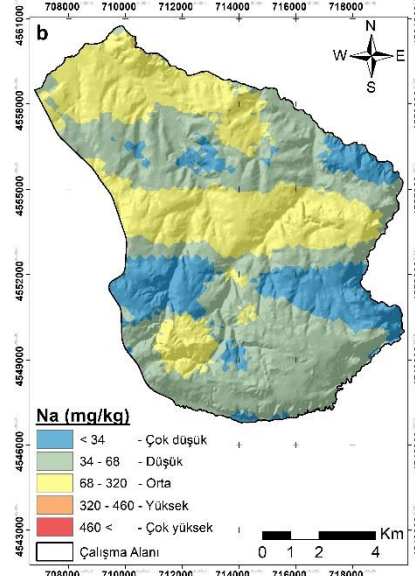
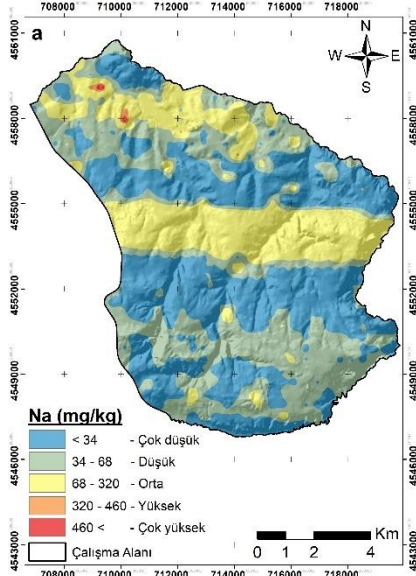
Toprakların fiziko kimyasal özelliklerine ilişkin mekansal dağılımlarının belirlenmesi, sürdürülebilir tarım planlamasının temel girdisi olarak kabul edilmektedir [32]. Yağış ile birlikte en fazla yıkanan element N olduğu bilinmektedir. Alanın yüzey ve yüzey altı topraklarının büyük bir bölümünde toplam N içeriğinin orta ve düşük seviyede olduğu görülmektedir. Alanın yüzey dağılım haritalarına bakıldığında P₂O₅ içeriğinin bölgelere göre değişkenlik gösterirken, yüzey altı topraklarının büyük çoğunluğu çok az düzeydedir. Toprakların K₂O içeriği ise yüzey ve yüzey altı topraklarında az düzeyde olduğu görülmüştür (Şekil 4). Nepal'in Sarlahi ilçesinde yapılan çalışmada 0-20 cm derinliğinden toplam 131 toprak örneği alarak verimlilik parametrelerine ilişkin dağılım haritası üretmişlerdir [35]. Çalışmada analiz etmiş oldukları toprakların % 75' inin kumlu tınlı bünyeye sahip olduğunu, bunun yanında topraklarının çoğunun asidik düzeyde, azot ve fosfor içeriğinin düşük, potasyum açısından ise orta düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Bangladeş'in Jessore bölgesinde 2.2 x 2.2 km²'lik bir alandan 92 yüzey (0-20 cm) toprak örneği alınan çalışmada [36] pH, elektriksel iletkenlik, TOK (Toprak organik karbon), toplam N, P, K ve S içeriklerine yönelik analizler gerçekleştirilerek CBS ortamında kriging enterpolasyon tekniklerini kullanılmak suretiyle dağılım haritaları üretilmiştir. Çalışmada toplam N ve pH'nın alan içerisinde değişkenlik gösterdiğini fakat alınabilir K ve P'un alanın merkezinde yüksek düzeyde olduğu belirtilmiştir.

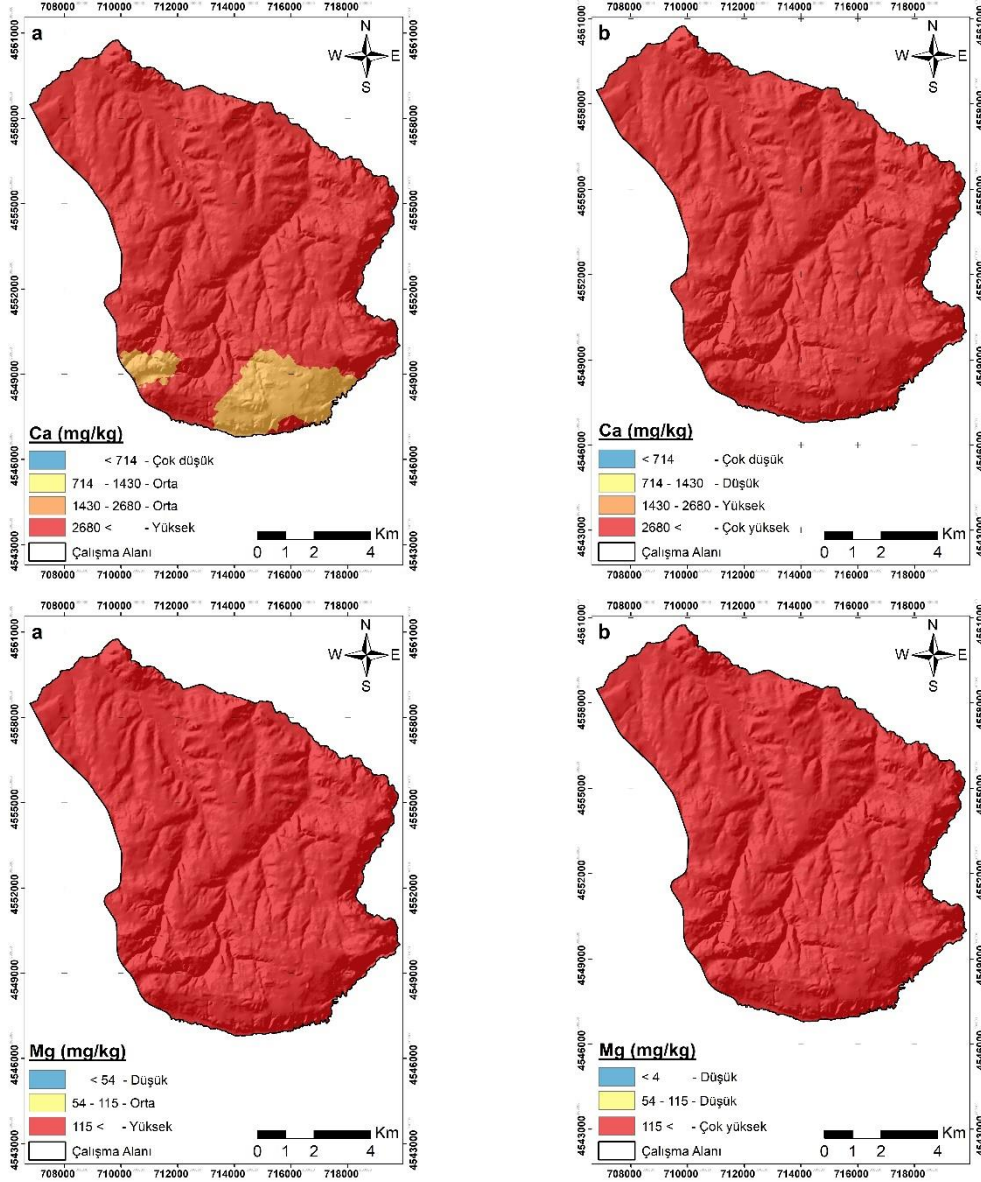


Şekil 4. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait %N, P₂O₅ (kg/da) ve K₂O (kg/da) dağılım haritaları

Çalışma alanının yüzey (0-20 cm) toprak örneklerinde yapılan değişebilir kation (DK) analizlerine göre (Şekil 5) alanın hemen hemen tamamı Ca, Mg ve K içeriği bakımından yüksek ve çok yüksek içeriğe sahip iken, Na içeriklerinin ise düşük ve orta seviyede olduğu görülmektedir. Bu nedenle alan içerisinde Na varlığına yönelik herhangi bir sorun görülmemiştir. Hindistan'ın Karnataka eyaletine bağlı Hassan mikro havzasının toprak verimlilik durumunu değerlendirmek amacıyla 420 hektarlık alandan 105 adet toprak örneği olarak fiziko kimyasal analizler belirlenmiştir [37]. Alanın %93'ünün asidik özellikte, % 55'inin düşük organik karbon içeriğine sahip, % 51'inin düşük kullanılabilir N, % 77'sinin P₂O₅ ve % 48'inin K₂O açısından orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca alanın % 95'inde % 72'sinde sırasıyla değişebilir Ca ve Mg'un yeterli düzeyde olduğu bildirilmiştir.

Toprakların Verimlilik Özelliklerine Yönelik Konumsal Dağılımlarının Belirlenmesi

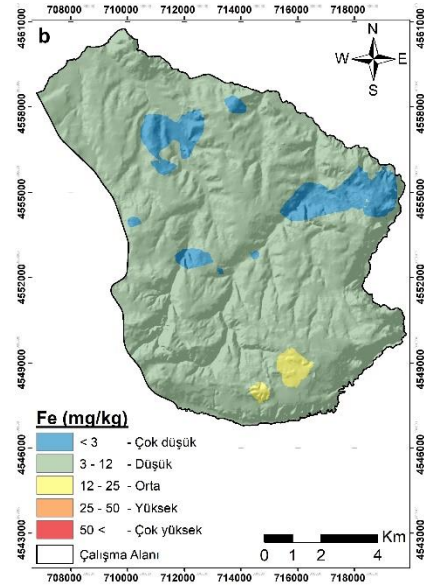
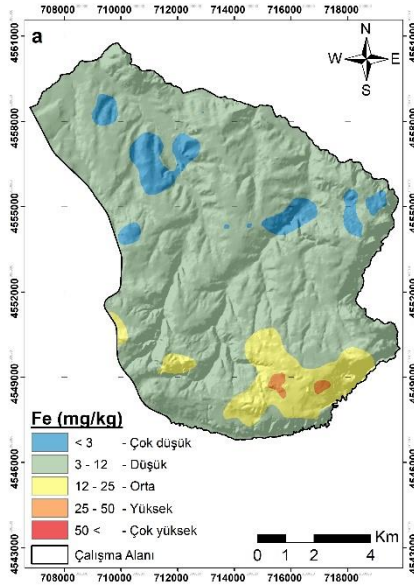


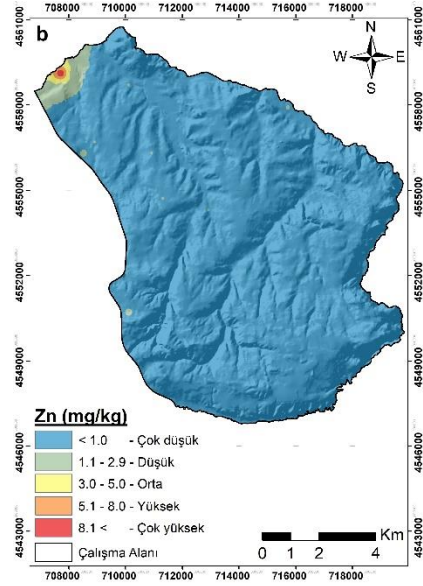
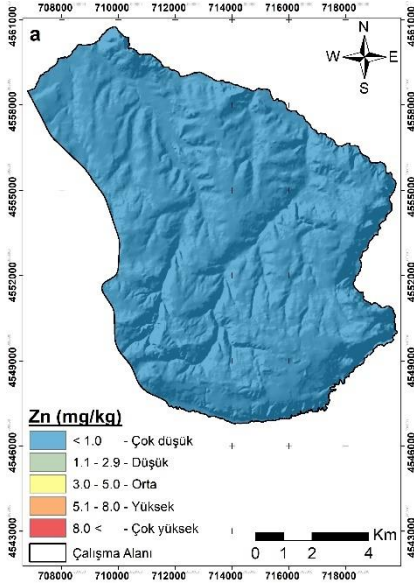
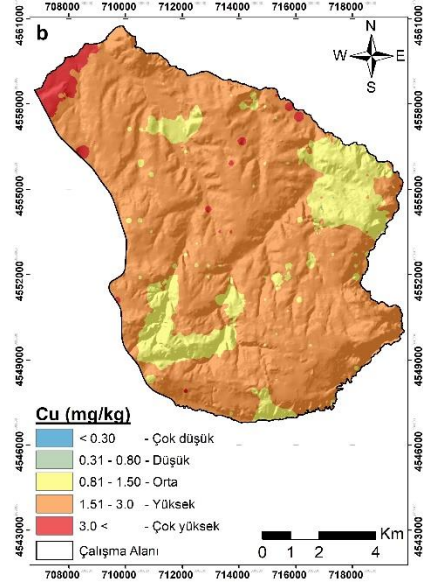
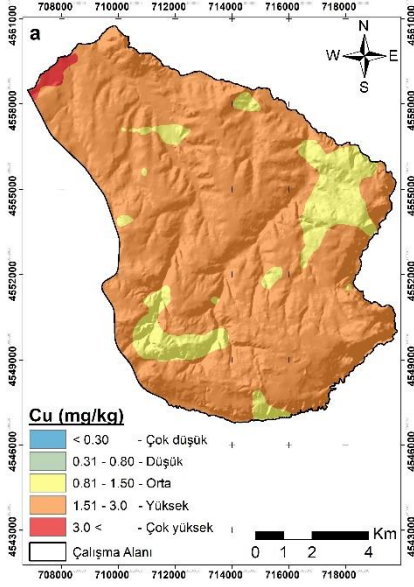


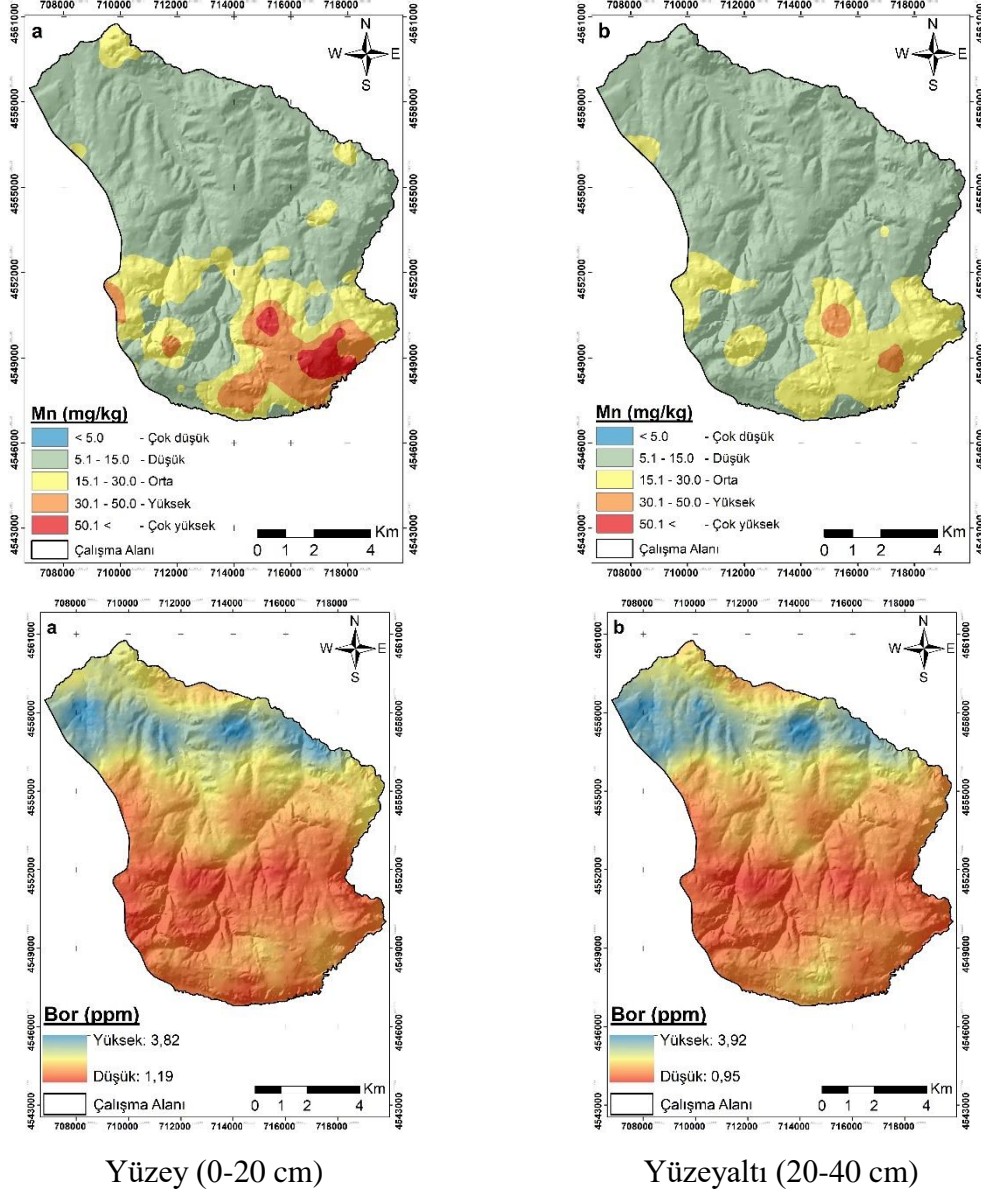
Şekil 5. Çalışma alanı yüzey (a) ve yüzey altı (b) topraklarına ait sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum dağılım haritaları

Mikro element analizlerine göre yüzey ve yüzey altı topraklarının demir (Fe) içeriği büyük çoğunlukla düşük iken bakır (Cu) içerikleri ise yüksek çıkmıştır. Çinko (Zn) elementine ait değerler yüzey topraklarının tamamında, yüzey altı topraklarının ise çok büyük bir bölümünde çok düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Öte yandan Mn içerikleri yüzey ve yüzey altı topraklarında çalışma alanının güney kısmında orta, yüksek ve çok yüksek özellik gösterirken kuzeye doğru değerlerin düşük düzeyde olduğu görülmektedir. (Şekil 6). Hindistan'ın asidik toprak özelliği gösteren bazı eyaletlerinden almış oldukları 400 yüzey (0-15 cm) toprağında toplam ve ekstrakte edilebilir Magnan ve Demir analizi gerçekleştirmiş ve bu analizlere ilişkin dağılım haritalarını üretmişlerdir [38]. Çalışmada

elde edilen değerlerin literatüre göre düşük düzeyde olduğu, Mn ve Fe açısından eksiklik gözlemlendiğini belirtilmiştir. Samsun İlinin Kavak ilçesinde 397,28 ha'lık alanda yapılan çalışmada yüzey ve yüzey altı (20-40 cm) toprak derinliğinden alınan 233 adet toprak örneğinde, makro ve mikro düzeyde analizler gerçekleştirilmiştir [13]. Koordinatlı bir şekilde alınan noktasal toprak örneklerinin, ArcGIS programı yardımıyla enterpolasyon yöntemlerini kullanarak alansal dağılımları gerçekleştirilmiş, toplam azot, fosfor, demir, çinko, magnezyum ve mangan içeriği bakımından alanın yeterli düzeyde olduğu belirtilmiştir. Bitki büyümesi ve verimi üzerinde önemli düzeyde etkiye sahip bor elementine [33] ilişkin, yüzey ve yüzey altı dağılım haritalarına bakıldığında özellik alanın güneyine doğru eğimin artmış olduğu alanlarda B (ppm)'un azalmakta, aksine eğimin düzleşerek azaldığı ve yoğun tarımsal faaliyetin yürütüldüğü alanlarda bor (ppm) düzeyinin artmakta olduğu görülmektedir.







Şekil 6. Çalışma alanı yüze (a) ve yüze altı (b) topraklarına ait demir, bakır, çinko, mangan ve bor dağılım haritaları

4. Tartışma ve Sonuç

Geçmişten günümüze yüzyıllardır insanoğlu tarafından beslenmek üzere yoğun bir şekilde kullanımı sağlanan toprakların verimlilikleri ve üretkenliklerinin devamı açısından doğru ve etkin bir şekilde kullanımları esastır. Bu açıdan tarımsal üretime yönelik toprak parametrelerine ilişkin analizlerin yapılması ve CBS yardımıyla dağılım alanlarının belirlenmesi ve haritalandırılması, sürdürülebilir üretim açısından önem arz etmektedir. Topraklara yönelik mekânsal özelliklerin bilinmesi toprak yorgunluğu ve kirliliğe yol açacak şekilde toprağa ilave olan inorganik gübrelerin aşırı miktarlarda

kullanımının da önüne geçebilecektir. Çalışma alanının yüzey (0-20 cm) ve yüzey altı (20-40 cm) toprak derinliğinden 400 x 400 metre aralıklarla alınmış toprak örneklerinde yapılmış olan verimlilik analizleri, ArcMap 10.8.2 programı yardımıyla dağılım haritaları üretilmiştir. Oluşturulan dağılım haritaları bölgede yetiştirilen ürünlere yönelik planlı ve gerçekçi bir üretim modelini ortaya koyacak niteliktedir. Alanda değişebilir katyonlar açısından K, Ca ve Mg içeriğinin yüksek Na içeriğinin ise düşük olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanının yüzey toprakları incelendiğinde Zn içeriğinin alanın tamamına yakınında çok düşük, Fe ve Mn içeriği ise düşük iken, Cu bakımından yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yüzey altı topraklarında da benzer yapıda olup, yalnızca Zn içeriğinin kısmen de olsa artış göstererek düşük düzeyde sınıflanmıştır. Arazi gözlemleri ve laboratuvar analizleri sonuçları dikkate alındığında gerek iklim gerekse toprak özellikleri bakımından çalışma alanında, üretilen ve üretilme potansiyeli ile polikültür tarım yapılabilmektedir. Ayrıca Zn eksikliğinin giderilmesi açısından analiz sonuçları dikkate alınarak yetiştiriciliği yapılan ürünlere yönelik çinko takviyesi yapılmalıdır. Toprakların makro ve mikro besin element içeriğinin zenginliği ve arazilerin büyük çoğunluğunda oluşturulan basınçlı sulama sistemleri sayesinde bitkisel üretimde çeşitlilik sağlanmıştır. Yapılan bu çalışma, sonraki yıllarda bölgede yetiştiriciliği yapılması düşünülen birçok bitki türü için altlık olarak kullanılabilir materyal niteliği taşımaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen "Coğrafi Bilgi Sistem Modellemesi ile Tarımsal Arazi Kullanım Planının Yapılması- Vezirköprü Örneği" TAGEM/TSKAD/B/18/A9/P2/1017 kodlu proje kapsamında üretilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Arslan, E., Çaycı, G., Dengiz, O., Yüksel, M., Atikmen, N. Ç., Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7(2), 28-37, (2018).
- [2] Dengiz, O., Ozcan, H., Köksal, E.S., Baskan, O., Kosker, Y., Sustainable natural resource management and environmental assessment in The Salt Lake (Tuz Golu) Specially Protected Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 161: 327-342, (2010).

- [3] Güçdemir, İ. H., Türker, U., Karabulut, A., & Arcak, Ç., Gübreleme teknolojilerindeki yenilikler (Hassas tarım uygulamaları) ve bunun tarımsal üretime etkileri üzerine bir çalışma. 3. Ulusal Gübre Kongresi, 1, 1005-1014, (2004).
- [4] Yıldız, Y., Kazova Topraklarının Mikro Element İçeriklerinin Mesafeye Bağlı Değişiminin Analizi ve Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Toprak Anabilim Dalı Tokat. (2011).
- [5] Aşkın, T., Türkmen, F., Tarakçıoğlu, C., Ordu ili merkez ilçe topraklarında erozyon riskinin jeostatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4(2): 69-75, (2016).
- [6] Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O., Farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprakların nem sabitelerine ait konumsal dağılımların belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(3), 432-444, (2020).
- [7] Şenol, H., Alaboz, P., & Dengiz, O., Farklı ana materyal üzerinde oluşmuş toprakların fiziko-kimyasal ve besin elementi içeriklerinin enterpolasyon yöntemle değerlendirilmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 35(3), 505-516, (2020).
- [8] Wang, S., Huang, G.H., Lin, Q.G., Li, Z., Zhangand, H.,Fan Y. R., Comparison of interpolation methods for estimating spatial distribution of precipitation in Ontario, Canada, Int. J. Climatol., 34: 3745–3751, (2014).
- [9] Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., ... & Ünal, E., Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(2016): 136-148, (2016).
- [10] Taşan, M., & Demir, Y., Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(1), 64-73, (2017).
- [11] Tunçay, T., Başkan, O., Bayramın, İ., Dengiz, O., Kılıç, Ş., Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semiarid terrestrial ecosystem. Archives of Agronomy and Soil Science, 64 (9): 1240-1253, (2018).
- [12] Dengiz, O., Saygın, F., İmamoğlu, A., Spatial variability of soil organic carbon density under different land covers and soil types in a sub-humid terrestrial ecosystem. Eurasian Journal of Soil Science, 8(1): 35-43, (2019).
- [13] Aydın, A., & Dengiz, O., Yarı-Humid ekolojik koşullar altında oluşmuş toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, haritalanması ve sınıflandırması. Toprak Su Dergisi, 8(2), 68-80, (2019).
- [14] Celilov, C., Dengiz, O., Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz milli park toprakları. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6(3): 242-256, (2019).

- [15] Başbozkurt, H., Öztaş, T., Karabrahimoğlu, A., Gündoğan, R., & Genç, A., Toprak özelliklerinin mekansal değişim desenlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44(2), 169-181, (2013).
- [16] Saygın, F., & Dengiz, O., Detailed soil mapping and classification study for sustainable agricultural land management; Samsun-Vezirköprü example. Soil Studies, 12(1), 40-53, (2023).
- [17] Anonim., Vezirköprü ilçesinin iklimi. <http://www.vezirkopru.gov.tr/iklimi---bitki-ortusu>. Erişim Tarihi: 30/08/2023, (2023).
- [18] Van Wambeke, A.R., The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes. Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture, Ithaca, N.Y. Washington, DC, (2000).
- [19] Turan, M., Dengiz, O., & Turan, İ. D., Samsun ilinin Newhall modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(2), 131-142, (2018).
- [20] Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate, USDA Circular 939, 1-19, Government Printing Office Washington D.C, (1954).
- [21] Kacar, B., Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. toprak analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3. Ankara, (1994).
- [22] Lindsay, W.L., Norvell, W.A., Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Science Society of American Journal 42(3), 421-428, (1978).
- [23] Ülgen, N., Yurtsever, N., Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara, (1995).
- [24] John, M. K., H. H. Chuah., J. H. Neufeld., Application of Improved Azomethine-H Method to the Determination of Boron in Soil and Plants. Anal.Lett. 8:559-568, (1975).
- [25] Çelik, P., & Dengiz, O., Akselendi Ovası tarım topraklarının temel toprak özellikleri ve bitki besin elementi durumlarının belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(1), 9-18, (2018).
- [26] Emadi, M., Baghernejad, M., Comparison of spatial interpolation techniques for mapping soil pH and salinity in agricultural coastal areas, northern Iran. Archives of Agronomy and Soil Science, 60(9): 1315–1327, (2014).
- [27] Ding, Y., Wang, Y., & Miao, Q., Research on the spatial interpolation methods of soil moisture based on GIS. In International Conference on Information science and technology (pp. 709-711). March, IEEE, (2011).

- [28] Yıldız, N., Akbulut, Ö., & Bircan, H., İstatistiğe Giriş, Aktif Yayınevi. İkinci Baskı, Erzurum, (1999).
- [29] Mallants, D., Mohanty, B. P., Jacques, D., & Feyen, J., Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161(3), 167-181, (1996).
- [30] Wilding, L. P., Spatial variability: its documentation, accomodation and implication to soil surveys. In *Soil spatial variability*, Las Vegas NV, 30 November-1 December 1984 (pp. 166-194), (1985).
- [31] Sağlam, M., Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 7-14, (2013).
- [32] AbdelRahman, M. A. E., Zakarya, Y. M., Metwaly, M. M., & Koubouris, G., Deciphering Soil Spatial Variability through Geostatistics and Interpolation Techniques. *Sustainability* 2021, 13, 194, (2020).
- [33] Sürmen, B., Sürmen, M., Yavuz, T., & İmamoğlu, A. (2020). Gümüşhane ili meralarına ait vejetasyon ve bazı çevresel özelliklerin jeostatistiksel analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 339-354.
- [34] Güneş, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H., & Çakmak, İ., Bor elementinin bitkiler için önemi. *Boron*, 2(3), 168-174, (2017).
- [35] Malla, R., Shrestha, S., Khadka, D., & Bam, C. R., Soil fertility mapping and assessment of the spatial distribution of Sarlahi District, Nepal. *Am. J. Agric. Sci*, 7(1), 8-16, (2020).
- [36] Khan, M. Z., Islam, M. R., Salam, A. B. A., & Ray, T., Spatial variability and geostatistical analysis of soil properties in the diversified cropping regions of Bangladesh using geographic information system techniques. *Applied and Environmental Soil Science*, 2021, 1-19, (2021).
- [37] Biradar, B., Jayadeva, H. M., Channakeshava, S., Geetha, K. N., Sannagoudar, M. S., Pavan, A. S., & Prakash, K. N., Assessment of soil fertility through GIS techniques and thematic mapping in micro-watershed of Hassan, Karnataka. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 3218-3228, (2020).
- [38] Behera, S. K., & Shukla, A. K., Total and extractable manganese and iron in some cultivated acid soils of India: Status, distribution and relationship with some soil properties. *Pedosphere*, 24(2), 196-208, (2014).

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

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

5(2), 152-168, (2023) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmuajens.1364455>



Türkiye'deki Farklı Tahribat Dereceli Su Basar Ormanların Karakter Türleri **Character Species of Swamp Forests with Different Disturbance Levels in Türkiye**

Burak SÜR MEN^{1,*}, Hamdi Güray KUTBAY², Ali İmam ođlu³

¹Biyoloji Bölümü, Kamil Özdağ Fen Fakültesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi,
Karaman, Türkiye

²Biyoloji Bölümü, Fen Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

²Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Eğitim Fakültesi, Sinop Üniversitesi
Üniversitesi, Karaman, Türkiye

(Alındı: 21 Eylül 2023; Kabul edildi: 20 Kasım 2023)

Özet. Bu çalışma ile Karadeniz ve Marmara Bölgesi'nde bulunan farklı su basar ormanların karakter bitki türlerinin belirlemesi amaçlanmıştır. Bu ormanlar; Samsun Sinop, Sakarya ve Kırklareli illerinde bulunan su basar ormanlarda yürütülmüştür. Çalışılan ormanlarda altışar adet 20 x 20 m büyüklüğünde örnek parseller yerleştirilmiştir. Türlerin örtüş-bolluk dereceleri Braun-Blaunqet metoduna göre tespit edilmiştir. Karakter türlerin belirlenmesinde iki farklı yöntem tercih edilmiştir. Bunlar; Braun-Blaunqet' in sadakat sınıfları ile Chytrý ve arkadaşları tarafından önerilen Phi (Φ) katsayısı yöntemleridir. Tespit edilen karakter türlerin sayısı sırasıyla; Hacıosman Ormanı'nda 16, Sarıkum Ormanı'nda 12, Hendek-Süleymaniye Ormanı'nda 14 ve İğneada Ormanı'nda ise 30 tür tespit edilmiştir. *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *Hedera helix*, *Iris pseudacorus*, *Leucojum aestivum* ve *Smilax excelsa* su basar ormanlarda ortak bulunan karakter türlerdir. Sonuç olarak tahribat nedeniyle taban suyu seviyelerinin ve vejetasyonun su altında kaldığı dönemlerin birbirlerinden farklılık

gösterdiği bu ormanlarda karakter türlerin farklılaştığı ve ortak tür sayısının giderek azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sulak alanlar, tahribat, taban suyu, vejetasyon

Abstract. This study aimed to determine the characteristic plant species of different swamp forests in the Black Sea and Marmara Region. These forests; It was conducted in swamp forests in Samsun, Sinop, Sakarya and Kırklareli provinces. Six sample plots of 20 x 20 m in size were placed in the studied forests. Coverage-abundance levels of species were determined according to the Braun-Blaunqet method. Two different methods were preferred to determine character types. These are the fidelity classes of Braun-Blaunqet and the Phi (Φ) coefficient methods proposed by Chytrý et al. The number of character types detected are as follows; 16 species were identified in Haciosman Forest, 12 in Sarikum Forest, 14 in Hendek-Süleymaniye Forest and 30 in İğneada Forest. *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *Hedera helix*, *Iris pseudacorus*, *Leucojum aestivum* and *Smilax excelsa* are common character species in swamp forests. As a result, it has been determined that the character species differ and the number of common species gradually decreases in these forests, where the ground water levels and the periods when the vegetation is under water differ from each other due to disturbance.

Key words: Wetlands, disturbance, water table, vegetation

1. Giriş

Türkiye ılıman kuşaktaki diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında geniş su basar ormanlara sahiptir [20]. Özellikle Karadeniz'e dökülen nehir havzalarında birçok su basar orman yer alır. Bu ormanlar ülkemizde birçok tehdit ile karşı karşıya olup, sayıları giderek azalmaktadır. Türkiye'deki su basar orman varlığı yaklaşık 12000 hektardan 7000 hektara kadar gerilemiştir [16, 21].

Su basar ormanlar sulak alanlar içinde yer alıp, 6 m ve daha uzun odunsu bitki türleri, her mevsim nemli vejetasyona ve su ile doymuş topraklara sahip ekosistemlerdir [5, 9]. Ayrıca bu alanlar yağmur ormanlarından ardından yeryüzünün en üretken ikinci

ekosistemlerdir [2, 20]. Bu ormanlar çevresel dengeyi sağlarken aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunmasında görevlidirler [20].

Yüksek taban suyuyla birlikte her zaman suya doygun toprakları ve strese dirençli rekabetçi türleri barındırırlar. Bu ormanlarda baskın ağaç türlerinin başında *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *glutinosa*, *Quercus hartwissiana* Stev., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl. subsp. *oxycarpa* (Bieb. ex Willd) Franco & Afonso ve *Fraxinus excelsior* L. türleri gelmektedir. *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* tepe tacını oluştururken, girift yapıda çalı ve ot tabakasına sahiptir. Bu karmaşık yapı aynı zamanda birçok canlı için habitat oluşturur [19].

Su basar ormanların asli elemanlarından olan bitkilerin korunması bu alanların sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Fakat bu alanların korunmasına önem verilmemesi, bazı ticari ve tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi tahribata neden olmaktadır. Bu tahribat neticesinde gerek tür kompozisyonu gerek tür sayısında değişiklikler olabilmektedir. Gayet tabii şekilde bu da karakter türleri etkileyebilmektedir. Bu çalışma ile farklı tahribat derecelerindeki su basar ormanların karakter bitki türlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma farklı tahribat derecelerine sahip Hacı Osman (Samsun), Sarıkum (Sinop), Süleymaniye (Sakarya) ve (Kırklareli) İğneada Su Basar Ormanlarında yürütülmüştür.

Sürmen yaptığı çalışmada her bir su basar ormanın tahribat şiddetini belirlemiştir. Hacıosman Su Basar Ormanı tahribatın olmadığı ve alanlar içinde en iyi korunan orman olup, yüksek boylu ağaçlar tepe tacını meydana getirirken, ot ve çalı katı ise karmaşık ve girift yapıdadır. Sarıkum Su Basar Ormanı taban suyu seviyesinin yıl boyunca yüzeyde olduğu, tepe tacı açık ve zemin florası karmaşık değildir. Tahribatın yoğun olduğu özellikle alanda yapılan yol çalışmalarının suyun drenajını değiştirdiği belirlenmiştir. Su seviyesinin yaz mevsiminde vejetasyonun üstünde olduğu tespit edilmiştir. Süleymaniye Su basar Ormanı tarımsal faaliyetler için çok fazla drenaj kanallarının açıldığı bir ormandır. Bu nedenle vejetasyonun su altında olması dönemler dile su seviyesinin zeminden ortalama 1.5 m aşağıda olduğu tespit edilmiştir. İğneada Su Basar ormanı ise

birçok turizm faaliyetlerinin gerçekleştiği, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* ve *C. betulus* toplulukları hâkim olduğu bir ormandır. Su baskınlığının olduğu alanlarda *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* topluluğu hâkimken, su baskınlığının olmadığı iç kesimlerde ise *Carpinus betulus* topluluğu hâkimdir. Tahribatın az olduğu bu alanlarda genellikle insan kaynaklı ve yöre halkının kaçak kesim, hayvan otlatma faaliyetlerinden dolayı düşükte olsa bir tahribatın olduğu söylenebilir [25].

Her bir su basar ormanda 20 x 20 m boyutlarında altı devamlı örnek parsel alınmıştır. Örnek parseller ormanlarda belirlenen homojen alanlarda belli bir düzene göre yerleştirilmiştir. Alınan örnek parsellerden 2016 – 2017 yıllarında Mart ve Kasım ayları boyunca Braun-Blaunquet metoduna göre türlerin örtüş-bolluk dereceleri tespit edilmiştir [8]. Komünitelerin karakter türlerinin belirlenmesinde birçok yöntem bulunmasına [10] rağmen, bu çalışmada tek bir komüniteye sahip su basar ormanlarda Braun-Blaunquet sadakat sınıfları dikkate alınırken, birden çok komüniteye sahip su basar ormanlarda ise Phi (Φ) katsayısı kullanılmıştır. Tek bir komüniteye sahip olan su basar ormanlarda her bir türün sadakat derecesi Braun-Blaunquet metoduna göre belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Braun-Blaunquet'e göre bitki türlerinin sadakat sınıfları

	Sadakat sınıfı		İştirakçiler	Yabancılar	
	V	IV	III	II	I
Bulunma yüzdesi	% 81–00	% 61–80	% 41–60	% 21-40	% 1-20

Ayırt edici ve karakter türler vejetasyon birimleri ve türler arasındaki Phi (Φ) katsayısına göre belirlenir. Phi katsayısı [3] iki grup arasındaki bitki birliğinin istatistikî ölçümü olup, iki yönlü ilişkisi olan bir sadakat ölçüsüdür [25]. Phi (Φ) katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\Phi = \frac{N \cdot np - n \cdot Np}{\sqrt{n \cdot Np(N - n)(N \cdot Np)}}$$

N: toplam örnek parsel sayısı

Np: vejetasyon tipinde (belirlenen komünite) örnek parsel sayısı,

n: toplam örnek parseldeki her bir türün bulunma sayısı,

np: her bir türün vejetasyon tipindeki (belirlenen komünite) bulunma sayısıdır.

Phi katsayısı her bir türün varlık/yokluk durumuna göre değerlendirilir. Phi katsayısı “-1” ile “+1” arasında değişir. Bir türün ayırt edici tür olarak değerlendirilmesi için Phi

katsayısının eşik değerinin (en az) 0.18 olması gerekmektedir [3]. Araştırma alanları içerisinde sadece iki farklı komüniteye sahip olan İğneada Mert Gölü su basar ormanında karakter türlerin hesaplanmasında Phi katsayısı kullanılmıştır. Karakter türlerin Phi katsayısına göre hesaplanabilmesi için 2 ve daha fazla farklı komünite tipi olması gerekmektedir. Hesaplamalar, toplanan vejetasyon verilerinin Microsoft Excel 2013 programına girilerek yapılmıştır.

3. Bulgular

Samsun Hacıosman su basar ormanında 27 türün Braun-Blaunquet'e göre sadakat sınıfları belirlenmiştir. Bunlar; *Acer campestre* L. subsp. *campestre* L., *Agrostis gigantea* Roth, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner subsp. *glutinosa* (L.) Gaertner, *Arum euxinum* R. Mill, *Carex pendula* Hudson, *Carpinus orientalis* Miller, *Crataegus monogyna* Jacq., *Euonymus europaeus* L, *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *oxycarpa*, *Fraxinus excelsior* L., *Hedera helix* L., *Iris pseudacorus* L., *Leucojum aestivum* L., *Ligustrum vulgare* L., *Oenanthe silaifolia* Bieb., *Periploca graeca* L. var. *graeca* Boiss. et Heldr., *Primula vulgaris* Huds. subsp. *sibthorpii* (Hoffmanns.) W. W. SM. et Forrest, *Pterocarya fraxinifolia* (Poiret) Spach, *Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh., *Quercus hartwissiana* Steven, *Rubus hirtus* Waldst. et Kit., *Rumex conglomeratus* Murray, *Ruscus aculeatus* L. var. *aculeatus* L., *Smilax excelsa* L., *Solanum dulcamara* L., *Urtica dioica* L., *Veronica anagallis-aquatica* L. subsp. *anagallis-aquatica* L. türleridir. Türlerin alınan örnek parsellerdeki bulunup bulunmamasına göre belirlenen sadakat sınıfları ile Braun-Blaunquet'e göre örtüş bolluk değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2).

Sadakat sınıflarına göre Samsun Hacıosman su basar ormanında 16 karakter tür tespit edilmiştir. Sadakat sınıfı V ve örnek parsellerde bulunma oranı %81-100 arasında olan türler; *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *S. excelsa*, *H. helix*, *L. aestivum*, *A. euxinum* türleridir. Sadakat sınıfı IV ve örnek parsellerde hesaplanan bulunma oranı % 61-80 arasında olan türler; *C. pendula*, *A. gigantea*, *R. aculeatus* var. *aculeatus*, *A. campestre* subsp. *campeste* türleridir. Son olarak sadakat sınıfı III ve örnek parsellerdeki bulunma oranı %41-60 arasında olan türler ise *F. excelsior*, *I. pseudacorus*, *A. glutinosa* subsp. *glutinosa*, *S. dulcamara*, *O. silaifolia*, *C. orientalis*, *C. monogyna* bitkilerdir.

Tablo 2. Samsun Hacıosman su basar ormanına ait vejetasyon tablosu

Türler	Örnek Parseller						Bulunma yüzdesi	Sadakat Sınıfı
	i	ii	iii	iv	v	vi		
<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i>	IV	III	IV	III	IV	III	%100	V
<i>Smilax excelsa</i>	I	II	II	I	I	II	%100	V
<i>Hedera helix</i>	II	II	III	II	I	II	%100	V
<i>Arum euxinum</i>	I	I	.	I	I	I	%83	V
<i>Leucjum aestivum</i>	I	I	.	I	I	.	%67	IV
<i>Carex pendula</i>	.	I	.	I	I	.	%67	IV
<i>Agrostis gigantea</i>	.	.	.	I	I	I	%67	IV
<i>Ruscus aculeatus</i> var. <i>aculeatus</i>	II	I	II	.	.	I	%67	IV
<i>Acer campestre</i> subsp. <i>campestre</i>	I	I	.	.	I	I	%67	IV
<i>Fraxinus excelsior</i>	I	I	.	.	I	.	%50	III
<i>Iris pseudacorus</i>	.	II	.	I	.	I	%50	III
<i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>glutinosa</i>	II	.	.	.	I	I	%50	III
<i>Solanum dulcamara</i>	I	.	.	.	I	I	%50	III
<i>Oenanthe silaifolia</i>	I	.	.	I	.	I	%50	III
<i>Carpinus orientalis</i>	I	I	.	.	.	I	%50	III
<i>Crataegus monogyna</i>	I	I	.	.	.	I	%50	III
<i>Periploca graeca</i> var. <i>graeca</i>	.	I	.	.	.	I	%33	II
<i>Euonymus europaeus</i>	.	.	I	.	I	.	%33	II
<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	.	I	.	.	I	.	%33	II
<i>Rumex conglomeratus</i>	I	.	.	.	I	.	%33	II
<i>Quercus hartwissiana</i>	I	.	.	I	.	.	%33	II
<i>Primula vulgaris</i> subsp. <i>sibthorpii</i>	I	I	.	.	.	.	%33	II
<i>Ligustrum vulgare</i>	I	I	.	.	.	.	%33	II
<i>Pulicaria dysenterica</i>	.	.	I	.	.	I	%33	II
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> subsp. <i>anagallis-aquatica</i>	.	.	I	.	.	.	%17	I
<i>Rubus hirtus</i>	.	.	.	.	.	I	%17	I
<i>Urtica dioica</i>	I	.	.	.	.	.	%17	I

Sinop Sarıkum su basar ormanında 25 türün sadakat sınıfları hesaplanmıştır. Bunlar; *A. campestre* subsp. *campestre*, *A. euxinum*, *A. glutinosa* subsp. *glutinosa*, *C. monogyna*, *C. orientalis*, *C. pendula*, *E. europaeus*, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *Geranium robertianum* L., *H. helix*, *I. pseudacorus*, *L. aestivum*, *L. vulgare*, *Mentha aquatica* L., *P. vulgaris* subsp. *sibthorpii*, *Q. hartwissiana*, *R. aculeatus* var. *aculeatus*, *R. conglomeratus*, *R. hirtus*, *Ranunculus constantinopolitanus* (DC.) D'urv., *S. excelsa*, *Scilla bifolia* L., *Trifolium repens* L. var. *repens* L., *U. dioica* ve *V. anagallis-aquatica* subsp. *anagallis-aquatica*, türleridir. Bitki türlerinin sadakat sınıfları ve örnek parsellerdeki örtüş bolluk değerleri tablo 3'te verilmiştir.

Sadakat sınıflarına göre Sinop Sarıkum su basar ormanında 12 karakter tür tespit edilmiştir. Sadakat sınıfı V ve örnek parsellerde bulunma oranı %81-100 arasında olan türler; *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *T. repens* var. *repens*, *G. robertianum*, *A. euxinum*

türleridir. Sadakat sınıfı IV ve örnek parsellerde hesaplanan bulunma oranı % 61-80 arasında olan türler; *S. excelsa*, *H. helix*, *L. aestivum*, *I. pseudacorus*, *P. vulgaris* subsp. *sibthorpii* türleridir. Son olarak sadakat sınıfı III ve örnek parsellerdeki bulunma oranı %41-60 arasında olan türler ise *C. pendula*, *R. aculeatus* var. *aculeatus*, *R. constantinopolitanus* bitkilerdir.

Tablo 3. Sinop Sarıkum su basar ormanına ait vejetasyon tablosu

Türler	Örnek Parseller						Bulunma yüzdesi	Sadakat Sınıfı
	I	II	III	IV	V	VI		
<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i>	V	V	V	IV	IV	V	%100	V
<i>Trifolium repens</i> var. <i>repens</i>	IV	IV	V	III	III	IV	%100	V
<i>Geranium robertianum</i>	I	III	I	II	III	II	%100	V
<i>Arum euxinum</i>	I	I	.	I	I	I	%83	V
<i>Smilax excelsa</i>	I	II	.	I	.	I	%67	IV
<i>Hedera helix</i>	I	.	.	I	I	II	%67	IV
<i>Leucojum aestivum</i>	I	I	.	I	I	.	%67	IV
<i>Iris pseudacorus</i>	II	.	.	I	I	I	%67	IV
<i>Primula vulgaris</i> subsp. <i>sibthorpii</i>	I	I	.	.	I	I	%67	IV
<i>Carex pendula</i>	.	I	.	I	I	.	%50	III
<i>Ruscus aculeatus</i> var. <i>aculeatus</i>	I	I	.	.	.	I	%50	III
<i>Ranunculus constantinopolitanus</i>	I	.	.	II	II	.	%50	III
<i>Acer campestre</i> subsp. <i>campeste</i>	.	.	.	I	I	.	%33	II
<i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>glutinosa</i>	.	.	.	.	I	I	%33	II
<i>Carpinus orientalis</i>	.	I	.	I	.	.	%33	II
<i>Crataegus monogyna</i>	.	I	.	.	.	I	%33	II
<i>Mentha aquatica</i>	.	I	I	.	.	.	%33	II
<i>Euonymus europaeus</i>	.	.	I	.	I	.	%33	II
<i>Scilla bifolia</i>	.	I	.	II	.	.	%33	II
<i>Rumex conglomeratus</i>	I	.	.	.	I	.	%33	II
<i>Quercus hartwissiana</i>	I	.	.	I	.	.	%33	II
<i>Ligustrum vulgare</i>	I	I	.	.	.	.	%17	I
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> subsp. <i>anagallis-aquatica</i>	.	.	I	.	.	.	%17	I
<i>Rubus hirtus</i>	.	.	.	.	.	I	%17	I
<i>Urtica dioica</i>	I	.	.	.	.	.	%17	I

Hendek Süleymaniye su basar ormanında sadakat sınıfları belirlenen türler 22 tane olup bunlar; *A. campestre* subsp. *campeste*, *A. euxinum*, *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle, *C. monogyna*, *C. orientalis*, *C. pendula*, *E. europaeus*, *Euphorbia palustris* L., *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *G. robertianum*, *H. helix*, *I. pseudacorus*, *L. aestivum*, *L. vulgare*, *P. vulgaris* subsp. *sibthorpii*, *R. conglomeratus*, *Ranunculus repens* L., *Rubus sanctus* Schreber, *S. bifolia*, *S. excelsa*, *T. repens* var. *repens* ve *U. dioica* türleridir. Hendek Süleymaniye su basar ormanında türlere ait sadakat sınıfları ile örtüş bolluk değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Sadakat sınıflarına göre Hendek Süleymaniye su basar ormanında 16 karakter tür tespit edilmiştir. Sadakat sınıfı V ve örnek parsellerde bulunma oranı %81-100 arasında olan türler; *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *T. repens* var. *repens*, *G. robertianum*, *E. palustris*, *A. euxinum* türleridir. Sadakat sınıfı IV ve örnek parsellerde hesaplanan bulunma oranı % 61-80 arasında olan türler; *S. excelsa*, *H. helix*, *L. aestivum*, *I. pseudacorus*, *P. vulgaris* subsp. *sibthorpii*, *A. altissima*, *R. sanctus* türleridir. Son olarak sadakat sınıfı III ve örnek parsellerdeki bulunma oranı %41-60 arasında olan türler ise *C. pendula* ve *R. repens* bitkileridir.

Tablo 4. Hendek Süleymaniye su basar ormanına ait vejetasyon tablosu

Türler	Örnek Parseller						Bulunma yüzdesi	Sadakat Sınıfı
	I	II	III	IV	V	VI		
<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i>	V	V	V	IV	IV	V	%100	V
<i>Trifolium repens</i> var. <i>repens</i>	IV	IV	V	III	III	IV	%100	V
<i>Geranium robertianum</i>	I	III	I	II	III	II	%100	V
<i>Euphorbia palustris</i>	II	II	I	II	II	III	%100	V
<i>Arum euxinum</i>	I	I	.	I	I	I	%83	V
<i>Smilax excelsa</i>	I	II	.	I	.	I	%67	IV
<i>Hedera helix</i>	I	.	.	I	I	II	%67	IV
<i>Leucojum aestivum</i>	I	I	.	I	I	.	%67	IV
<i>Iris pseudacorus</i>	II	.	.	I	.	I	%67	IV
<i>Primula vulgaris</i> subsp. <i>sibthorpii</i>	I	I	.	.	I	I	%67	IV
<i>Ailanthus altissima</i>	I	.	I	I	.	I	%67	IV
<i>Rubus sanctus</i> Schreber	.	.	I	I	.	I	%67	IV
<i>Carex pendula</i>	.	I	.	I	I	.	%50	III
<i>Ranunculus repens</i>	I	.	.	II	II	.	%50	III
<i>Acer campestre</i> subsp. <i>campestre</i>	.	.	.	I	I	.	%33	II
<i>Carpinus orientalis</i>	.	I	.	I	.	.	%33	II
<i>Crataegus monogyna</i>	.	I	.	.	.	I	%33	II
<i>Euonymus europaeus</i>	.	.	I	.	I	.	%33	II
<i>Scilla bifolia</i>	.	I	.	II	.	.	%33	II
<i>Rumex conglomeratus</i>	I	.	.	.	I	.	%33	II
<i>Ligustrum vulgare</i>	I	I	.	.	.	.	%33	II
<i>Urtica dioica</i>	I	.	.	.	I	.	%33	II

İğneada Mert Gölü su basar ormanında iki farklı bitki topluluğu hâkim durumdadır. Bunlar *Carpinus betulus* ve *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* ağaç türlerinin hâkim olduğu komünitelerdir. Alanda çalışılan; *A. campestre* subsp. *campestre*, *A. glutinosa* subsp. *glutinosa*, *A. italicum*, *A. reptans*, *B. sylvaticum*, *C. betulus*, *C. mas*, *C. monogyna*, *Carex divulsa* Stokes subsp. *divulsa* Stokes, *Carex sylvatica* Hudson subsp. *sylvatica* Hudson, *Corylus avellana* L. var. *avellana* L., *E. europaeus*, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *G. hederacea*, *G. robertianum*, *Galium debile* Desf., *Geum urbanum* L., *H. helix*, *I. pseudocarpus*, *L. aestivum*, *L. maculatum* var. *maculatum*, *L. vulgare*,

Lysimachia nummularia L., *Mercurialis perennis* L., *O. silaifolia*, *P. trivialis*, *P. vulgaris* subsp. *sibthorpii*, *Polygonum lapathifolium* L., *Quercus robur* L. subsp. *robur* L., *R. aculeatus* var. *aculeatus*, *R. conglomeratus*, *R. constantinopolitanus*, *R. hirtus*, *R. repens*, *S. excelsa*, *Trifolium hybridum* L. var. *hybridum* L., *U. dioica*, *Ulmus minor* Miller subsp. *minor* Miller ve *V. sieheana*, türleridir.

Carpinus betulus türünün hâkim olduğu bitki komünitesinde toplam 9 türün sadakat sınıfı III, IV ve V olarak belirlenmiştir (Tablo 5). Bu türlerden *G. robertianum*, *R. aculeatus* var. *aculeatus* ve *C. betulus* türlerinin sadakat sınıfı V olarak bulunmuştur. Sadakat sınıfı IV olan türler ise *G. urbanum*, *S. excelsa* ve *H. helix* dir. Bu toplulukta türlerin çoğunluğunun sadakat sınıfları düşük bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. İğneada Mert Gölü su basar ormanı *C. betulus* topluluğu vejetasyon tablosu

Türler	Örnek Parseller						Bulunma yüzdesi	Sadakat Sınıfı
	I	II	III	IV	V	VI		
<i>Geranium robertianum</i>	II	III	III	II	III	IV	%100	V
<i>Ruscus aculeatus</i> var. <i>aculeatus</i>	V	IV	III	III	IV	II	%100	V
<i>Carpinus betulus</i>	V	V	IV	V	V	V	%100	V
<i>Geum urbanum</i>	II	II	.	III	I	I	%83	IV
<i>Smilax excelsa</i>	II	III	II	III	.	II	%83	IV
<i>Hedera helix</i>	I	II	II	.	I	II	%83	IV
<i>Primula vulgaris</i> subsp. <i>sibthorpii</i>	.	I	.	I	I	.	%50	III
<i>Ranunculus repens</i>	.	I	.	I	.	I	%50	III
<i>Ajuga reptans</i>	.	III	.	III	II	.	%50	III
<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i>	.	.	I	.	.	I	%33	II
<i>Arum italicum</i>	I	.	.	.	I	.	%33	II
<i>Carex sylvatica</i> subsp. <i>sylvatica</i>	.	I	I	.	.	.	%33	II
<i>Ranunculus constantinopolitanus</i>	.	I	.	I	.	.	%33	II
<i>Crataegus monogyna</i>	.	II	.	I	.	.	%33	II
<i>Rumex conglomeratus</i>	.	.	.	.	I	I	%33	II
<i>Poa trivialis</i>	.	.	I	.	.	I	%33	II
<i>Lamium maculatum</i> var. <i>maculatum</i>	.	I	I	.	.	.	%33	II
<i>Rubus hirtus</i>	.	I	.	.	.	I	%33	II
<i>Acer campestre</i> subsp. <i>campeste</i>	.	.	.	.	.	I	%17	I
<i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>glutinosa</i>	.	.	.	.	.	I	%17	I
<i>Euonymus europaeus</i>	.	I	.	.	.	.	%17	I
<i>Quercus robur</i> subsp. <i>robur</i>	.	.	I	.	.	.	%17	I
<i>Ligustrum vulgare</i>	.	.	.	I	.	.	%17	I
<i>Corylus avellana</i> var. <i>avellana</i>	I	.	.	.	.	.	%17	I

Bir diğer bitki topluluğu olan *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* komünitesindeki türlerin sadakat sınıfları incelendiğinde ise 18 türün sadakat sınıfı III, IV ve V olarak bulunmuştur. Diğer topluluğun aksine bu bitki topluluğunda sadakat sınıfı düşük olan tür

sayısı daha azdır (Tablo 6). İğneada Mert Gölü su basar ormanında her iki bitki topluluğu dikkate alındığında toplam 22 karakter tür tespit edilmiştir.

Tablo 6. İğneada Mert Gölü su basar ormanı *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* topluluğu vejetasyon tablosu

Türler	Örnek Parseller						Bulunma (%)	Bulunma Sınıfı
	1	2	3	4	5	6		
<i>Hedera helix</i>	I	I	II	I	I	II	100	V
<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i>	IV	III	IV	III	III	III	100	V
<i>Leucojum aestivum</i>	III	II	.	III	II	I	83	V
<i>Smilax excelsa</i>	II	I	II	I	.	I	83	V
<i>Poa trivialis</i>	.	II	I	.	II	I	67	IV
<i>Oenanthe silaifolia</i>	II	I	I	II	.	.	67	IV
<i>Rumex conglomeratus</i>	I	.	I	.	I	I	67	IV
<i>Galium debile</i>	II	.	.	II	I	.	50	III
<i>Polygonum lapathifolium</i>	I	.	.	I	.	I	50	III
<i>Lysimachia nummularia</i>	II	.	I	I	.	.	50	III
<i>Ulmus minor</i> subsp. <i>minor</i>	I	.	I	I	.	.	50	III
<i>Ruscus aculeatus</i> var. <i>aculeatus</i>	.	III	.	III	III	.	50	III
<i>Carpinus betulus</i>	.	II	.	II	III	.	50	III
<i>Trifolium hybridum</i> var. <i>hybridum</i>	.	I	III	.	.	II	50	III
<i>Ranunculus constantinopolitanus</i>	II	.	III	I	.	.	50	III
<i>Iris pseudocarpus</i>	III	.	II	II	.	.	50	III
<i>Ranunculus repens</i>	I	.	.	I	.	I	50	III
<i>Carex divulsa</i> subsp. <i>divulsa</i>	I	.	I	.	I	.	50	III
<i>Crataegus monogyna</i>	.	.	.	I	.	I	33	II
<i>Rubus hirtus</i>	.	I	I	.	.	.	33	II
<i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>glutinosa</i>	.	I	.	I	.	I	33	II
<i>Primula vulgaris</i> subsp. <i>sibthorpii</i>	.	.	I	.	.	.	17	I
<i>Acer campestre</i> subsp. <i>campeste</i>	.	.	.	.	I	.	17	I
<i>Quercus robur</i> subsp. <i>robur</i>	.	.	.	.	I	.	17	I
<i>Cornus mas</i>	.	.	.	.	I	.	17	I

Phi (Φ) katsayısı dikkate alındığında 30 türün katsayısı 0.18'den yüksek bulunmuştur. Her iki bitki topluluğunda *R. aculeatus* var. *aculeatus* ortak karakter türdür. *Ligustrum vulgare*, *L. maculatum* var. *maculatum*, *G. urbanum*, *G. robertianum*, *Euonymus europaeus*, *C. sylvatica* subsp. *sylvatica*, *C. avellana* var. *avellana*, *A. reptans*, *A. italicum* türleri sadece *C. betulus* topluluğunda bulunan karakter türler iken, *C. mas*, *U. minor* subsp. *minor*, *T. hybridum* var. *hybridum*, *P. lapathifolium*, *L. nummularia*, *I. pseudocarpus*, *G. debile*, *C. divulsa* subsp. *divulsa*, *O. silaifolia*, *L. aestivum* türleri ise sadece *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* topluluğunda bulunan karakter türlerdir (Tablo 7).

Tablo 7. İğneada Mert Gölü su basar ormanında bulunan türlerinin Phi (Φ) katsayıları

Türler	<i>C. betulus</i> topluluğu	<i>F. angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i> topluluğu
<i>Ligustrum vulgare</i>	0,32*	-
<i>Lamium maculatum</i> var. <i>maculatum</i>	0,45*	-
<i>Geum urbanum</i>	0,71*	-
<i>Geranium robertianum</i>	0,78*	-
<i>Euonymus europaeus</i>	0,32*	-
<i>Carex sylvatica</i> subsp. <i>sylvatica</i>	0,45*	-
<i>Corylus avellana</i> var. <i>avellana</i>	0,32*	-
<i>Ajuga reptans</i>	0,55*	-
<i>Arum italicum</i>	0,45*	-
<i>Ranunculus repens</i>	0,18	0,00
<i>Rubus hirtus</i>	0,00	0,00
<i>Quercus robur</i> subsp. <i>robur</i>	0,00	0,00
<i>Crataegus monogyna</i>	0,22*	0,00
<i>Acer campestre</i> subsp. <i>campestre</i>	0,00	0,00
<i>Carpinus betulus</i>	0,16	-0,17
<i>Smilax excelsa</i>	-0,16	0,19*
<i>Cornus mas</i>	-	0,30*
<i>Rumex conglomeratus</i>	-0,22	0,33*
<i>Primula vulgaris</i> subsp. <i>sibthorpii</i>	0,37*	-0,35
<i>Ranunculus constantinopolitanus</i>	0,00	0,35*
<i>Alnus glutinosa</i> subsp. <i>glutinosa</i>	-0,63	0,36*
<i>Ruscus aculeatus</i> var. <i>aculeatus</i>	0,28*	0,45*
<i>Poa trivialis</i>	0,00	0,51*
<i>Ulmus minor</i> subsp. <i>minor</i>	-	0,58*
<i>Trifolium hybridum</i> var. <i>hybridum</i>	-	0,58*
<i>Polygonum lapathifolium</i>	-	0,58*
<i>Lysimachia nummularia</i>	-	0,58*
<i>Iris pseudocarpus</i>	-	0,58*
<i>Hedera helix</i>	-0,18	0,58*
<i>Galium debile</i>	-	0,58*
<i>Carex divulsa</i> subsp. <i>divulsa</i>	-	0,58*
<i>Oenanthe silaifolia</i>	-	0,71*
<i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i>	0,00	0,71*
<i>Leucojum aestivum</i>	-	0,85*

*; $\Phi > 0.18$

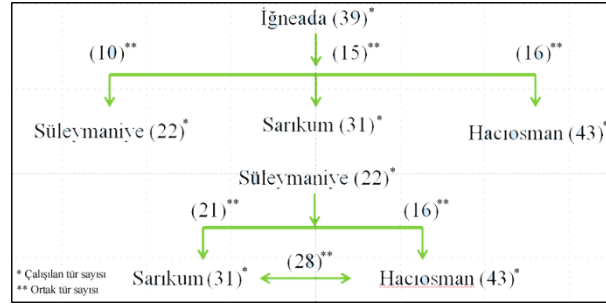
Tablo 8’de hem Braun-Blaunçet’in önerdiği sadakat sınıflarına hem de phi (Φ) katsayısına göre belirlenen türlerin sayıları verilmiştir. Tablo incelendiğinde karakter türlerin en fazla olduğu orman İğneada su basar ormanı iken, en az olduğu ise Sinop Sarıkum su basar ormanıdır.

Tablo 8. Araştırma yapılan su basar ormanlardaki karakter ve diğer türlerin dağılımı

	Hacıosman	Sarıkum	Süleymaniye	İğneada
Karakter tür sayısı (III, IV, V)	17	12	14	22
Karakter tür sayısı ($\Phi > 0.18$)	-	-	-	30

Su basar ormanlar arasındaki ortak tür sayıları incelendiğinde en fazla ortak türün Sinop Sarıkum ile Samsun Hacıosman su basar ormanı arasında, en az ortak tür sayısının ise

İğneada Mert Gölü ve Süleymaniye su basar ormanları arasında olduğu bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma alanlarında çalışılan ve ortak olan türlerin sayısı

Bray-Curtis benzerlik katsayısına göre floristik kompozisyon bakımından birbirine benzer olan su basar ormanlar ise şöyledir; Sinop Sarıkum ve Hendek Süleymaniye su basar ormanlarının benzerliği diğer su basar ormanlar arasındaki benzerlikten daha yüksek bulunmuştur (Tablo 9).

Tablo 9. Su basar ormanlar arası Bray-Curtis benzerlik katsayıları

	İğneada	Süleymaniye	Sarıkum
Süleymaniye	0.32	-	
Sarıkum	0.41	0.76	-
Hacıosman	0.37	0.47	0.35

4. Tartışma ve Sonuç

Su basar ormanların bitki örtüleri kıyaslandığında ot ve çalı katının tahribattan aşırı derecede etkilendiği görülmüştür. Tahribatın fazla olduğu Sinop Sarıkum ve Hendek Süleymaniye su basar ormanlarında çalı katındaki bitkilerin örtüşü az iken, ot katında ise birçok karakter türün bulunmadığı belirlenmiştir. Bu alanların biyolojik, ekolojik ve yapısal karakterlerinin tahribat nedeniyle değiştiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur [4–7].

Çalışılan su basar ormanların fitososyolojik yapısı önceki çalışmalar ile ortaya konulmuş olup; Samsun Hacıosman su basar ormanında *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* türünün baskın olduğu “*Pterocarya pterocarpae* - *Fraxinetum angustifoliae*” birliği [17], Süleymaniye - Hendek su basar ormanında *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* türünün baskın olduğu “*Euphorbio strictae* – *Fraxinetum angustifoliae*” birliği [1], İğneada Mert Gölü su basar ormanında *C. betulus* türünün baskın olduğu “*Geranio robertiani* – *Carpinetum betuli*” ve *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* türünün hâkim olduğu “*Carici*

remotae - Fraxinetum oxycarpae” bitki birliklerinin [11] hâkim olduğu belirlenmiştir. Sinop Sarıkum su basar ormanı ile ilgili yayınlanmış herhangi bir fitosoyolojik çalışma olmamasına rağmen yapılan incelemelerde *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* türünün baskın olduğu ve ot katında *Trifolium repens* var. *repens* ve *Geranium robertianum* türlerinin yoğun olduğu tespit edilmiştir.

Farklı tahribat derecelerine sahip su basar ormanlarında bulunan bitki komüniteleri incelendiğinde, hâkim tür (*F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*) aynı olmakla birlikte her bir ormanda farklı bitki birliklerinin yer aldığı görülmektedir. Ormanlar arasındaki farklılıklar karakter türlerin değişiminin sebebidir. Bu çalışmada belirlenen karakter türler ile Kavgacı ve arkadaşları tarafından listelenen türler arasında benzerlik bulunurken, tür sayısının özellikle Hendek Süleymaniye su basar ormanında önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir [12].

İğneada Mert Gölü su basar ormanında; “*C. betulus*, *C. sylvatica*, *V. sieheana*, *A. campestre* subsp. *campestre*, *C. avellana* var. *avellana*, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *Q. robur* subsp. *robur*, *H. helix*, *S. excelsa*, *C. remota*, *G. urbanum*, *L. maculatum*, *R. conglomeratus*, *R. aculeatus*, *C. divulsa*, *L. nummularia*, *R. constantinopolitanus*, *T. hybridum*, *U. minor*; *C. monogyna*, *B. sylvaticum*, *O. silaifolia*, *P. trivialis*, *R. Repens*” türleri, Hendek Süleymaniye su basar ormanında; “*R. idaeus*, *S. aspera*, *C. pendula*, *E. altissima*, *P. bulbosa*, *R. marginatus*, *T. repens* var. *repens*, *A. glutinosa* subsp. *glutinosa*, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *R. conglomeratus*, *U. dioica*” türleri, Samsun Hacıosman su basar ormanında; “*C. orientalis*, *Q. hartwissiana*, *A. hygrophylum* subsp. *euxinum*, *H. orientalis*, *P. dysenterica*, *A. campestre* subsp. *campestre*, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*, *F. excelsior*, *H. helix*, *S. excelsa*, *L. aestivum*, *R. aculeatus*” türleri Kavgacı ve arkadaşları tarafından belirlen diagnostik türlerle ortak olanlardır [12]. Bu farklılıkların kaynağının tahribat olmasının yanında su basar ormanların Öksin bölgesinin farklı coğrafik yerlerinde bulunmalarıdır. Ayrıca çalışılan alanların tamamı Karadeniz ikliminin etkisi altında olmasına rağmen, Orta Karadeniz Bölgesinin Akdeniz iklim karakterini göstermesi, Hendek ve İğneada'nın ise her mevsim bol yağışlı maritim iklim karakteri göstermesi ortaya çıkan farklılığın bir başka nedenidir.

Lang ve Ewald hidrolojik koşulların vejetasyonu belirleyen başlıca bir unsur olduğunu belirtmiştir [18]. Özellikle taban suyu seviyesinin düzensiz olduğu Sinop Sarıkum ve

Hendek Süleymaniye su basar ormanlarında etkisi karakter türler üzerinde görülmüştür. Ayrıca taban suyundaki düzensizlikler, bitki formasyonunu [24] ve tabakalaşmayı [14] etkilediği yapılan çalışmalarda belirlenmiştir. Ortaya konan bu tespitler vejetasyon yapılarının (formasyon tipleri ve tabakalaşma) farklı olmasının taban suyundan kaynaklandığını ortaya koymuştur.

Su basar ormanlar, formasyon tipi olarak ot, çalı ve ağaç katının bir çok türle temsil edildiği ve dikey tabakalaşmanın ayırt edilebildiği özel ormanlardır [28]. Hendek Süleymaniye su basar ormanında bu iki özelliğin bozulduğu tespit edilmiştir. Bray-Curtis benzerlik katsayısına göre Hendek Süleymaniye ile Sinop Sarıkum su basar ormanları arasında benzerlik diğer ormanlara göre daha fazladır. Bu iki ormanın tahribat derecesinin birbirine yakın olması bu benzerliğin başlıca sebebidir.

Kurtz ve arkadaşları Brezilya'da bulunan su basar ormanlarda yaptığı çalışmalarda, çevresel koşullardan kaynaklanan tahribatın bu tip ormanların birbirlerine olan benzerliklerini azalttığını ortaya koymuşlardır [15]. Su basar ormanlarda yapılan ve bu ormanların oluşmasında asli elemanlar olan faktörlerin birlikte değerlendirildiği çok yönlü çalışmalar ortaya koymuştur ki, su baskınlığına maruz kalan su basar ormanların floristik kompozisyonlarında farklılıklar ortaya çıkmaktadır [22]. Ayrıca topoğrafyadan kaynaklanan taban suyu rejimindeki düzensizlikler ve bunun neden olduğu farklı edafik koşullar, fitososyolojik değişimlere neden olduğu birçok araştırmada ortaya konmuştur [6. 13, 23, 26, 27].

Teşekkür

Bu çalışma 215Z657 numaralı 3001 projesi olarak Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ve PYO.FEN.1904.15.027 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Aydoğdu M., A syntaxonomical analysis of the ash forest in the vicinities of Adapazarı, Communications de la Faculte des Sciences de Universite d Ankara Ser C, Vol. 6, pp. 85-90, (1988).
- [2] Posa M.R.C.; Wijedasa L.S.; Corlett R.T. Biodiversity and conservation of tropical peat swamp forests, BioScience, Vol. 61, No. 1, pp. 49-57, (2011).

- [3] Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z., Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures, *Journal of Vegetation Science*, Vol. 13, No. 1, pp. 79-90, (2002).
- [4] Çiçek E., Subasar ormanların özellikleri ve Türkiye'nin subasar ormanları, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Vol. 54, No. 2, pp. 107-114, (2004).
- [5] Cowardin L.M., Carter V., Golet F.C., LaRoe E.T., Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States, US Department of the Interior, US Fish and Wildlife Service. (1979).
- [6] Damasceno-Junior G.A., Semir J., Dos Santos F.A.M., de Freitas Leitão-Filho H., Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil, *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, Vol. 200, No. 2, pp. 119-135, (2005).
- [7] Efe A., Alptekin Ü., Önemli bir subasar ormanı: Hacıosman, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A*, Vol. 39, No. 2, pp. 164-171, (1989).
- [8] Ellenberg D., Mueller-Dombois D., Aims and methods of vegetation ecology. New York, NY: Wiley, (1974).
- [9] Ernst J.P., Brown V., Conserving endangered species on southern forested wetlands, *Proceedings of the Symposium: The Forested Wetlands of the Southern United States*, (1988).
- [10] Guler B., Uğurlu E. Fitososyolojik Çalışmalarda Karakter Türlerin Sayısal Metodlarla Belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, Vol. 40, pp. 1-12, 2015.
- [11] Kavgacı A., Čarni A., Tecimen H., Özalp G., Diversity of floodplain forests in the Igneada region (NW Thrace-Turkey), *Hacquetia*, Vol. 10, No. 1, pp. 73-93, (2011).
- [12] Kavgacı A., Yalcin E., Korkmaz H., Numerical classification and ordination of the floodplain forests in the Euxine region of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, Vol. 40, No. 2, pp. 164-175, (2016).
- [13] Keel S.H.K., Prance G.T., Studies of the vegetation of a white-sand black-water igapó (Rio Negro, Brazil), *Acta Amazonica*, Vol. 9, No. 4, pp. 645-655, (1979).
- [14] Košir P., Čarni A., Marinšek A., Šilc U., Floodplain forest communities along the Mura River (NE Slovenia), *Acta Botanica Croatica*, Vol. 72, No. 1, pp. 71-95, (2013).

- [15] Kurtz B.C., Gomes J.C., Scarano F.R., Structure and phytogeographic relationships of swamp forests of Southeast Brazil, *Acta Botanica Brasilica*, Vol. 27, No. 4, pp. 647-660, (2013).
- [16] Kutbay H.G., Ansin R., Ok T., Samsun-Hacı Osman Tabiatı Koruma Ormanının Florası, *Orman Mühendisliği Dergisi*, Vol. 3: pp. 22-26, (1997).
- [17] Kutbay H.G., Kiliç M., Kandemir A., Phytosociological and ecological structure of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* forests in the central Black Sea region, *Turkish Journal of Botany*, Vol. 22, No. 3, pp. 157-162, (1998).
- [18] Lang P., Ewald J., Predictive modelling and monitoring of Ellenberg moisture value validates restoration success in floodplain forests, *Applied Vegetation Science*, Vol. 17, No. 3, pp. 543-555, (2014).
- [19] Müller N., Effects of natural and human disturbances on floodplain vegetation, In: *International Symposium on River Restoration*, May 1998, Tokyo, pp. 24.
- [20] Ormansu T.C., *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü*, Ankara: Kayıhan Ajans, (2013).
- [21] Ormansu T.C., *Sulak Alanlar, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü*, Ankara: Kayıhan Ajans, (2015).
- [22] Rodrigues R.R., Nave A.G., Heterogeneidade florística das matas ciliares, *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, FAPESP.[Links], pp. 45-71. (2004).
- [23] Scarano F.R., Plant community structure and function in a swamp forest within the Atlantic rain forest complex: a synthesis, *Rodriguésia*, Vol. 57, No. 3, pp. 491-502, (2006).
- [24] Scarano F.R., Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest, *Annals of Botany*, Vol. 90, No. 4, pp. 517-524, (2002).
- [25] Sokal R.R., Rohlf F.J., *Biometry*, Macmillan, (1995).
- [26] Sürmen B. Su basar orman ekosistemlerinde tahribat derecelerinin türlerin strateji ve ekolojik gösterge değerlerine göre belirlenmesi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Doktora Tezi*, (2018).

[27] Sztutman M., Rodrigues R.R., O mosaico vegetacional numa área de floresta contínua da planície litorânea, Parque Estadual da Campina do Encantado, Pariquera-Açu, SP, *Revista Brasileira de Botânica*, Vol. 25, No. 2, pp. 161-176, (2002).

[28] Teixeira A.D.P., Assis M.A., Siqueira F.R., Casagrande J.C., Tree species composition and environmental relationships in a Neotropical swamp forest in Southeastern Brazil, *Wetlands Ecology and Management*, Vol. 16, No. 6, pp. 451-461, (2008).

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

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

5(2), 169-190, (223) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmujens.1386520>



Görüntü İşleme Tekniklerini Kullanarak Mobil Uygulama Tabanlı Optik Okuyucu Sisteminin Geliştirilmesi

Development of Mobile Application Based Optical Mark Reader System Using Image Processing Techniques

Sercan TURHAN¹, Mert BOZKURT¹, Durmuş Özkan ŞAHİN^{1,*}

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

(Alındı: 5 Kasım 2023; Kabul edildi: 30 Kasım 2023)

Özet. Ülkemiz eğitim sisteminde sınavlar önemli bir yere sahiptir. Bu sınavlar genellikle çoktan seçmeli sınavlar olarak uygulanmaktadır. Çoktan seçmeli sınavlar optik form ile daha hızlı okunabilmektedir. Optik formlar zamandan tasarruf sağlarlar ancak bunun yanında bazı dezavantajlarda mevcuttur. Bunların en başında optik okuyucu cihazlarının maliyetinin yüksek olması gelmektedir. Yüksek maliyete sahip optik okuyucu cihazları her eğitim kurumunda bulunmamaktadır. Bu projede bunun önüne geçmek için bu çalışmayla birlikte önerilen mobil optik okuyucu uygulamasının alt yapısı ve geliştirme adımlarına değinilecektir. Önerilen mobil optik okuyucu uygulaması ile eğitimciler telefonlarını kullanarak optik formları okutma imkânına kavuşacaklardır. Bu sayede optik okuyucu cihazına gerek kalmamaktadır. Telefon kamerası yardımıyla okunan optik formlar çeşitli görüntü işleme teknikleriyle uygun formata getirilmektedir. Uygun formata gelen görüntüler üzerinden işaretli şıkların tanınması sağlanır. Tanınan şıkların konumlarından elde edilen soru sırası bilgisi ile sınav sonuçları hesaplanmaktadır. Sınav sonuçları değerlendirilerek öğretmen ve

öğrenciye istatistiksel veriler sunulmaktadır. Bu uygulamanın alt yapısında görüntü işleme teknikleri için Python OpenCV kütüphanesinden yararlanılmaktadır. Önerilen uygulama Dart ve Flutter programlama dilleri ile geliştirilmektedir. Bu programlama dilleri çapraz platformda çalışma imkânı sağlamaktadır. Bu sayede işletim sisteminden bağımsız birçok mobil cihazlar üzerinde verimli bir şekilde kullanımı sağlanacaktır. Bu gibi katkıların yanında geliştirilen uygulama test sınavlarının sonuçlarını yüksek bir oranda doğru hesaplamaktadır. Yapılan deneyler incelendiğinde hesaplama başarımları %90 ile %95 arasında ölçülmektedir. Doğru ışığın sağlanarak optik formların sisteme verilmesi halinde test sınavlarının sonuçları yüksek oranda doğru çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Optik form, mobil optik okuyucu, görüntü işleme, OpenCV, Flutter, uzman sistemler.

Abstract. Exams have an important place in our country's education system. These exams are generally administered as multiple-choice exams. Multiple choice exams can be read faster with optical form. Optical forms save time, but there are also some disadvantages. The first of these is the high cost of optical mark reader devices. High-cost optical mark reader devices are only available in some educational institutions. To prevent this, in this project, the infrastructure and development steps of the mobile optical reader application proposed in this study will be discussed. With the proposed mobile optical mark reader application, educators can read optical forms using their phones. In this way, there is no need for an optical reader device. Optical forms, which are read with the help of a phone camera, are brought into a suitable format with various image processing techniques. It is ensured that the marked options are recognized on the images that are in the appropriate form. Exam results are calculated with the knowledge of the order of questions obtained from the positions of the recognized choices. Statistical data are presented to the teacher and student by evaluating the exam results. In the infrastructure of this application, the Python OpenCV library is used for image processing techniques. The proposed application is developed with Dart and Flutter programming languages. These programming languages provide the opportunity to work cross-platform. In this way, it will be used efficiently on many

mobile devices independent of the operating system. In addition to such contributions, it calculates the results of the practice test exams developed at a high rate. When the experiments are examined, the calculation success is measured between 90% and 95%. If the right light is provided and the optical forms are given to the system, the results of the test exams are highly accurate.

Key words: Optical form, mobile optical mark reader, image processing, OpenCV, Flutter, expert systems.

1. Giriş

Gelişen teknoloji ile beraber görüntü işleme teknikleri hayatımızın her alanına girmiştir. Görüntü işleme teknikleri, çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve birçok uygulama için önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanlardan bazıları tıp, eğitim, otomotiv, güvenlik, tarım ve gıda endüstrisidir [6, 17]. Özellikle mobil cihazların kullanımlarının yaygınlaşması ve sahip oldukları kameralar sayesinde hemen hemen çoğu uygulamalarda görüntü işleme veya video işlemeden faydalanılmaktadır [14]. Görüntü işlemenin kullanıldığı bazı alanlar ve bu alanlar içerisinde yapılan uygulamalar şöyle özetlenebilir:

- Tıp dünyasında görüntü işleme teknikleri tarama ve teşhis için kullanılmaktadır. Tomografi, röntgen gibi görüntüleme yöntemleri hücre ve dokuların görüntülerini oluşturur. Görüntü işleme algoritmaları kullanılarak hastalık tespiti ve teşhislerin konulması sağlanmaktadır [13].
- Günümüz otomotiv sektöründe görüntü işleme çok büyük bir öneme sahiptir. Şerit takip, otomatik sürüş gibi tekniklerin temelinde görüntü işleme teknikleri bulunmaktadır [2].
- Güvenlik ve denetimin sağlanması için görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Video kameralar aracılığıyla alınan görüntüler, yüz tanıma, nesne algılama ve hareket analizi gibi yöntemlerle analiz edilebilir. Bu sayede, tehlikeli durumları tespit etmek, güvenlik ihlallerini önlemek ve suçları soruşturmak için kullanılabilir [16].

- Eğitimde kullanılan görüntü işleme teknikleri, görüntüler üzerinde işlemler gerçekleştirerek bilgi çıkarma ve analiz yapma amacıyla kullanılır. Optik karakter tanıma ile görüntülerdeki yazılar algılanarak metne dönüştürülür. Ayrıca sınav değerlendirme uygulamalarında da kullanılmaktadır. Bunların yanında matematik öğretimi başta olmak üzere birçok dersin öğretilmesinde görüntü işlemeden faydalanılmaktadır [8].
- Tarım ve gıda sektöründe görüntü işleme teknolojileri verimliliği artırmak, kaliteyi kontrol etmek ve hastalıkları tespit etmek gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır [15]. Bitkilerin olgunluk durumları gözlemlenerek hasat zamanı tahmin edilebilmektedir.

Görüntü işleme tekniklerinin kullanılması doğru sonuçlar elde etmeyi, bu sonuçların daha hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

1.1. Literatür Araştırması

Yüksel vd. yapmış olduğu çalışmada kamera ile çekilen optik formun çeşitli görüntü işleme teknikleri ile optik formun daha iyi okunmasını sağlamıştır. Optik formun daha önce belirlenen hedeflere uygun şekilde hizalanmasıyla şıkkın tanınması sağlanır. Her bir şıkkın yaklaşık konumu daha önceden hazırlanan form bilgilerinde mevcuttur. Konum bilgisinden yola çıkılarak şık olmaya aday bölgeler tespit edilir. Her aday bölge için yerel minimum hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda şıkkın yeri bulunduktan sonra şıkkın dolu veya boş olarak sınıflandırılması daha önceden eğitilen model ile yapılmıştır. Dolu şık için soru numarası ile cevap kaydedilir ve değerlendirme işlemi yapılmış olur [21].

Küçükkara ve Tümer yapmış olduğu çalışmada görüntü önce gri seviyeye dönüştürülmüştür. Ardından çeşitli görüntü iyileştirme teknikleri ile görüntü iyileştirilmiştir. Daha sonra Otsu algoritması kullanılarak belirlenen dinamik eşige göre gri seviyeden ikili görüntüye dönüştürülmüştür. Kenar bulma yöntemleri ile belirlenen kenarları kullanarak gerekli geometrik düzenlemeler görüntüye uygulanmıştır. Bulunan kenarlar vasıtasıyla optik formdaki daireler tespit edilmiştir. Ardından birden fazla işaretleme olup olmadığı kontrol edilmiştir. İşaretlenen cevap bulunduktan sonra bir

dosyaya kaydedilip öğrencinin doğru, yanlış ve boş soruları üzerinden değerlendirme gerçekleştirilmiştir [11].

Kumar vd. yapmış oldukları çalışmada tamamen farklı bir yaklaşım ile doğrudan fotoğraftaki tüm daireleri bulma yöntemiyle başlamıştır. Bu çalışmadaki en büyük sorun istenmeyen dairelerin bulunması olmaktadır. Fakat bu problem bir formüle dönüştürülerek ve tüm bulunan dairelerden geçecek paralel çizgiler çizerek çözmüşlerdir. Bu şekilde istenmeyen dairelerden geçmemesi sağlanmıştır. Tespit edilen şıkların işaretli olup olmadığını sınıflandırmak için, görüntü ikili formata dönüştürülmüş ve ikili görüntünü yoğunluğuna göre işaretlenmesi kontrol edilmiştir [12].

Şenol'un yapmış olduğu tez çalışmasında görüntünün hep aynı açı ve aynı mesafede alınması için bir düzenek hazırlanmış, kamera yerleştirilmiştir. Alınan RGB formatındaki görüntü gri seviyeye dönüştürülmüş ve kontrast germe işlemiyle fotoğraf daha belirgin hale getirilmiştir. Optik formun üst köşelerine konumlandırılan işaretler ile referans koordinat atanmış, ardından tüm şıkların koordinatları hesaplanmıştır. Hesaplanan şıkların içerdiği siyah piksel toplamları değerlendirilerek işaretli seçenekler tespit edilmiş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler ile sınav değerlendirmesi yapılmıştır [20].

Çelik'in yapmış olduğu tez çalışmasında öncelikle görüntünün önceden belirlenen çözünürlükte yeniden boyutlandırılması sağlanmıştır. Görüntünün renk yoğunluğunu kaybetmeden gri ölçeğe dönüştürülmüştür. Görüntünün daha uygun hale getirilmesi için görüntü üzerinde, genişletme, erozyon ve kapama işlemi uygulanmıştır. Eşik işlemi ile görüntü ikili yani siyah-beyaz formatına dönüştürülmüştür. Doğru belirleme işlemi yardımıyla formun köşeleri tespit edilmiş ardından perspektif çarpıtma tekniği ile optik formun doğrusal görüntüsü elde edilmiştir. Uygun formata gelen görüntü üzerinden konumları bilinen alanlar belirlenmiş ardından şıkların ortalama piksel değerleri hesaplanarak işaretli şıklar tespit edilmiştir. Tespit edilen şıklar bir metin dosyasına kaydedilip gerekli değerlendirmeler yapılmıştır [3].

Konuk'un yapmış olduğu çalışmada okunması istenen optik form fotoğrafları sisteme yüklenmiştir. OpenCV kütüphanesinin çeşitli metotları yardımıyla görüntü üzerinde

işlemler yapılmıştır. Fotoğraf üzerinde uygulanan filtreler ile görüntü bir eşik değerine göre ikili (beyaz-siyah) şekle çevrilmiştir. Eşik değeri Otsu algoritması ile belirlenmiştir. Canny algoritması ve Counter metodu ile kenar ve şekiller bulunmuştur. Bulunan daire şekillerinin renk yoğunluğuna göre işaretli olup olmadığı kontrol edilip işaretli olan şıkın koordinatları veri tabanına kaydedilmiştir. Veri tabanındaki kayıtlı koordinatlara göre testin değerlendirilmesi yapılmış ve kullanıcıya iletilmiştir [9].

Krishna vd. yaptıkları çalışmada Java dili ile optik işaret tanınması için uygulama geliştirmişlerdir. Bu çalışmada öncelikle optik form üzerindeki hazırlanmış dört referans noktasını tespit etmişlerdir. Bu noktaları referans olarak görüntü işleme teknikleri görüntünün uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Görüntü düzenleme işlemlerinden sonra optik forma okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Düzgün açı ve ışıpta çekilen fotoğraflarda başarılı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir [10].

Belag vd. çalışmasında örnek bir optik form şablonu oluşturulmuştur. Önemli referans noktalarına göre algılamalar yapılmıştır. Görüntü eşik değerine göre ikili formata çevrilmiştir. Bu referans noktalara göre dikey ve yatay projeksiyonlarla doğru yanıtın sayısı otomatik olarak hesaplatılmaktadır. Bu çalışmada 100 den fazla sınav kâğıdı teste tabii tutulmuş ve başarılı sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir [1].

Zampirolli vd. yapmış olduğu çalışmada optik form üzerindeki 4 referans noktayı temel olarak görüntü otomatik düzenlenmiştir. Görüntü çeşitli morfolojik işlemlerle elementlerine ayrılmıştır. Ayrılan elementlerdeki cevap seçenekleri matris olarak kaydedilmiştir. Matrisler analiz edilerek doğru cevap şıkları algılanmış ve bir .csv dosyasına kaydedilmiştir. Bu .csv dosyasındaki veriler ile sınav sonuçları analiz edilip kullanıcıya sunulmuştur [4].

Rong vd. yapmış olduğu çalışmada Canny kenar bulma algoritmasını daha performanslı hale getirmeyi amaçlamıştır. Canny kenar bulma algoritmasının dezavantajlarından gürültülere fazla duyarlı olması onu görüntü üzerindeki zayıf ağırlıklı kenarlara karşı duyarsız yapmaktadır. İki değişken eşik değeri sayesinde kenar bilgileri korunmuş ve gürültülere karşı dayanıklı hale gelmiştir [19].

1.2. Motivasyon ve Katkı

Önerilen mobil optik okuyucu uygulaması ile eğitim hayatında zamandan tasarruf sağlanması ve eğitimde dijitalleşmeye katkı verilmesi amaçlanmıştır. Eğitim hayatında büyük bir öneme sahip olan sınavların değerlendirilmesi uzun bir zaman kaybına yol açmaktadır. Geliştirilen mobil uygulama ile sınavların daha hızlı bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Mobil uygulama sayesinde optik okuyucu cihazlara gerek kalmadan kolay bir şekilde sınav değerlendirmesi yapılması hedeflenmektedir. Çalışmanın ana katkıları şöyle özetlenebilir:

- Önerilen mobil optik okuyucu sistemi açık kaynaklıdır. Bu sayede bu uygulamanın kaynak kodu üzerinde değişiklik yapmak isteyen geliştiriciler diledikleri değişiklikleri yaparak bu uygulamayı farklı bir yapıya dönüştürebilirler.
- Önerilen mobil optik okuyucu sistemi açık kaynaklıdır. Bu sayede uygulamayı kullanmak için herhangi bir ücret ödenmez.
- Önerilen mobil optik okuyucu sistemi Android, IOS ve web tarayıcılarında çalışabilmektedir. Bu sayede farklı platformlarda uygulama kolaylıkla kullanılabilir.

1.3. Organizasyon

Çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 2’de uygulamanın alt yapısında kullanılan teknolojilere, algoritmalara ve bazı önemli kaynak kod parçalarına yer verilmektedir. Bölüm 3’te önerilen uygulamanın detaylı anlatımı yapılmaktadır. Bölüm 4’te uygulama üzerinde yapılan bazı test senaryolarının sonuçları raporlanmaktadır. Son olarak Bölüm 5’te ise uygulamanın genel değerlendirmesi yapılarak gelecek çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

2. Materyal ve Yöntemler

Önerilen mobil uygulamanın geliştirilmesinde yararlanılan araçlar, programlar ve yazılımlar bu bölümde açıklanmıştır.

2.1. Optik Form

Çoktan seçmeli sınavların değerlendirilmesinde genellikle optik formlar kullanılmaktadır. Tasarlanan optik formların uygun bölümlerine kutucuklar üzerinde işaretleme yapılarak cevap anahtarı oluşturulur. Ayrıca optik form üzerinde cevap bilgilerinin yanı sıra kişi bilgileri de optik form ile tutulur. Böylelikle optik form ile sınav değerlendirmeleri yapılır. Optik formlar tasarlanırken basit ve karmaşıklık dengesi doğru kurulmalıdır. Basit optik formlar kullanıcıların isteklerini karşılamayabilirken, karmaşık optik formlar değerlendirme sürecini maliyetli hale getirecektir. Bu sebeple en az maliyetli ve aynı zamanda kullanıcı ihtiyaçlarını en iyi karşılayabilen bir optik form tasarımı yapmak uygulamanın verimliliği açısından önemlidir.

2.2. Python

Python öğrenmesi kolay güçlü bir programlama dilidir. Verimli üst düzey veri yapılarının kullanımı oldukça kolaydır. Nesne yönelimli programlamaya imkân sağlamaktadır. Python'un zarif söz dizimi ve dinamik yazımı, yorumlanmış doğasıyla birlikte, onu çoğu platformda birçok alanda komut dosyası oluşturma ve hızlı uygulama geliştirme için ideal bir dil haline getirir [18].

2.3. Dart ve Flutter

Dart, ilk kez Google tarafından geliştirilen ve daha sonra Ecma tarafından standart haline getirilen açık kaynaklı bir programlama dilidir. Google'ın desteklediği Flutter SDK sayesinde Dart dilini kullanarak hem IOS hem de Android cihazlar için uygulamalar geliştirilebilmektedir. Bunun yanı sıra bu uygulamanın altyapısında kullanılan WebView tekniği için çeşitli widgetlar sunulmaktadır. Bu widgetlar sayesinde uygulamanın boyutu ve tükettiği kaynak miktarı azalmaktadır [5].

2.4. OpenCV Kitaplığı

Open Source Computer Vision (OpenCV) bir görüntü işleme kütüphanesidir. OpenCV C++ ve Python gibi programlama dillerine destek verir. Windows, Linux, MacOS gibi işletim sistemlerinde çalışabilmektedir. OpenCV sahip olduğu geniş görüntü işleme

metotları sayesinde geliştiricilerin isteklerini karşılayabilmektedir. Çalışma kapsamında sıklıkla kullanılan metotlar ve bu metotların görevleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada Sıkça Kullanılan OpenCV Metotları.

OpenCV Metodu	Metot Görevi
<code>.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)</code>	Resmi gri tonlamaya çevirir
<code>.GaussianBlur(imgGray, (5, 5), 1)</code>	Gürültüyü azaltmak, keskin kenarları yumuşatmak için kullanılır. Bu şekilde görüntü daha pürüzsüz hale gelir.
<code>.Canny(imgBlur,10,70)</code>	Görüntüdeki kenar tespiti için kullanılır.
<code>findContours(imgCanny, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_NONE)</code>	Görüntü üzerindeki nesne konturlarının tespitini sağlar. Bu şekilde belirlenen dörtgenler içinden en büyüğü tespit edilebilir.
<code>drawContours(imgContours, contours, -1, (0, 255, 0), 10)</code>	Görüntü üzerinde bulunan konturların çizdirilmesini ve analiz edilebilmesini sağlar.
<code>.getPerspectiveTransform(pts1, pts2)</code>	Tespit edilen pts1 ve pts2 noktalarından perspektif dönüşümünü gerçekleştirir.
<code>.warpPerspective(img, matrix, (wrap_v, wrap_h))</code>	Gerçekleştirilen perspektif dönüşümünü istenilen boyutta görüntü olarak keser.
<code>.threshold(imgWarpGray_1,0,255,cv2.THRESH_BINARY_INV + cv2.THRESH_OTSU)</code>	Otsu algoritması ile eşikleme için en uygun değer otomatik hesaplanmaktadır. Bulunan eşik değeri görüntüye uygulanmaktadır.

2.5. Yöntem

Mobil cihaz ile cevap anahtarı ve değerlendirmeye sokulacak olan optik formun görüntüsü kaydedilir. Optik formun görüntüsü işlemlere sokulmadan boyutları uygun hale getirilir. Optik form görüntüsünü sayısal bir formata çevirmek için önce görüntü gri seviyeye çevrilir. Bununla birlikte kenar bulma algoritmaları daha efektif çalışmış olacaktır. Kenar bulma için Canny algoritması kullanılmaktadır. Canny kenar bulma algoritması ile görüntü üzerinde piksel değerlerinin ani değişimlerinin olduğu noktalar bulunmaktadır. Bu noktalar görüntü içerisindeki kenarlar olarak tanımlanır. Görüntüden kontur bulma ile şekiller tespit edilmektedir. Tespit edilen şekillerin dörtgen ve belirli değerden fazla alana sahip olanlar filtrelenmektedir. Gerekli koşulu sağlayan dörtgenler bir listede alanlarına göre büyükten küçüğe sıralanmaktadır. En büyük alana sahip olan yer cevap şıkları alanı olurken ikinci büyük olan yer ise öğrenci numarası alanıdır. Bu

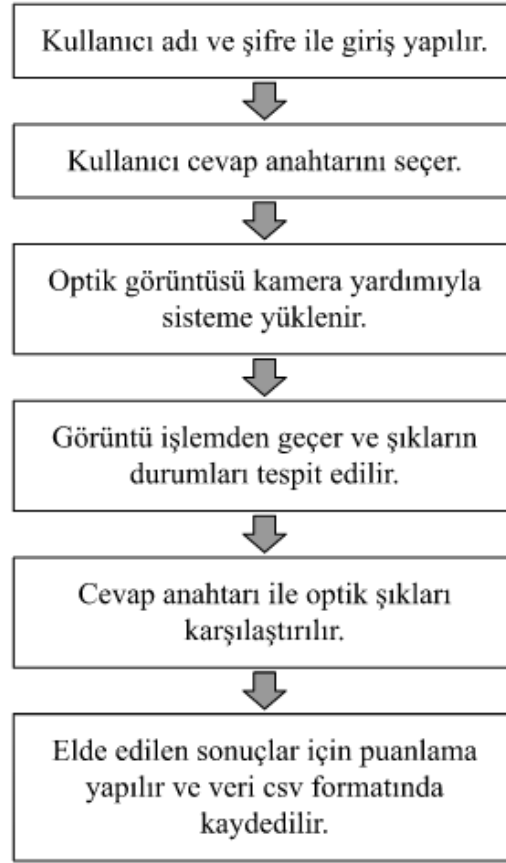
alanların köşeleri tekrar organize edilerek bir perspektif dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Bu dönüşümün ardından eşik değeri uygulanarak ikili (binary) hale dönüştürülmektedir. Bu sayede görüntü siyah beyaz hale getirilmektedir.

Gri seviyeden siyah beyaz seviyeye geçişte öncelikle bir eşik değeri belirlenmesi gerekmektedir. Bu eşik değeri belirleme işlemi için 0-255 arası bir değer parametre olarak verilebilir. Eşik değeri belirlemenin daha sağlıklı yolu adaptif şekilde eşik değerini belirlemektir. Birçok otomatik eşik belirleme yöntemi bulunsa da bu problemde en verimli çalışan Otsu Eşik belirleme algoritması olmuş ve bu algoritma kullanılmıştır. Bu şekilde ortamdaki ışık miktarından optik okuyucu uygulamasının en az şekilde etkilenmesi sağlanmıştır.

Gri seviyedeki bir görüntü ve belirlenen bir eşik değeri ile piksel değerlerinin 0 (siyah) veya 1 (beyaz) değerlerine sahip piksellere dönüştürülmektedir. Öğrenci numarası alanı 10×10 'luk bir alana sahip olduğundan 10×10 şeklinde parçalara ayrılmaktadır. Daha sonra her bir parçanın bir işaret alanını temsil ettiği bir listeye eklenmektedir. Cevap işaretleme kısmı 3 bloktan oluştuğu için önce 3 ayrı blok şeklinde ayrılmaktadır. Her bir blok 5 şık, soru numarası ve 20 soru şeklinde olduğu için 6 dikey 20 yatay parçaya ayrılarak işaretleme alanlarının ayrılması sağlanmaktadır. Ayrılan her parçanın beyaz piksel değeri kontrol edilerek rakip parça ile karşılaştırması sonucu en büyük değere sahip olanın işaretli olduğu varsayılmaktadır. İşaretli parçaların indekslerine göre hangi şık ve soruya ait olduğu tespit edilip cevap anahtarı ile karşılaştırılmaktadır.

3. Uygulama Detayları

Bu bölümde geliştirilen uygulamaya ait detaylar anlatılacaktır. Ayrıca uygulamanın kolay kullanımı için uygulama ara yüzü tanıtılacaktır. Şekil 1'de uygulamanın genel çalışma yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1. Genel Çalışma Şekli.

3.1. Optik Form

Sınav sonuçlarının değerlendirilmesi için Şekil 2'de gösterilen optik form tasarlanmıştır. Bu optik form iki ana kısımdan oluşmaktadır. Optik formda en büyük dikdörtgen içerisinde olan kısım cevap anahtarı kısmına karşılık gelmektedir. 20 sorudan oluşan 3 farklı dersin değerlendirmesi yapılabilmektedir. Ayrıca diğer dikdörtgen kısmında bulunan öğrenci numarası bölümü ile her öğrencinin numaraları okunmaktadır.

Öğrenci Numarası

Ad-Soyadı :

Numara:

Sınıf:

Kitapçık Türü

A B C

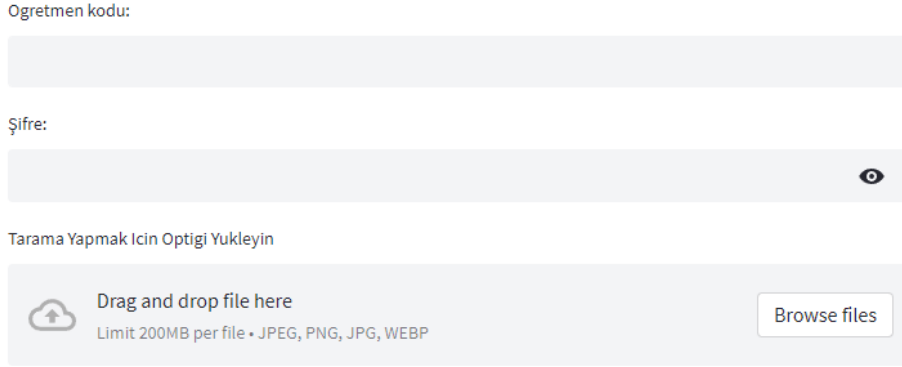
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Ders 1					Ders 2					Ders 3				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
10					10					10				
11					11					11				
12					12					12				
13					13					13				
14					14					14				
15					15					15				
16					16					16				
17					17					17				
18					18					18				
19					19					19				
20					20					20				

Şekil 2. Tasarlanan Optik Form.

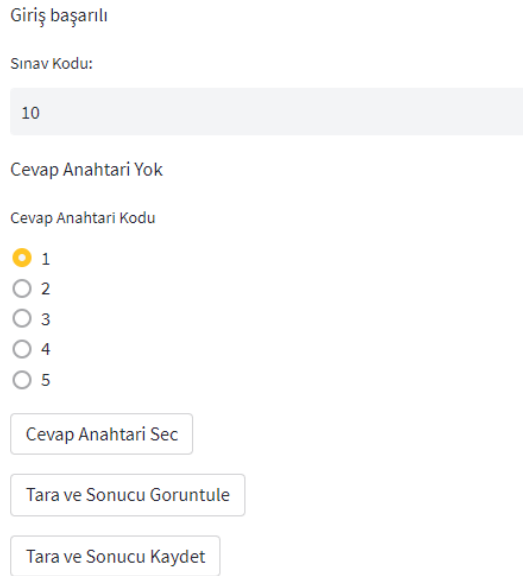
3.2. Uygulama Ara Yüzü

Uygulamanın ara yüzü Flutter ve Python programlama dili kütüphanelerinden Streamlit kullanılarak tasarlanmıştır. Mobil optik okuyucu uygulaması açıldığında Şekil 3'te gösterilen ekran karşımıza gelmektedir. Bu sayfada öğretmen kodu, şifre ve dosya yükleme alanları mevcuttur. Her öğretmenin kendine ait bir kodu ve şifresi bulunmaktadır.



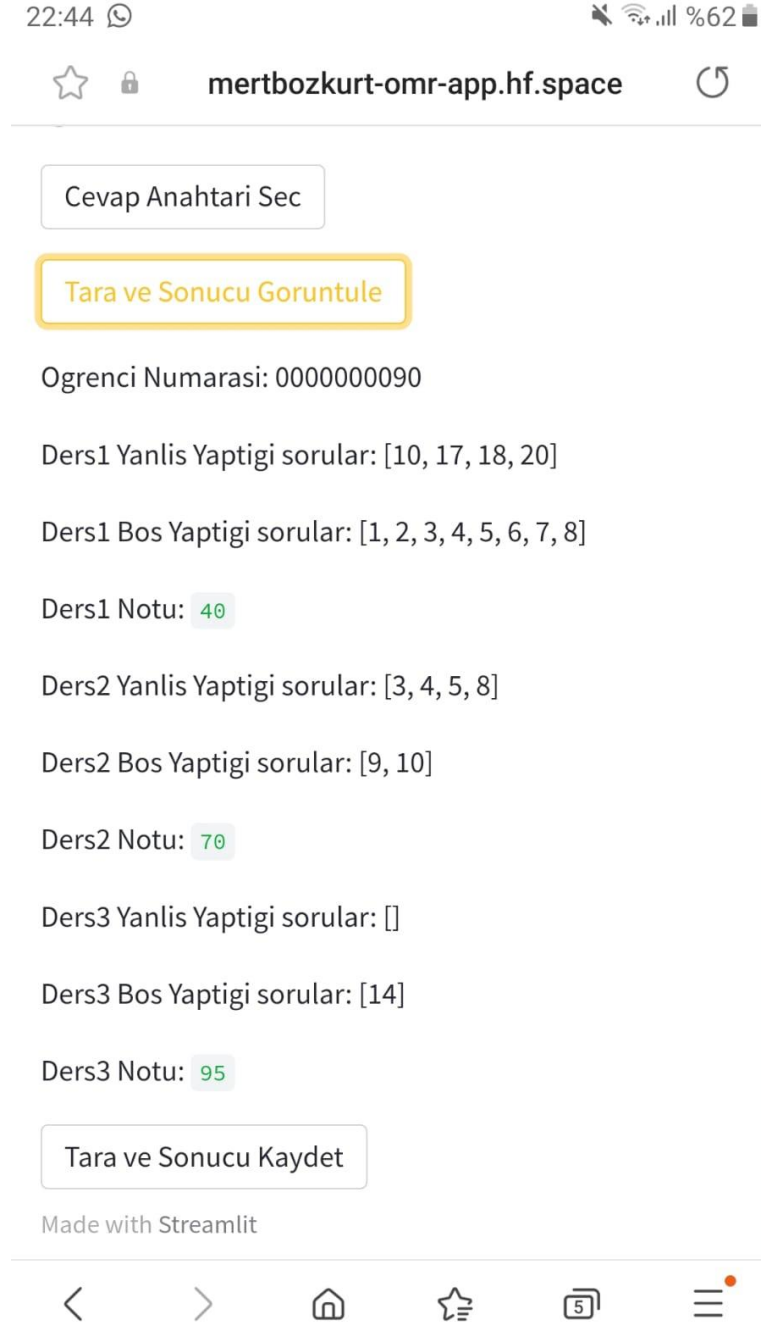
Şekil 3. Giriş Ekranı.

Öğretmen kodu ve şifre ile başarılı bir şekilde giriş yapıldıktan sonra Şekil 4'te gösterilen ekran karşımıza gelmektedir. Burada sınav için belirlenen sınav kodu girilir. Ardından cevap anahtarı kodu seçilir. Cevap anahtarı kodu daha önce eklenmiş cevap anahtarını temsil eder. Bu sayede sınav cevap anahtarı eşleştirmesi yapılmış olur.



Şekil 4. Cevap Anahtarı Kaydetme

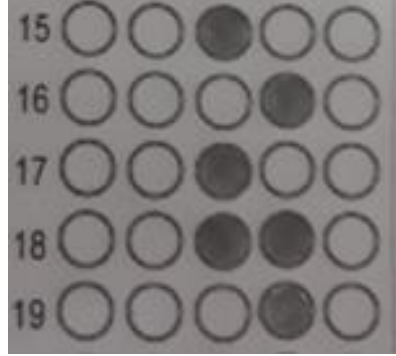
Cevap anahtarı başarılı bir şekilde kaydedildikten sonra değerlendirilecek olan optik formlar taranarak sınav değerlendirmesi gerçekleştirilmiş olunur. Ekranda sonucu görüntülenen değerlendirme istenirse "Tara Sonucu Kaydet" butonuyla kaydedilebilir. Şekil 5'te sınavda yapılan yanlış sorular ve boş soruların numaralarını veren ekran gösterilmiştir.



Şekil 5. Sınav Sonucu

3.3. Optik Formun Değerlendirilmesi

Uygulamada optik form değerlendirilirken çeşitli kullanıcı hataları test edilmiştir. Şekil 6'da gösterildiği üzere öğrenci birden fazla cevap şikkını işaretleyebilir. Bu durumda işaretlenen cevaplarda doğru cevap şikkı olsa dahi soru yanlış olarak kaydedilmektedir. Ayrıca boş bırakılan sorular doğru veya yanlış olarak değerlendirilmeye alınmamaktadır.



Şekil 6. Birden Fazla İşaretli Cevap Şikkı

4. Uygulama Sonuçları

Tablo 2'de farklı cihazlarda yapılan testlerin sonuçları verilmiştir. 5 farklı cevap anahtarı ve 50 adet sonuç kâğıdı üzerinde gerçekleştirilen testler sonucunda farklı cihazlarda yakalanan başarımların yüzdesi gösterilmiştir. Iphone 11 diğer iki telefona göre daha yeni ve özelliklidir. Bu nedenle diğer iki telefona göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bunun en önemli nedeni kamera kalitesidir. Kamera kalitesi arttıkça test değerlendirmesindeki başarımların yüzdesi de artacaktır. Xiami Note 8 üzerinde yapılan testler sonucunda başarımların %91,86 olarak ölçülmektedir. Bu cihaz üzerinde 2756 tane seçenek doğru olarak okunurken 244 tane seçenek ise yanlış olarak okunmaktadır. Samsung Galaxy J7 üzerinde yapılan testler sonucunda başarımların %92,76 olarak ölçülmektedir. Bu cihaz üzerinde 2783 tane seçenek doğru olarak okunurken 217 tane seçenek ise yanlış olarak okunmaktadır. Iphone 11 üzerinde yapılan testler sonucunda başarımların %94,73 olarak ölçülmektedir. Bu cihaz üzerinde 2842 tane seçenek doğru olarak okunurken 158 tane seçenek ise yanlış olarak okunmaktadır.

Tablo 2 Farklı Cihazlar Üzerinde Yapılan Test Sonuçları

	Test Sayısı	Doğru Okunan Şık	Yanlış Okunan Şık	Başarım Yüzdesi
Xiami Note	50	2756	244	91,86
Samsung Galaxy J7	50	2783	217	92,76
Iphone 11	50	2842	158	94,73

Şekil 7'de üç cep telefonu tarafından yanlış okunan optik form örneği yer almaktadır. Tüm mobil cihazlar tarafından en az bir şık hatalı okunmuştur bu optik form örneğinde. Bu optik formun yanlış okunmasının sebebi resim üzerinde ışığın eşit şekilde yansımamasıdır. Ders-3 kısmında değişen ışık miktarı aynı eşik değeri uygulanan Ders-1 ve Ders-2 kısımlarına göre daha beyaza yakın kalmaktadır. Bu durumda siyah beyaz dönüşümü yapmak zorlaşmakta ve piksel değerleri için algoritma yanlış seçim yapmaktadır. Şekil 8'de ise tüm cep telefonları tarafından doğru okunan optik form örneği verilmektedir. Bir başka ifadeyle 60 seçeneğin hepsi tüm cihazlar tarafından doğru okunmaktadır. Şekil 7'ye göre Şekil 8'de parlaklık dağılımı daha orantılıdır. Bu sayede siyah beyaz dönüşüm işleminde eşik değeri daha iyi çalışmaktadır. Algoritma daha iyi çalıştığı için şıkların tamamı tüm cihazlar tarafından doğru tespit edilmektedir. Mobil uygulamanın başarım oranını arttırmak için fotoğrafların çok iyi çekilmesi ve ortam ışık miktarı da oldukça önemlidir.

Öğrenci Numarası

Ad-Soyad : _____

Numara : _____

Sınıf : _____

Kitapçık Türü

A B C

D1
y 3,5,6,7,13,14,20
B 10, D2
y 7,10,15 y/6,12,19
D 16

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Ders 1 **Ders 2** **Ders 3**

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
1						1						1					
2						2						2					
3						3						3					
4						4						4					
5						5						5					
6						6						6					
7						7						7					
8						8						8					
9						9						9					
10						10						10					
11						11						11					
12						12						12					
13						13						13					
14						14						14					
15						15						15					
16						16						16					
17						17						17					
18						18						18					
19						19						19					
20						20						20					

Şekil 7. Tüm Cep Telefonları Tarafından En Az Bir Seçeneğin Yanlış Değerlendirildiği Optik Form

Ad-Soyad: _____

Numara: _____

Sınıf: _____

Öğrenci Numarası: _____

Kitapçık Türü

A B C

D1
Y 3, 5, 6, 7, 13, 14, 20
B 10.

D2
Y 7, 10, 15
B 4, 14

D3
Y 6, 12, 19
B 14

Ders 1

	A	B	C	D	E
1	●				
2		●			
3		●			
4			●		
5				●	
6		●			
7			●		
8			●		
9		●			
10					
11		●			
12			●		
13			●		
14		●			
15				●	
16		●			
17			●		
18	●				
19		●			
20		●			

Ders 2

	A	B	C	D	E
1	●				
2	●				
3	●				
4					
5	●				
6		●			
7			●		
8		●			
9		●			
10				●	
11				●	
12				●	
13				●	
14					
15			●		
16			●		
17		●			
18				●	
19				●	
20				●	

Ders 3

	A	B	C	D	E
1		●			
2			●		
3		●			
4				●	
5			●		
6			●		
7	●				
8		●			
9			●		
10				●	
11			●		
12			●		
13		●			
14					
15			●		
16				●	
17	●				
18	●				
19				●	
20	●				

Şekil 8. Tüm Cep Telefonları Tarafından Doğru Değerlendirilen Optik Form

Bu testler doğrultusunda uygulamanın başarımı; görüntünün elde edildiği ortamın ışığına, cihazın kamera çözünürlüğüne, görüntü açısına ve şıkların doğru kodlanmasına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Kamera kalitesi, ortam ışığı ve cihazın eski olmaması

durumlarında uygulamanın hatasızca yakın değerlendirme yapması sağlanabilir. Yüksel vd. yaptığı çalışmadaki sonuçlar incelendiğinde de ortamdaki ışık miktarının başarıyı etkilediği raporlanmaktadır [21]. Örneğin Mobee Nett S900-E marka cihaz ile yapılan denemelerde az ışık altında %90 başarı elde edilirken ışık arttırıldığında başarı %92'ye çıkmaktadır. Benzer durum Samsung Galaxy Note 10.1 marka cihaz ile elde edilen sonuçlarda da görülmektedir. Bu durumda az ışık altında %95 başarı rapor elde edilirken çok ışık altında bu başarı %99'a çıkmaktadır.

5. Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Bu çalışmada mobil cihazlar kullanılarak optik form temelli çoktan seçmeli sınavların değerlendirmesini yapan mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulama çoktan seçmeli sınavların puanını otomatik olarak tespit etmektedir. Yanlış yapılan ve boş bırakılan sorular kullanıcıya gösterilmektedir. Ayrıca uygulama içerisinde yer alan analiz sayfası ile sınav sonuçları grafiksel veriler halinde gösterilmektedir. Bu sayede sınav değerlendirmesi daha etkili yapılmaktadır. Optik formun taranması ve sonucunun kullanıcıya gösterilmesi yaklaşık 10 saniye sürmektedir. Böylelikle sınav sonuçlarının değerlendirilmesi için zamandan tasarruf edilmektedir. Ayrıca mobil optik okuyucu uygulama sayesinde yüksek maliyetli optik okuyucu cihazların daha az kullanımı hedeflenmektedir. Bu bağlamda açık kaynaklı olarak sunulan mobil uygulama ile yüksek maliyetin düşürülmesi amaçlanmaktadır. Önerilen mobil uygulamanın avantajlarından bir tanesi de çapraz platform desteği sunmasıdır. Bu sayede farklı işletim sistemlerine sahip mobil cihazlar ve tabletlerde kullanılmaktadır. Gelecek çalışmalarda uygulama arayüzü üzerinde iyileştirmeler yapılması hedeflenmektedir. Çalışmamızda tek bir optik form kullanılması eksiklik oluşturabilir. Uygulamaya farklı optik formlar entegre edilerek kullanıcılara seçim yapabilme imkânı da sunulacaktır. Son olarak uygulamanın başarı oranını arttırmak için görüntü iyileştirme, görüntü onarma ve Hough dönüşümü teknikleri kullanılabilir. Bununla birlikte daha güvenilir sınav sonuçlarının elde edilmesi sağlanacaktır. Uygulamaya ait kaynak kodlara GitHub üzerinden ulaşılabilir [7]. Uygulama üzerinde değişiklik yapmak isteyen geliştiriciler kaynak kodlar üzerinde değişiklik yapabilir veya uygulama farklı bir yapıya dönüştürülebilir. Böyle bir imkânın sunulması da oldukça önemlidir.

Kaynaklar

- [1] Belag, I. A., Gültepe, Y., and Elmalti, T. M. An image processing based optical mark recognition with the help of scanner. *International Journal of Engineering Innovation & Research* 7, 2 (2018).
- [2] Bhanu Prasad, P., Radhakrishnan, N., Bharathi, S. S. Machine vision solutions in automotive industry. *Soft Computing Techniques in Engineering Applications* (2014), 1–14.
- [3] Çelik, N. C. Yapay görme tabanlı optik form değerlendirme yöntemi. Master's thesis, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 2019.
- [4] de Assis Zampiroli, F., Gonzalez, J. A. Q., de Oliveira Neves, R. P. Automatic correction of multiple-choice tests using digital cameras and image processing. *Universidade Federal do ABC* (2010).
- [5] Dart ve flutter. <https://ata.com.tr/blog-detay/dart-programlama-dili-ve-flutter-nedir-244>. Son erişim tarihi: 24 Mayıs 2023.
- [6] Ghodake, Y. S., Bhosale, D. V., Kulkarni, S. S. Image processing: Methods, techniques, applications review. *AJIR Proceedings* (2021), 198–204.
- [7] Proje kaynak kodları. <https://github.com/mertorelio/omr-app>. Son erişim tarihi: 7 Haziran 2023.
- [8] Greenberg, R., Kolvoord, R. A., Magisos, M., Strom, R. G., Croft, S. Image processing for teaching. *Journal of Science Education and Technology* 2 (1993), 469–480.
- [9] Konuk, M. S. Android Tabanlı Mobil Optik Okuma Test Okuma Sisteminin Geliştirilmesi ve Uygulaması. Master's thesis, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2019.
- [10] Krishna, G., Rana, H. R., Madan, I., Sahu, R. Implementation of omr technology with the help of ordinary scanner. *international journal of advanced research in computer science and software engineering* 3, 4 (2013), 714–719.

- [11] Küçükkara, Z., and Tümer, A. E. An image processing oriented optical mark recognition and evaluation system. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers* 6, 4 (2018), 59–64.
- [12] Kumar, A., Singal, H., Bhavsar, A. Cost effective real-time image processing based optical mark reader. *International Journal of Computer and Information Engineering* 12, 9 (2018), 787–791.
- [13] McAuliffe, M. J., Lalonde, F. M., McGarry, D., Gandler, W., Csaky, K., Trus, B. L. Medical image processing, analysis and visualization in clinical research. In *Proceedings 14th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems. CBMS 2001* (2001), IEEE, pp. 381–386.
- [14] Morikawa, C., Kobayashi, M., Satoh, M., Kuroda, Y., Inomata, T., Matsuo, H., Miura, T., Hilaga, M. Image and video processing on mobile devices: a survey. *The Visual Computer* 37, 12 (2021), 2931–2949.
- [15] Ngugi, L. C., Abelwahab, M., Abo-Zahhad, M. Recent advances in image processing techniques for automated leaf pest and disease recognition—a review. *Information processing in agriculture* 8, 1 (2021), 27–51.
- [16] Phillips, P. J., McCabe, R. M., Chellappa, R. Biometric image processing and recognition. In *9th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 1998)* (1998), pp. 1–8.
- [17] Prabakaran, T., Periasamy, P., Mugendiran, V., et al. Studies on application of image processing in various fields: An overview. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (2020), IOP Publishing, pp. 1–13.
- [18] Python programlama dili. <https://docs.python.org/tr/3/tutorial/index.html>. Son erişim tarihi: 24 Mayıs 2023.
- [19] Rong, W., Li, Z., Zhang, W., Sun, L. An improved canny edge detection algorithm. In *2014 IEEE international conference on mechatronics and automation* (2014), IEEE, pp. 577–582.

[20] Şenol, M. C# ile web kameradan optik form okuma. Master's thesis, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, Türkiye, 2014.

[21] Yüksel, A. S., Çankaya, İ. A., Yalçinkaya, M. A., Ateş, N. Mobil tabanlı optik form değerlendirme sistemi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences 22, 2 (2016).