



ETOXEC

Environmental Toxicology and Ecology

© Environmental Toxicology and Ecology

2023, Vol. 3(2)



Environmental Toxicology and Ecology

September 2023, Vol. 3 (2)

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Ali BERBER

Typesetting and Layout

Asist. Prof. Dr. İbrahim UYSAL

Editors

Prof. Dr. Hüseyin AKSOY
Prof. Dr. Ali UZUN
Prof. Dr. Selami SELVİ
Prof. Dr. Şerife Gülsün KIRANKAYA
Assoc. Prof. Dr. Sibel MENTEŞE
Assoc. Prof. Dr. Nihat Hakan AKYOL
Asist. Prof. Dr. Nurcan BERBER
Asist. Prof. Dr. Pınar ÇAM İCİK
Asist. Prof. Dr. Cansu AKBULUT
Asist. Prof. Dr. Muammer KURNAZ

Statistic Editor

Temel ERTUĞRAL

Publisher

Ekoloji ve Ekotoksikoloji Derneği



CONTENS




RESEARCH ARTICLES

- Gölcük Ovası Tarım Topraklarında Atrazin ve Metribüzin Herbisitlerinin Taşınım ve Tutunum Davranışlarının İncelenmesi** 45-51
Nihat Hakan AKYOL, Aslıhan AYVA, Yusuf BİRİCİK
- Poyrazlar Gölü Ornitofaunası** 52-67
Kadir Yaşar ORAN, Ali UZUN
- Sapanca Gölü (Sakarya-Kocaeli) Kuşları** 90-103
Dilek TEMUR, Ali UZUN
- Erzurum Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde Farmasötik Kalıntıların Tesbiti ve İzlenmesi: Antideprasanlar Örneği** 104-118
Dilek TEMUR, Ali UZUN

REVIEW ARTICLE

- Use of Antitranspirant in Maize Cultivation as a Potential Novel Approach to Combat Drought Stress in the Wake of Climate Change. A Systematic Review** 68-89
Yamıkanı Willie NTAILA
-

Gölcük Ovası Tarım Topraklarında Atrazin ve Metribüzin Herbisitlerinin Taşınım ve Tutunum Davranışlarının İncelenmesi

Nihat Hakan AKYOL¹ , Aslıhan AYVA¹ , Yusuf BİRİCİK¹ 

ÖZET

Pestisitler zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak, ya da zararlarını bertaraf etmek için kullanılan tarım ilaçlarıdır. Dünyada 3 milyon tona, ülkemizde 30 bin tona ulaşan pestisit tüketimi ürün verimliliği açısından yararlı olsa da aşırı dozda ve bilinçsiz kullanımı neticesinde gıdalarda, toprak, su ve havada insan ve hayvan sağlığı için tehlike arz etmektedir. Dünyada kullanılan tarım ilaçlarının dağılımında herbisitler % 47 ile ilk sırada yer alırken, bunu % 29 ile insektisitler izlemekte, fungusitlerin ise % 19'luk bir payı bulunmaktadır. Atrazin ve metribüzin en çok kullanılan triazin herbisit türlerinden olup yabancı otlara karşı mücadele ederek ürün verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu herbisitler, ulusal ve uluslararası kullanım sonucunda içme sularında ve su ortamında kirlilik açısından sorun teşkil etmektedir. Çevrede geniş alanda kullanımı ve dayanımından ötürü bu tür bileşiklerin taşınımı ve davranışı oldukça önemli olup özellikle Kocaeli civarında literatürde yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılacak çalışmanın amacı, atrazin ve metribüzin herbisitlerinin Gölcük Ovası civarındaki farklı türdeki tarım topraklarında tutunma ve taşınma davranışlarının incelenmesidir. Bu çalışma kapsamında bir seri kolon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Atrazin ve metribüzin herbisitlerinin fiziksel ortama olan tutunma-geri bırakma davranışının bu tür kirleticilerle kirlenmiş toprakların risk değerlendirmesi için önemli etkileri olup, bu toprakların düzenlenmesinde, yönetilmesinde ve ıslahında oldukça önem arz etmektedir.

Investigation of the Transport and Attachment Behaviors of Atrazine and Metribuzine Herbicides in Agricultural Soils of the Gölcük Plain

ABSTRACT

Pesticides are agrochemicals used to prevent, control or eliminate harmful organisms. Although pesticide consumption, which has reached 3 million tons in the world and 30 thousand tons in our country, is beneficial in terms of product efficiency, it poses a danger to human and animal health in food, soil, water and air as a result of overdose and unconscious use. In the distribution of pesticides used in the world, herbicides rank first with 47%, followed by insecticides with 29% and fungicides with 19%. Atrazine and metribuzin are the most widely used triazine herbicides, which aim to increase crop productivity by targeting weeds. These herbicides pose a problem in terms of pollution in drinking water and aquatic environment as a result of national and international use. The transport and behavior of such compounds are very important due to their wide use and resistance in the environment and there is no study in the literature, especially focusing on the area around Kocaeli.

Article Info

*Corresponding author:

e-mail: hakan.akyol@kocaeli.edu.tr

Institution:¹ Kocaeli Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Jeoloji
Mühendisliği Bölümü

Article history

Received: 27/04/2023

Accepted: 17/05/2023

Available online: 30/09/2023

Anahtar Kelimeler:

Atrazin, Metribüzin,
Herbisit, Taşınım, Tutunma.

Keywords:

Atrazine, Metribuzine, Herbicide,
Transport, Sorption.

How to Cite: N.H. Akyol,

A. Ayva, Y. Biricik

"Gölcük Ovası Tarım Topraklarında
Atrazin ve Metribüzin Herbisitlerinin
Taşınım ve Tutunum Davranışlarının
İncelenmesi",

Environmental Toxicology and Ecology,
c. 3, sayı. 2, ss. 45-51., 2023.

DOI: [10.59838/etoxec.1288743](https://doi.org/10.59838/etoxec.1288743)

The aim of this study is to investigate the uptake and transport behavior of atrazine and metribuzin herbicides in different types of agricultural soils around Gölcük Plain. Within the scope of this study, a series of batch and column experiments were carried out. The uptake and transport behavior of atrazine and metribuzin herbicides to the physical environment has important implications for the risk assessment of soils contaminated with such pollutants and is of great importance in the regulation, management and reclamation of these soils.

1. GİRİŞ

Pestisitler, son 30 yıldır toprak ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olduklarından önemli çevre sorunu olarak görülmektedir [1], [2]. Bu tür bileşiklerin tutunma (sorpsiyon) ve geri-bırakma (desorpsiyon) davranışları ile hızları fiziksel ortam içerisindeki davranışı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu durum uygulanması düşünülen ıslah performansına önemli derecede etki etmektedir. Atrazin ve metribüzin en çok kullanılan triazin herbisit türlerinden olup yabancı otlara karşı mücadele ederek ürün verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Bu herbisitler, kullanım sonucunda içme sularında ve toprak ortamında kirlilik açısından sorun teşkil etmektedir. Çevrede geniş alanda kullanımı ve dayanımından ötürü bu tür bileşiklerin taşınımı ve davranışı oldukça önemli olup özellikle Kocaeli civarında literatürde yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Herbisitler istenmeyen zararlı bitkilerin büyümesi, kontrolü veya öldürülmesi amacıyla kullanılan önemli bir pestisit türü olup günümüzde tarımsal üretimde, demiryolu ve karayolu çalışmalarında kullanılmakta olup tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tüketimi oldukça önemli düzeydedir. Herbisitler konusunda 60 farklı ülkede kaydedilen vakalarda en önemli herbisit türü atrazin olarak gözlenmiştir. Atrazin geniş bir uygulama alanına sahip olup mahsul verimliliğini artırmada kullanılan bir herbisit grubu olmasına rağmen yeraltı sularında önemli oranda gözlenebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde özellikle Mississippi, Missouri ve Ohio nehirlerinin farklı bölgelerinden alınan numunelerin % 30'una yakın bir kısmında atrazin konsantrasyonları izin verilen değerin (MCL= 3µg/L) üzerindedir [3]. Dünyada Avrupa dışında yaygın olarak kullanılan atrazin kimyasalı 2009 yılında ABD'de yasaklanmasına rağmen Türkiye'deki kullanımı raf ömrü gerekçe gösterilerek kullanımına yasal olmayan bir şekilde devam edilmektedir. Atrazin kimyasalı ülkemizde özellikle mısır üretiminde, horozibiği, yabancı hardal, semizotu, darıcan, pıtrak, sirken gibi yabancı otlara karşı ruhsatlı durumdadır. Bunun yanında, atrazin ile ilgili bileşikler ilave edildiğinde, yukarıda bahsedilen otların yanında boş alanlar, demiryolları, rafineriler, petrol boru hatları, havaalanlarının ilaçlanması da kullanılmaktadır.

Tutunma ve geri-bırakma davranışı genelde mineral fazların varlığı, fiziksel ortamın organik madde içeriği, ortamın özellikleri ve bazen bu bileşiklerin ortamın pH'sına ve konsantrasyonuna bağlı olmaktadır. [2, 4, 5].

Ülkemizde çoğunlukla Akdeniz bölgesindeki Antalya ve Mersin civarı tarım alanlarında kullanılan bu tür bileşiklerin tutunma ve taşınım davranışının belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar mevcuttur [6-8]. Bu topraklarda pestisit olarak kullanımı günümüzde yasaklanmış olan atrazine herbisitinin Antalya ve Mersin İli içerisinde var olan farklı tarım topraklarındaki tutunma ve taşınım davranışları incelenmiştir [6, 7]. Ayrıca, 2,4-D ve Glifosfatın Antalya tarım topraklarındaki mobilitesi de kesikli deneyler yardımıyla incelenmiştir [8].

Gölcük ovası Kocaeli bölgesinde önemli yer altı suyu potansiyeline sahip olup $6,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ rezerve sahiptir [10]. Bu sebepten ötürü, bölgede halen kullanılan özellikle atrazin ve metribuzin gibi herbisitlerin Gölcük Ovası içerisindeki farklı tarım topraklarındaki tutunma ve taşınım davranışlarının araştırılması oldukça önemli olup yer altı su kaynaklarına olan etkisi araştırılacaktır. Bu kapsamda; bir seri kesikli ve kolon deneyleri yürütülecektir. Kesikli ve kolon deneyleriyle bazı taşınım parametrelerinin (doğrusal / doğrusal olmayan tutunma, kinetikle sınırlı tutunma ve geri-bırakma) ortaya çıkartılması ayrıca hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Toprak

Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Kocaeli ili Gölcük ilçesi civarından alınmıştır. Bu örnekler çalışma alanındaki topraklara benzeyen fakat kirlenme görülmeyen noktalardan alınmıştır. Toprak örnekleri bu bölgenin farklı noktalarındaki 0-30 cm derinliğinden alınıp homojen olarak karıştırılmıştır. Kolon deneyleri öncesi toprak numuneleri 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra 48 saat boyunca 105 C'de kurutulmuştur. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri (tane boyu dağılımı, pH, mineral faz dağılımı, organik madde içeriği ve organik karbon vs.). Tablo 2.1'de verilmiştir. Toprak kumlu tın tekstürüne sahip olup alkalin karakterli (pH=7.8) ve orta düzeyde organik madde (% 0.70) ihtiva etmektedir (Tablo 2.1). Toprağın ana mineral bileşiminin belirlenmesi için XRD analizi yapılmıştır ve XRD sonuçları Tablo 2.1'de belirtilmiştir.

Tablo 2.1. Toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri

Dane boyutu dağılımı, % (w/w)	
Kum	82
Silt	16
Kil	2
Dokusu	Kumlu Tın
Birim hacim ağırlık, ρ_b (g/cm ³)	1.3
Toprağın Kimyasal Özellikleri	
pH(1:1)	7.2
Toplam Organik Karbon, TOC (%)	0.55
Toplam İnorganik Karbon, TIC (CaCO ₃ olarak) (%)	14
SiO ₂ (%)	66
Al ₂ O ₃ (%)	5
Fe ₂ O ₃ (%)	7
MgO (%)	6
Diğer (%)	2

2.2. Çözeltiler

Analitik derecedeki atrazin ve metribüzin çözeltileri dahil bütün çözeltiler 0.02 M CaCl₂ elektrolit çözeltisi içerisinde günlük hazırlanmıştır. Kolon deneylerinin tümünde fiziksel ortamın hidrodinamik akım özelliklerinin belirlenmesi için yapılan trasör testlerinde 500 mg/L PFBA çözeltisi kullanılmıştır. Deneyler boyunca kullanılan malzemelerin tamamı % 10'luk nitrik asit çözeltisinde bir gün bekletilerek saf su ile yıkanmıştır.

2.3. Kolon Deneyleri

Kolon deneylerinde pleksicam malzemedeki olan 10 cm uzunluğunda, 2 cm iç çapında silindirik düzenek kullanılmıştır. Polietilen hortumlar monte edilen kolonun alt ve üst kapakları çözeltinin giriş ve çıkışına olarak verecek şekilde delinmiştir. Kolonun enjeksiyon yapılan bölümüne, çözeltinin homojen olarak toprağa yüklenmesini sağlayacak paslanmaz çelik yayıcı, diğer tarafına ise kolondaki toprağın sistemden çıkışına engel olacak 5 μ m gözenek çaplı paslanmaz çelik filtre yerleştirilmiştir. Kolon deney düzeneği Şekil 2.1'de görülmektedir.

Şekil 2.1. Kolon deney düzeneği.



Kolonun iç kısmına 2 mm çapında elekten geçirilen ve 105 °C'de kurutulan toprak uygun tane yoğunluğunda ilave edilmiştir. Kolonda suya doymun ortam koşulları elde etmek için alt girişinden yukarıya doğru toprak tamamıyla suya doymun duruma gelinceye kadar 0.02 mM CaCl₂ elektrolit çözeltisi ilave edilmiştir. Bu işlem sırasında belirli aralıklarla kolonun ağırlığı tartılarak toprağın suya doymun hale gelip gelmediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte akımın debisi kontrol edilerek duraylı akım koşulları sağlanmaya gayret edilmiştir.

Sistem tamamıyla doymun duruma ulaştıktan ve duraylı akım koşulları sağlandıktan sonra fiziksel ortamın hidrodinamik ve dispersif akım özelliklerini belirlemek amacıyla trasör testleri uygulanmıştır. Testlerde konservatif (reaktif olmayan) trasör olarak Pentaflorobenzoik asit (500 mg/L) kullanılmıştır. PFBA organik bileşimli reaktif olmayan trasör olup ortama tutunmayan, kütle kaybına uğramayn ve anyon eksklüzyonuna neden olmayan bileşik olup benzer çalışmalarda kullanılmıştır [2, 10, 11]. Kolon çıkış suyundaki trasör konsantrasyonu (C) giriş konsantrasyonuna (C₀) ulaşınca değin trasör yüklemeye devam edildikten sonra sistem elektrolit çözelti ile yıkanmıştır. Çıkış suyundaki PFBA konsantrasyonu eşik değere ulaşınca Trasör deneyi sona ermiştir. Kolon deneylerinde trasör göreceli konsantrasyonunun (C/C₀) boyutsuz bir kavram olan gözenek hacmine (PV) göre değişimi grafiklendikten sonra trasörün konsantrasyon değişim eğrisi (breakthrough curve) bulunmuştur. 1 PV, kolon toprağının boşluklarında bulunan suyun yenilenmesi için geçen süredir. Elde edilen bu eğriler analiz edilerek sistemin hidrodinamik akım koşulları belirlenmiştir. Tutunma deneyleri iki ayrı atrazin ve metribüzin konsantrasyonlarında (2 ve 10 mg/L) yapılmıştır. Kolon deneylerinde yıkama hızı, temsili yeraltısuyu hızı değerleri esas alınarak 26 cm/saat olarak belirlenmiştir [2, 10, 11]. Konservatif trasör deneylerinin ardından, atrazin/metribüzin çözeltisi, kolon çıkış suyundaki konsantrasyon (C) giriş konsantrasyonuna (C₀) ulaşınca kadar sistematik olarak eklenmiştir. Sonrasında kolon elektrolit çözelti ile yıkanarak atrazin/metribüzinin ortamdaki uzaklaşması belirlenmiştir. Kolon çıkışında konsantrasyonundaki değişim duruncaya değin elektrolit çözeltisi ile yıkama işlemi sürdürülecektir. Atrazin ve metribüzin tutunma deneyleri farklı konsantrasyonlarda tekrar edilerek tutunma davranışı üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

2.4. Analitik Ölçümler

Kolon deneylerinden alınan örneklerdeki PFBA, atrazin ve metribüzin bileşikler UV-VIS spektrofotometre ile ölçülmüştür. PFBA, atrazin ve metribüzin analizleri sırasıyla 254, 222 ve 233 nm dalga boyunda Varian Cary 50 cihazı ile ölçülmüştür.

2.5. Veri Analizleri

Kolon deneylerinin sonucunda çıkarılan konservatif trasör (PFBA) ve atrazin/metribüzün konsantrasyon değişim grafikleri (breakthrough grafikleri) standart zamansal moment analizi ile ele alınarak deneylerde izlenen bileşiklerin kütle dengeleri elde edilmiştir. Moment analizlerinde kolonu terk eden kütle miktarını 0. moment (M_0) vermektedir. Deneylerin kütle dengesini elde edebilmek için enjekte edilen kütleden kolonu terk eden kütle çıkartılmıştır. Tutunma kolon deneylerinde atrazin ve konservatif trasör elemente ait konsantrasyon değişim grafiklerinin moment analizi yapılarak bileşiklerin gecikme (Retardasyon) katsayıları (R) ayrıca hesaplanmıştır. Moment analizlerinde 1. düzeltilmiş moment (M_1^*) kirlenici kütlesinin gecikme katsayısını vermektedir [9]. 0. moment ve 1. düzeltilmiş normalize moment eşitlikleri aşağıda gösterilmiştir;

$$M_0 = \int_0^t c dt \quad (2.1)$$

$$M_1 = \int_0^t c t dt \quad (2.2)$$

$$M_1^* = \frac{M_1}{M_0} \quad (2.3)$$

$$R = M_1^* - 0,5 t_0 \quad (2.4)$$

Bu formüllerde M_0 = 0.moment; M_1 : 1. zamansal moment M_1^* = 1. zamansal normalize moment, C : konsantrasyon t : zaman, t_0 = enjeksiyon süresini temsil etmektedir.

3. SONUÇLAR

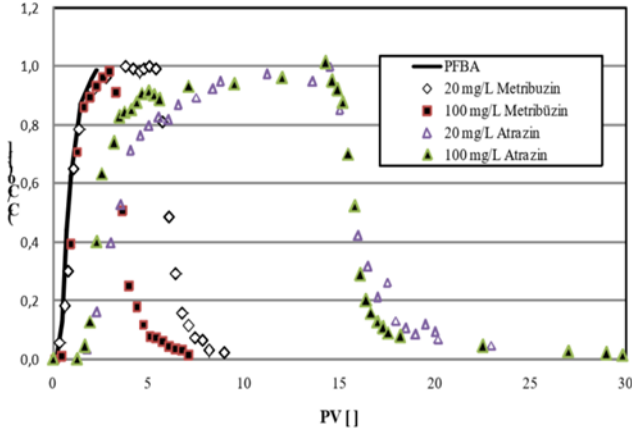
Toprağın hidrodinamik akım koşullarını tespit etmek için suya doygun ortam koşullarında konservatif trasör deneyleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere PFBA trasör deneylerinin retardasyon katsayılarının 1 olması toprakta tercihi akım yollarının ya da anyon eksklüzyonunun varolmadığını göstermektedir. PFBA grafiklerinin yükselim ve elüsyon bölümlerinin oldukça simetrik olması, trasörlerin olması gerektiği gibi bir taşınım hareketi gösterdiğini kanıtlamıştır. Trasör deney sonuçları, topraktaki akımın ayrıca advektif karakterli olduğunu göstermektedir. Trasör deney sonuçlarının zamansal(temporal) moment analizleri sonucunda sisteme pompalanan kütlenin tamamının korunduğu belirlenmiştir (>98%) (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Kolon deney deney koşulları ve sonuçları

Solüsyonlar	Kütle geri kazanımı	Gecikme katsayısı	Boşluk suyu hızı
		R	v
	%	[]	cm/saat
PFBA	101	1.0	26.0
20 mg/L Metrbzn	99.1	1.6	26.0
100mg/L Metrbzn	99.7	1.3	26.0
20 mg/L Atrazin	97.4	2.3	26.0
100 mg/L Atrazin	98.1	2.6	26.0

İki farklı konsantrasyonda (20 ve 100 mg/L) atrazin ve metribüzünün toprağa tutunma ve geri bırakma

hareketi incelenmiştir. Bu deneylerde herbisit konsantrasyonları C/Co 1'e varıncaya kadar sisteme yüklenmiş sonrasında ise sistem elektrolit çözelti ile yıkanmıştır. Atrazin ve metribüzin kolon deney konsantrasyon değişim grafikleri Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1. PFBA, atrazin ve metribüzin kolon deneyleri breakthrough grafikleri

Tablo 3.1 ve Şekil 3.1'de görüldüğü gibi metribüzin topraktaki taşınımı PFBA trasörüne göre çok düşük oranda gecikme gerçekleşmiştir. Kolon deneyleri sonucunda bulunan metribüzin gecikme katsayıları 20 ve 100 mg/L için 1.1-1.3 iken, geri kazanılan metribüzin kütlesi ise yaklaşık % 99.4-99.8 arasındadır. Atrazinde ise metribüzinin aksine PFBA trasöre göre belirli oranda gecikme gözlemlenmiştir. Hesaplamaların sonucunda bulunan gecikme katsayıları 1.8-1.9 arasında olup, kütle geri kazanımı %98.4-98.8 arasındadır. Bu durum, her iki herbisit türü için tutunmanın konsantrasyona bağlı olmadığını ve tutunmanın doğrusal karakterde olduğunu göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında atrazin ve metribüzinin özellikle topraktaki orta derecedeki organik maddeye tutunduğu gözlenmektedir. Metribüzinin düşük gecikme katsayısı değerlerine sahip olması, topraktaki organik madde bileşeninin metribüzin tutunumuna etkisinin çok düşük oranda olduğunu göstermektedir. Bu veriler ışığında, Gölcük tarım toprağında metribüzin kullanımının aşırı dozda kullanımı yüksek oranda yer altı suyu kirliliğine neden olacağı gözlenmektedir. Ancak atrazin uygulaması yapılacak olan topraklarda ise yer altı suyu kirliliğinin daha uzun vadede olacağı belirlenmiştir. Sonuç olarak bu gibi topraklarda pestisitlerin hangi dozlarda uygulanacağına dikkat edilip yer altı suyu kaynaklarının korunması konusu detaylı bir şekilde incelenmelidir. Bu durum, özellikle kirlenmiş toprakların risk değerlendirmesi için uygun ıslah teknoloji seçiminde ve uygulamasında oldukça önem arz etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi BAP FYL 2020/2212 olanaklarıyla gerçekleştirilmiştir.

Finansman

Yazarlar bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir maddi destek almamıştır.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde Environmental Toxicology and Ecology Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden Environmental Toxicology and Ecology ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın Environmental Toxicology and Ecology dışında herhangi bir akademik yayını

ortamında değerlendirilmediğini beyan ederler.

REFERANSLAR

- [1] Williams, W.M. Holden, P.W. Parsons, D.W. Lorber. M.N. Pesticides in Groundwater Database, Interim Report, pp. 6–64, US Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Washington, DC.
- [2] Koleli, N., Kantar, C., Cuvalcı U., Yılmaz H., Movement and adsorption of methamidophos in clay loam and sandy loam soil, International Journal of Analytical Chemistry, 86, 2006, 1127- 1134.
- [3] Kempf A., Brusseau M. L., Impact of non-ideal sorption on low-concentration tailing behavior for atrazine transport in two natural porous media, Chemosphere, 2009, 77, 877–882.
- [4] Cheng H., Reinhard M., Measuring hydrophobic micropore volumes in geosorbents from trichloroethylene desorption data, Environ. Sci. Technol., 2006, 40, 3595–3602.
- [5] Russo A., Johnson G. R., Schnaar G., Brusseau M. L., Nonideal transport of contaminants in heterogeneous porous media: 8. Characterizing and modeling asymptotic contaminant-elution tailing for several soils and aquifer sediments, Chemosphere, 2010, 81, 366–371.
- [6] Akyol, N.H., Characterizing and modeling of extensive atrazine elution tailing for stable manure-amended agricultural soil, Chemosphere, 2015, 119, 1027–1032.
- [7] Akyol, N.H., Ozbay, I., Ozbay, B., Effect of Organic Carbon Fraction on Long-term Atrazine Elution Tailing for Two Heterogeneous Porous Media: Experimental and Modeling Approach, Water Air Soil Pollut, 2015, DOI 10.1007/s11270-015-2639-4.
- [8] Ozbay B., Ozbay I., Akyol N.H., Akyol G, Sorption and desorption behaviors of 2,4-D and Glyphosate in calcareous soil from Antalya, Turkey", Water and Environment Journal, 32; 2018, 141-148.
- [9] Ozbay B., Ozbay I., Akyol N.H., Akyol G, Sorption and desorption behaviors of 2,4-D and Glyphosate in calcareous soil from Antalya, Turkey", Water and Environment Journal, 32; 2018, 141-148.
- [10] Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kocaeli İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu; 2018
- [11] Demir I., Akyol N.H., Atrazin ve Metribüzin Herbisitlerinin Balıkesir Tarım Topraklarındaki Tutunum ve Taşınımının İncelenmesi, Environmental Toxicology and Ecology, 2021, Cilt: 1 Sayı: 2, 17 – 21.

Poyrazlar Gölü Ornitofaunası

Kadir Yaşar ORAN^{1*} , Ali UZUN¹ 

ÖZET

Bu çalışmada, Sakarya ve Marmara Bölgesi kuşları ve aynı zamanda gününbirlik insan faaliyetleri açısından önemli bir sulak alan olan Poyrazlar Gölü'nün ornitofaunası 2021-2022 yılları arasında bir yıllık süreçte araştırılmıştır. Çalışma neticesinde Poyrazlar Gölü ve çevresinde 16 takımdan 38 familyaya ait 88 kuş türü tespit edilmiştir. Türlerin takımlara göre sayısal dağılımı; Podicipediformes 2, Suliformes 3, Ciconiiformes 1, Pelecaniformes 4, Anseriformes 3, Accipitriformes 4, Gruiformes 2, Charadriiformes 6, Columbiformes 3, Cuculiformes 1, Strigiformes 1, Coraciiformes 2, Apodiformes 1, Bucerotiformes 1, Piciformes 5, Passeriformes 49 şeklindedir. 58 tür ile en yüksek tür sayısı ilkbahar mevsiminde, 43 tür ile ise en az yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Yine 3801 ile en fazla birey kış mevsiminde, 926 birey ile en az birey ilkbahar mevsiminde sayılmıştır. Aylara göre ise en fazla tür 39 ile mart ayında en az tür 24 tür ile kasım ayında gözlenmiştir. Buna karşın birey sayısı bakımından en yüksek rakama 2276 ile aralık ayında en düşük rakama ise 261 birey ile nisan ayında ulaşılmıştır. Çalışma süresince kaydedilen 88 türün 43'ü yerli, 16'i yaz göçmeni, 12'si kış göçmeni olarak belirlenmiştir. 17 türün ise göç statüsü belirlenmemiştir. Çalışma bölgesinde 18 yeni tür kaydı yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen veriler alana özgü literatürle kıyaslandığında gölün ornitofaunistik değerinin zaman içerisinde önemli ölçüde zarar gördüğü görülmektedir. Bu nedenle bölgenin insan taşıma kapasitesi kontrol altında alınmalı ve rehabilitasyon çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Poyrazlar Lake Ornithofauna

ABSTRACT

In this study, the ornithofauna of Poyrazlar Lake, which is an important wetland for the birds of Sakarya and Marmara Region and also for daily human activities, was investigated in a one-year period between 2021-2022. As a result of the study, 88 bird species belonging to 38 families from 16 orders were determined in and around Poyrazlar Lake. The numerical distribution of the species according to the orders; Podicipediformes 2, Suliformes 3, Ciconiiformes 1, Pelecaniformes 4, Anseriformes 3,

Article Info

*Corresponding author:

e-mail: kadir_kyo@hotmail.com

Institution: ¹ Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Sakarya / Türkiye

Article history

Received: 11/05/2023

Accepted: February 29/05/2023

Available online: 30/09/2023

Anahtar Kelimeler:

Poyrazlar Gölü, Ornitofauna, Sakarya, Sulak Alan, Ekoloji

Keywords:

Egg shell dust, Essential oil, Natural insecticide, Rice weevil

How to Cite: K. Y. Oran, A. Uzun, " Poyrazlar Gölü Ornitofaunası ", *Environmental Toxicology and Ecology*, c. 3, sayı. 1, ss. 52-67., 2023.

DOI: [10.59838/etoxec.1295643](https://doi.org/10.59838/etoxec.1295643)

Accipitriformes 4, Gruiformes 2, Charadriiformes 6, Columbiformes 3, Cuculiformes 1, Strigiformes 1, Coraciiformes 2, Apodiformes 1, Bucerotiformes 1, Piciformes 5, Passeriformes 49. The highest number of species was recorded in spring with 58 species, and the lowest in summer with 43 species. Again, with 3801, the highest number of individuals were counted in the winter season, and the least with 926 individuals in the spring season. According to the months, the highest number of species was observed in March with 39 species, and the least in November with 24 species. On the other hand, the highest figure in terms of the number of individuals was reached in December with 2276 individuals, and the lowest figure was reached in April with 261 individuals. Of the 88 species recorded during the study, 43 were identified as native, 16 as summer migrant, and 12 as winter migrant. Migration status of 17 species could not be determined. 18 new species were recorded in the study area. When the data obtained in this study are compared with the literature specific to the area, it is seen that the ornithofaunistic value of the lake has been significantly damaged over time. For this reason, the human carrying capacity of the region should be taken under control and rehabilitation studies should be carried out.

1. GİRİŞ

Kuşlar, bütün canlılar gibi insanlarla birlikte yaşayan doğanın ayrılmaz bir parçasıdır. Geçmişten bu yana uçuş yetenekleri insanlarda özgürlük hissini çağrıştırırken aynı zamanda görünüşleri, ötüşleri ve besin kaynağı olarak da insanlar üzerinde önemli etkileri vardır. Efsanelerde, şarkılarda kısaca edebiyatta doğaüstü canlılar olarak simgelenmişlerdir. Eski Mısırda iyiliği ve gücü temsil etmeleri üzerine tanrısal sıfatlarla tanımlanmışlardır. Günümüzde de güçlü ve ihtişamlı birer yansıtıcı simge olarak kullanılmaktadır [1].

Canlı organizmalar arasında en çok bilgiye sahip olunan omurgalı sınıflarından biri olmasına rağmen kuşların tür çeşitliliği, yayılımları ve dünya üzerindeki sayılarına ilişkin hala eksik bilgiler mevcuttur. Canlı çeşitliliğinin güçlü bir göstergesi olan bu canlılar ekolojiye ilişkin stratejik koruma planlarının geliştirilmesinde başarıyla kullanılabilirler. Kuşların sayılması ile ilgili oldukça fazla sebep ve bu konu ile alakalı oldukça fazla bir literatür mevcuttur [2].

Ekolojik dengenin sağlanmasında doğada en fazla görevi olan canlı sınıflarının başında kuşlar gelmektedir. Bu görevlere bakılacak olursa; bitkilerde tozlaşmanın sağlanması ve bitki tohumlarının yayılması, kuş gübresi olarak bilinen guanolar ile tarım alanında kullanılması, tarım için zararlı olan böceklerin avlanması ile tarım üretiminin artması, leş yiyen kuşların leşlerden kaynaklanacak hastalıkların önüne geçmesi ve minerallerin dönüşümü ile toprak oluşumuna etkisi, omurgalı ve omurgasız canlıların popülasyon kontrolü, yuvalamak için açılan oyuk ve deliklerle ekosistem mühendisliği gibi önemli etkileri vardır [3,4,5,6].

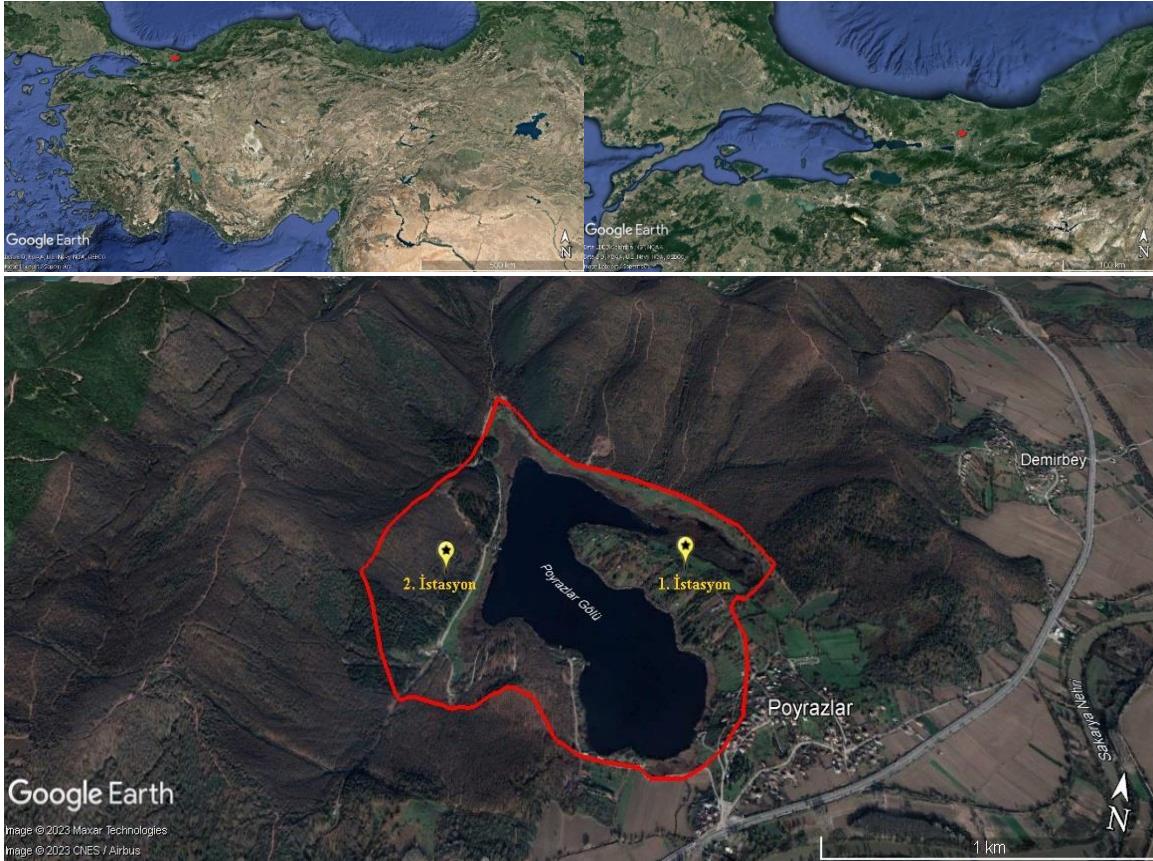
Son yıllarda kuş türlerinin korunmasına ilişkin birçok teşebbüs olmuş olmasına rağmen, yapılan bu girişimler kuşların global boyutta karşılaştıkları olumsuzlukların önüne geçememiştir. Bu nedenle kuş topluluklarının global çapta, bölgesel ve yerel boyutta tanımlanmasını ve araştırılmasını daha da önemli hale getirmiştir [7].

Bu çalışmada Poyrazlar Gölü ve çevresinin kuş türleri, popülasyon büyüklükleri, göç statüleri, ulusal ve uluslararası koruma statüleri, sıklık ve baskınlık değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca göl ve çevresinin hem yerleşim yeri hem de mesire alanı olarak kullanılması, insan faktörünün bölgede bulunan kuş türleri üzerine olan etkisi ile geçmişten günümüze bölgenin avifaunasında meydana gelen değişikliklerin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Alanı

Sakarya'nın kuzeyinde Sakarya ili Adapazarı ve Söğütü ilçesi sınırları içerisinde yer alan Poyrazlar Gölü kuzeyde $41^{\circ}08'47.24''$, güneyde $41^{\circ}05'52.59''$, batıda $30^{\circ}23'04.12''$, doğuda $30^{\circ}32'40.05''$ koordinatları arasındadır (Şekil 1).



Şekil 1. Poyrazlar Gölü konumu, çalışma alanı (Kırmızı alan) ve gözlem istasyonları

Güney tarafı yerleşim yeri ve tarım alanı, kuzeydoğusu küçük bir longoz (subasar ormanı), batısı mesire alanı ile sınırlı olan çalışma alanının ortalama derinliği 7 metreyi bulmaktadır, gideğeni olmadığından döküldüğü yer yoktur. Sucul ekosistemin çevresi biyoekolojik olarak bir bütünlük gösteren doğal yapısına benzer orman ekosistemi, çayır ekosistemi ve sazlık ekosistemi ile çevrilidir [8].

Adapazarı'nın 7-8 km kuzey doğusunda yer alan göl adını çevresindeki Poyrazlar Köyü'nden almaktadır. Tabiatı Koruma Alanı statüsünde olan ve Tekke Gölü de denen gölün suyu tatlı olup Sakarya Nehri'nin yatak değiştirmesiyle oluşmuştur. 6.5 km^2 drenaj alanına sahip olan gölün büyüklüğü 0.6 km^2 'dir. Sakarya Nehri taşıdığı zaman, suları kapaklı boğaz adı verilen bir boğazla göle karışır. Normal zamanlarda ise nehir sızıntılarıyla gölü besler. Gölün kuzey ucundan çıkan dere ile göl suları Sakarya Nehri'ne karışır [9]. Poyrazlar Gölü henüz mikrobiyolojik kalite açısından kirli olmayan, fakat kirlilik sınırına yakın değerlere sahip bir göldür [10].

2.2. Metot

Poyrazlar Gölü'ndeki arazi çalışmaları Eylül 2021-2022 tarihleri arasında aylık periyotlarda, yaz aylarında 06.00-20.00 kış döneminde ise 08.00-17.00 saatleri arasında günü birlik arazi çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir. Toplamda bir yıl boyunca 12 arazi çalışması yapılmıştır. Poyrazlar Gölü'nde gözlemler iki istasyonda yürütülmüştür. Gölün güneydoğusunda yer alan I.istasyonda, göl doğu yönünde içeriye bir girinti yapmıştır. Bu bölgenin genellikle özel mülk olması ve insan kalabalığının olmaması nedeni ile kuş türlerinin yuvalama, barınma, korunma ihtiyaçlarına çok uygun özelliktedir. II. istasyon gölün kuzey tarafında kalmaktadır. Gölün bu kısmı mesire alanı olarak kullanılmaktadır. Gölün kıyı şeridi sazlıklarla kaplıdır.

Noktasal gözlemlerde özellikle su kuşları kayıtları yapılırken, hat boyu kayıt alma yönteminde ise göl ve çevresindeki diğer kuşların tespitleri yapılmıştır. Farklı arazi tarihlerinde gözlem noktaları arasında standart oluşturmak için günün her farklı saat dilimlerinde her bir gözlem noktasından veri almaya özen gösterildi. Türlerin teşhisinde "TRAKUS, Türkiye'nin Kuşları (2021)" kaynağından yararlanıldı. Ayrıca, arazi gözlemleri sırasında, doğrudan kuşların görülmesi esasına dayalı gözlemlerin yanı sıra, özellikle ötücü türlerin gizlenmesi nedeni ile ses ve kanat sesleri gibi belirti ve işaretlerden yararlanma esasına dayalı dolaylı gözlemlerde yapıldı. Gözlemler çıplak gözle ve dürbün ile gerçekleştirildi. Türlerin fotoğraflanmasında teleskop ve teleobjektif lens kullanılan fotoğraf makineleri ile gözlemler yapılmıştır. Çalışmada her bir istasyonda; türler, türe ait birey sayıları, koordinat bilgileri, bireyin görüldüğü habitat, hava durumu ve saat kayıt altına alınmıştır. Böylece türlerin; göç statüleri, yılın hangi dönemlerinde kaç bireyle alanda bulunduğu, ulusal ve uluslararası koruma statüleri, takım ve familya düzeyinde alanda temsil oranları, sıklık ve baskınlık değerleri belirlenerek tablolar halinde sunulmuştur.

Sıklık analizi

Sıklık analizi bir türün araştırma sahasındaki bulunma yüzdesini ifade etmektedir. Türün gözlem sayısı tüm gözlem sayısına bölünerek 100'le çarpımı sıklık değerini vermektedir [11].

$Sıklık(F) = Na / Nn \times 100$ (Na= Türün gözlem sayısı, Nn= Tüm gözlem sayısı).

Bir komünitedeki türlerin sıklık dereceleri 5 kategoride ayrılarak analiz edilmiştir. (% 1-20 : Nadir gözlenen türler, % 21-40 : Seyrek gözlenen türler % 41-60, Genellikle gözlenen türler, % 61-80 : Çoğunlukla gözlenen türler, % 81-100 : Devamlı gözlenen türler).

Baskınlık analizi

Bir türe ait birey sayısı ile tüm türlere ait toplam birey sayısı arasındaki oranın yüzde anlatımıdır [11].

$Baskınlık (B) = Na / Nn \times 100$ (B = Baskınlık, Na = Bir türe ait gözlemlenen toplam birey sayısı, Nn= Tüm türlere ait gözlemlenen toplam birey sayılarının toplamı).

Baskınlık 5 kategoride değerlendirilmiştir (0 = Yok, + = Nadir veya çok nadir türler, 1= Populasyon büyüklüğü %5'den düşük türler, 2= Populasyon büyüklüğü %5-25 arasında olan türler, 3= Populasyon büyüklüğü %25-50 arasında olan türler, 4= Populasyon büyüklüğü %50-75 arasında olan türler, 5= Populasyon büyüklüğü %75'den fazla olan tür).

3. BULGULAR

Çalışma sahasında 16 takımdan 38 familyaya ait 88 tür kaydedilmiştir. Türlerin takım ve familyalara göre dağılımı, göç durumları, koruma statüleri (IUCN 2022-2), sıklık ve baskınlık değerleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Tespit edilen türlerin takım, familya, göç durumu, koruma statüleri, sıklık ve baskınlık değerleri

Sıra	Takım	Familya	Tür	Göç Durumu	IUCN (2022-2)	K.S. K.oğlu, 2008	BER N	SIKLI K	BASKINLI K	
1	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps cristatus</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	100	0,96	
2			<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	58,3	0,56	
3	Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	25	0,18	
4			<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	B	LC	A.3=VU	Ek II	8,3	0,02	
5			<i>Microcarbo pygmaeus</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	83,3	1,36	
6	Ciconiiformes	ciconidae	<i>Ciconia ciconia</i>	YG	LC	A.3.1=D	Ek II	16,6	0,02	
7	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek III	33,3	0,05	
8			<i>Egretta alba</i>	B	LC	A.3=VU	Ek II	8,3	0,01	
9			<i>Egretta garzetta</i>	YG	LC	A.3.1=D	Ek II	16,6	0,02	
10			<i>Ardeola ralloides</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	16,6	0,02	
11	Anseriformes	Anatidae	<i>Anas platyrhynchos</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	83,3	3	
12			<i>Aythya ferina</i>	KG	VU	A.5=LC	Ek III	41,6	0,14	
13			<i>Aythya nyroca</i>	KG	NT	A.3=VU	Ek III	16,6	0,14	
14	Accipitriformes	Accipridae	<i>Accipiter nisus</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	16,6	0,06	
15			<i>Buteo buteo</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	50	0,15	
16			<i>Circus aeruginosus</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	50	0,25	
17			<i>Aquila chrysaetos</i>	B	LC	A.1.2=CR	Ek III	8,3	0,01	
18	Gruiformes	Rallidae	<i>Gallinula chloropus</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek III	41,6	0,46	
19			<i>Fulica atra</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	100	34	
20	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Gallinago gallinago</i>	KG	LC	B.3.1=D	Ek III	16,6	0,02	
21			<i>Gallinago media</i>	KG	NT	A.3=VU	Ek II	16,6	0,02	
22			<i>Actitis hypoleucos</i>	KG	LC	A.3=VU	Ek III	16,6	0,03	
23	Laridae	Laridae	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	KG	LC	A.5=LC	Ek III	25	0,29	
24			<i>Larus argentatus</i>	B	LC	A.4=NT	Ek III	8,3	0,03	
25			<i>Larus michahellis</i>	Y	LC	A.4=NT	Ek III	41,6	1,07	
26	Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	41,6	0,47	
27			<i>Streptopelia decaocto</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	100	0,85	
28			<i>Spilopelia senegalensis</i>	YG	LC	A.4=NT	Ek III	33,3	0,11	
29	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Cuculus canorus</i>	YG	LC	A.2=EN	Ek III	33,3	0,34	
30	Strigiformes	Strigidae	<i>Athena noctura</i>	KG	LC	A.2=EN	Ek II	16,6	0,02	
31	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Alcedo atthis</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	33,3	0,18	
32			Meropidae	<i>Merops apiaster</i>	YG	LC	A.3.1=D	Ek II	16,6	1,25
33	Apodiformes	Apodidae	<i>tachymarpis melba</i>	YG	LC	A.3.1=D	Ek II	16,6	0,03	
34	Bucerotiformes	Upupidae	<i>Upupa epops</i>	YG	LC	A.2=EN	Ek II	50	0,37	
35			Picidae	<i>Dendrocopos major</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	50	0,15
36	Piciformes	Picidae	<i>Dendrocopos syriacus</i>	B	LC	A.2=EN	Ek II	8,3	0,01	
37			<i>Dendrocopos medius</i>	B	LC	A.1.2=CR	Ek II	8,3	0,01	
38			<i>Picus viridis</i>	KG	LC	A.2=EN	Ek II	33,3	0,1	
39			<i>Dryobates minör</i>	Y	LC	A.1.2=CR	Ek II	16,6	0,14	
40	Passeriformes	Lanidae	<i>Lanius collurio</i>	YG	LC	A.3=VU	Ek II	33,3	0,26	
41			Corvidae	<i>Garrulus glandarius</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek III	100	1,74
42			<i>Pica pica</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	100	2,14	
43			<i>Coleus monedula</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	41,6	0,19	
44			<i>Corvus cornix</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	100	2,16	

Sıra	Takım	Familiya	Tür	Göç Durumu	IUCN (2022-2)	K.S. K.oğlu, 2008	BER N	SIKLI K	BASKINLI K
45		Aegithalidae	<i>Aegithalos caudatus</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek III	83,3	1,52
46		Paridae	<i>Parus major</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	91,6	2,1
47			<i>Periparus ater</i>	B	LC	A.3=VU	Ek II	8,3	0,06
48			<i>Cyanistes caeruleus</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	91,6	0,69
49		Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	YG	LC	A.5=LC	Ek II	58,3	2,82
50			<i>Delichon urbicum</i>	YG	LC	A.3=VU	Ek II	25	0,45
51		Phylloscopidae	<i>Phylloscopus collybita</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek III	41,6	0,19
52		Scotocercidae	<i>Cettia cetti</i>	YG	LC	A.2=EN	Ek III	16,6	0,11
53		Acrocephalidae	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	YG	LC	A.2=EN	Ek III	25	0,33
54			<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	YG	LC	A.3=VU	Ek III	41,6	1,15
55		Sylviidae	<i>Sylvia atricapilla</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	16,6	0,039
56			<i>Hippolais olivetorum</i>	B	LC	A.2=EN	Ek II	8,3	0,01
57		Regulidae	<i>Regulus ignicapilla</i>	KG	LC	A.2=EN	Ek II	25	0,23
58		Cisticolidae	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Y	LC	A.1.2=CR	Ek II	25	0,1
59		Sittidae	<i>Sitta europaea</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	75	0,6
60			<i>Sitta Krueperi</i>	B	LC	A.2=EN	Ek II	8,3	0,01
61		Oriolidae	<i>Oriolus oriolus</i>	YG	LC	A.2=EN	Ek II	33,3	0,38
62		Certhiidae/	<i>Certhia brachydactyla</i>	B	LC	A.1.2=CR	Ek II	8,3	0,01
63		Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	50	18,4
64		Turdidae/	<i>Turdus merula</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	91,6	2,49
65			<i>Turdus philomelos</i>	YG	LC	A.2=EN	Ek III	25	0,05
66			<i>Turdus iliacus</i>	KG	NT	B.2=EN	Ek III	25	1,81
67			<i>Turdus pilaris</i>	B	LC	B.2=EN	Ek III	8,3	0,01
68			<i>Turdus viscivorus</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek III	58,3	0,3
69		Muscicapidae	<i>Muscicapa striata</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	25	0,42
70			<i>Ficedula parva</i>	YG	LC	A.2=EN	Ek II	16,6	0,02
71			<i>Ficedula albicollis</i>	B	LC	A.2=EN	Ek II	8,3	0,02
72			<i>Luscinia megarhynchos</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	33,3	0,58
73			<i>Luscinia luscinia</i>	B	LC	A.2=EN	Ek II	8,3	0,01
74			<i>Erithacus rubecula</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	75	1,69
75			<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	16,6	0,039
76		Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	83,3	1,99
77			<i>Passer montanus</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	16,6	0,23
78		Motacillidae	<i>Motacilla cinerea</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	25	0,079
79			<i>Motacilla alba</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	66,6	0,14
80			<i>Anthus trivialis</i>	B	LC	A.3=VU	Ek II	8,3	0,01
81			<i>Anthus pratensis</i>	B	NT	A.3=VU	Ek II	8,3	0,02
82		Fringillidae	<i>Fringilla coelebs</i>	Y	LC	A.4=NT	Ek III	100	6,34
83			<i>Fringilla montifringilla</i>	B	LC	A.3=VU	Ek III	8,3	0,22
84			<i>Carduelis carduelis</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	41,6	0,17
85			<i>Spinus spinus</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	16,6	0,039
86			<i>Chloris chloris</i>	KG	LC	A.3=VU	Ek II	25	0,1
87			<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	KG	LC	A.3=VU	Ek II	33,3	0,13
88		Emberizidae	<i>Emberiza cirrus</i>	B	LC	A.2=EN	Ek II	8,3	0,05

YG: Yaz göçmeni
KG: Kış Göçmeni
Y: Yerli
B: Belirlenemeyen

LC: Least Concern
VU: Vulnerable
NT: Near Threatened
EK II: Kesin koruma altına alınan fauna türleri
EKIII: Korunan fauna türleri

A.1.2 : Birey sayıları yapılan gözlemlerde 1-25 çift olan türler.
A.2: Çeşitli bölgelerde yapılan sayımlarda birey sayıları 26-50 çift olan türler.
A.3.1: Populasyonu azalan
A.3: Birey sayısı 51- 200 (500) çift arasında kalan ancak bazı bölgelerde oldukça azalmış olan türler.
A.4: Birey sayıları fazla olmakla birlikte belirli bölgelerde azalmış olan türler.
A.5: Düşük riskli
B.2: Anadolu'dan transit olarak geçen veya Anadolu'yu kışlak olarak kullanan ve risk derecesi daha düşük olan türle.

3.2. Türlerin takım ve familyalara dağılımı ve birey sayıları

Araştırma sahasında 49 tür ile en fazla temsil edilen Passeriformes takımındır (Tablo 2). Bu 49 türe ait toplam 3994 birey kaydedilmiştir. Ciconiiformes, Cuculiformes, Strigiformes, Apodiformes ve Bucerotiformes takımlarının ise alanda tüm gözlemler boyunca birer tür ile temsil edilmiştir. Tüm gözlemler boyunca bir tür ile temsil edilen takımlar arasında en fazla birey Bucerotiformes takımından 28 birey, en az bireyle temsil edilen takım ise Ciconiiformes takımında kaydedilen 2 bireydir.

Tablo 2. Takımlara göre tür, birey sayısı ve yüzde oranları

Takım	Tür Sayısı	Yüzde	Gözlenen Toplam Birey Sayısı	Yüzde
Podicipediformes	2	2,72	116	1,53
Suliformes	3	3,40	119	1,57
Ciconiiformes	1	1,13	2	0,02
Pelecaniformes	4	4,54	9	0,11
Anseriformes	3	3,40	249	3,29
Accipitriformes	4	4,54	37	0,48
Gruiformes	2	2,72	2610	34,50
Charadriiformes	6	6,81	113	1,49
Columbiformes	3	3,40	110	1,45
Cuculiformes	1	1,13	26	0,34
Strigiformes	1	1,13	2	0,02
Coraciiformes	2	2,72	109	0,01
Apodiformes	1	1,13	4	0,05
Bucerotiformes	1	1,13	28	0,37
Piciformes	5	5,68	36	0,47
Passeriformes	49	55,68	3994	52,80
Toplam	88	100	7564	100

Araştırma sahasında 7 tür ile en fazla temsil edilen Muscicapidae familyasıdır. Daha sonra 6 tür Fringillidae, 5 tür ile Turdidae ve Picidae, 4 tür ile Ardeidae, Accipitridae, Corvidae, Motacillidae gelmektedir (Tablo 3). En az 1 tür ile temsil edilen familyalar ise; Ciconidae, Cuculidae, Strigidae, Alcedinidae, Meropidae, Apodidae, Upupidae, Laniidae, Aegithalidae, Phylloscopidae, Scotocercidae, Regulidae, Cisticolidae, Oriolidae, Certhiidae, Sturnidae ve Emberizidae şeklindedir. Birey sayıları açısından karşılaştırıldığında ise; en fazla birey ile temsil edilen tür Rallidae 2610 birey ile, Sturnidae 1392 birey, Fringillidae 531 birey, Corvidae 473 birey ile temsil edilmektedir. En az birey ise; Certhiidae 1 birey ile, ciconidae, Strigidae ve 2'şer birey ile, Sylvidae 3 birey ile, Emberizidae ve Apodidae ise 4'er birey ile temsil edilmektedir.

Tablo 3. Familyalara göre tür, birey sayısı ve yüzde oranları

Familya	Tür Sayısı	Yüzde	Gözlenen Toplam Birey Sayısı	Yüzde
Podicipedidae	2	2,2	116	1,53
Phalacrocoracidae	3	3,4	119	1,57
ciconidae	1	1,1	2	0,02
Ardeidae	4	4,4	9	0,11
Anatidae	3	3,4	249	3,29
Accipitridae	4	4,4	37	0,48
Rallidae	2	2,2	2610	34,5
Scolopacidae	3	3,4	7	0,09
Laridae	3	3,4	106	1,4

Familya	Tür Sayısı	Yüzde	Gözlenen Toplam Birey Sayısı	Yüzde
Columbidae	3	3,4	110	1,45
Cuculidae	1	1,1	26	0,34
Strigidae	1	1,1	2	0,02
Alcedinidae	1	1,1	14	0,18
Meropidae	1	1,1	95	1,25
Apodidae	1	1,1	4	0,05
Upupidae	1	1,1	28	0,37
Picidae	5	5,6	36	0,47
Laniidae	1	1,1	20	0,26
Corvidae	4	4,4	473	6,25
Aegithalidae	1	1,1	115	1,52
Paridae	3	3,4	216	2,85
Hirundinidae	2	2,2	246	3,25
Phylloscopidae	1	1,1	15	0,19
Scotocercidae	1	1,1	9	0,11
Acrocephalidae	3	3,4	113	1,49
Sylviidae	1	1,1	3	0,03
Regulidae	1	1,1	18	0,23
Cisticolidae	1	1,1	8	0,1
Sittidae	2	2,2	47	0,62
Oriolidae	1	1,1	29	0,38
Certhiidae	1	1,1	1	0,01
Sturnidae	1	1,1	1392	18,4
Turdidae	5	5,6	354	4,68
Muscicapidae	7	7,9	212	2,8
Passeridae	2	2,2	169	2,23
Motacillidae	4	4,4	19	0,25
Fringillidae	6	6,8	531	7,02
Emberizidae	1	1,1	4	0,05
Toplam	88	100	7564	100

3.2. Türlerin göç statüleri

Çalışma süresince kaydedilen 88 türün 43'ü yerli (%48,8), 16'sı yaz göçmeni (%18,1), 12'si (%13,6) kış göçmeni olarak belirlenmiştir. 17 (%19,3) türün ise göç statüsü belirlenememiştir (Tablo 4).

Yerli statüsünde 43 türe ait 6687 birey gözlemlenirken, yaz göçmeni 16 türe ait 588 birey, kış göçmeni 12 türe ait 234 birey gözlemlenmiştir. Statüsü belirlenemeyen 17 türe ait birey sayısı ise 45 olarak kaydedilmiştir.

Tablo 4. Göç statülerine göre tür ve birey sayıları

Göç durumu	Y(Yerli)	%	YG (Yaz Göçmeni)	%	KG (Kış Göçmeni)	%	GSB (Göç Statüsü Belirlenemeyen)	%	Toplam
Tür sayısı	43	48,8	16	18,1	12	13,6	17	19,3	88
Birey sayısı	6687	88,4	588	7,7	234	3,09	45	0,59	7564

3.3. Türlerin koruma statüleri

IUCN (2022-V2) listesine göre kaydedilen toplam 88 türden 83'ü LC (% 94,31) kategorisindedir [12]. LC kategorisindeki türler alanda 7401 (%97,84) birey ile temsil edilmektedir. 4 tür (%4,54) NT kategorisinde 152 (%2) bir tür (%1,13) VU kategorisinde 11 (%0,14) birey şeklinde alanda temsil edilmektedir (Tablo 5).

Bern Sözleşmesi göre kaydedilen toplam 88 türden 48'i EK II (%54,5) yer alırken 40 tür EK III (%45,5) kategorisinde yer almaktadır. EK II' de yer alan türler ait birey sayısı 6370 (%84,2) iken EK III' de yer alan türler 1194 (%15,8) bireyle temsil edilmektedir.

Kızıroğlu (2008) tarafından hazırlanan Türkiye'nin Kuşları Kırmızı listesine göre A.1.2 kategorisindeki 5 (%5,68) tür 177 (%2,34) birey ile temsil edilirken, A.2 kategorisinde 23 (%26,1) tür 3336 (%44,1), A.3.1 kategorisinde 13 (%14,7) tür 280 (%3,7), A.3 kategorisinde 27 (%30,6) tür 2981(%39,4), A.4 kategorisinde 4(%4,54) tür 267(%3,52), A.5 kategorisinde 13 (%14,7) tür 429 (%5,67) B.2 kategorisinde ise 2 (2,27) tür 74(%0,97) birey ile temsil edilmektedir [13].

Tablo 5. Türlerin koruma statülerine göre sayıları

STATÜ ADI	KATEGORİ	TÜR SAYISI	YÜZDE	BİREY SAYISI	YÜZDE
IUCN	LC	83	%94,31	7401	%97,84
	NT	4	%4,54	152	%2,0
	VU	1	%1,13	11	%0,14
TOPLAM		88	%100	7564	%100
BERN	EK II	48	%54,5	1194	%15,8
	EK III	40	%45,5	6370	%84,2
TOPLAM		88	%100	7564	%100
Türkiye Kuşları Kırmızı Listesi (Kızıoğlu, 2008)	A.1.2	5	%5,68	177	%2,34
	A.2	23	%26,1	3336	%44,1
	A.3.1	13	%14,7	280	%3,7
	A.3	27	%30,6	2981	%39,4
	A.4	4	%4,54	267	%3,52
	A.5	13	%14,7	429	%5,67
	B.2	2	%2,27	74	%0,97
	B.3.1	1	%1,13	20	%0,26
	TOPLAM		88	%100	7564

3.4. Türlerin sıklık ve baskınlık değeri

Tespit edilen 88 türün sıklık değerleri dağılımı; 35'i %1-20 (227 birey sayısı, % 3), 20'si %21-40 (471 birey sayısı, % 6,2), 16'sı %41-60 (2034 birey sayısı, % 26,8), 3'ü %61-80 (185 birey sayısı, % 2,4) ve 14'ü %81-100 (4647 birey sayısı, % 61,4) arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

Sıklık değeri % 1-20 olan en yüksek olan 14 türe ait birey sayısı toplamı 4647 iken sıklık değeri en az olan 35 türe ait toplam birey sayısı 227 olarak kaydedilmiştir.

Tablo 6. Türlerin sıklık değerlerine göre tür ve birey sayıları

Sıklık	% 1-20	% 21-40	% 41-60	% 61-80	% 81-100	Toplam
Tür Sayısı	35	20	16	3	14	88
Birey Sayısı	227	471	2034	185	4647	7564
Yüzde	% 3	%6,2	26,8	2,4	61,4	% 100

Araştırmada kaydedilen 88 türe ait baskınlık değerleri dağılımı; 85'i (3117 birey sayısı, %41,2) %5 den daha küçük, 2'si (1872 birey sayısı, %24,7) %5-25 arasında ve 1'i (2575 birey sayısı, %34) %25-50 arasında baskınlık değerine sahiptir (Tablo 7).

Tablo 7. Türlerin baskınlık değerlerine göre tür ve birey sayısı

Baskınlık	<%5	%5-25	%25-50	%70-75	%75<	Toplam
Tür sayısı	85	2	1	0	0	88
Birey sayısı	3117	1872	2575	0	0	7564
Yüzde	41,2	24,7	34	0	0	%100

3.5. Aylara göre tür ve birey sayıları

Çalışma süresince göl ve çevresinde toplam 88 türe ait 7564 birey sayılmıştır. Araştırma süresince 39 (%44) tür ile Mart ve Ocak aylarında en yüksek, 24 (%27) tür ile Kasım ayında en az tür tespit edilmiştir. Buna karşın Mart'ta 349 (%4,6) birey, Ocak'ta 1016 (%13,4) birey, Kasım'da 397 (%5,2) birey sayılmıştır.

Araştırma süresince Aralık ayı 35 (%30) türe ait 2276 (%40) ile en fazla birey, 33 (%5,2) türe ait 261 (%3,4) birey ile Nisan ayı en az birey sayılmıştır. Aralık ayında kaydedilen / sayılan toplam 2276 bireyden 1377'si (% 18,2) *Sturnus vulgaris* (Sığırcık) türüne aittir.

Tablo 8. Aylara göre tür ve birey sayıları

Yıl	2021							2022					Toplam
	Ay	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	
Toplam Birey Sayısı	545	694	397	2276	1016	509	349	261	316	397	398	406	7564
Toplam Birey Satısı %	%7,2	%9,1	%5,2	%30	%13,4	%6,7	%4,6	%3,4	%4,1	%5,2	%5,2	%5,3	%100
Toplam Tür Sayısı	33	37	24	35	39	33	39	33	29	28	33	36	88
Toplam Tür Sayısı %	%37	%42	%27	%40	%44	%37	%44	%37	%33	%31	%37	%41	%100

3.6. Mevsimlere göre tür ve birey sayıları

Çalışma sahasında İlkbaharda 58, Sonbaharda 57, Kışta 52 ve Yaz mevsiminde ise 43 tür kaydedilmiştir (Tablo 9). Mevsimler boyunca kaydedilen birey sayıları da oldukça farklılık göstermektedir. En fazla birey 3801 ile kış mevsiminde, en az birey ise 926 birey ile İlkbahar mevsiminde sayılmıştır. Yine Yaz mevsiminde 1201 birey sonbahar mevsiminde ise 1636 birey kaydedilmiştir.

Tablo 9. Mevsimlere göre tür ve birey sayısı

Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Toplam
Tür sayısı	57	52	58	43	88
Yüzde	%64,7	%59	%65,9	%48,8	%100
Birey sayısı	1636	3801	926	1201	7564
Yüzde	%21,6	%50,0	%12,2	%15,8	%100

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma sonunda Poyrazlar Gölü ve çevresinde 16 takımdan 38 familyaya ait 88 kuş türü tespit edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye genelinde mevcut 24 takımın % 66,6'sı, 76 familyanın % 50'si ve 497 türün % 17'si Poyrazlar Gölü ve çevresinde temsil edilmektedir [14]. Sakarya genelinde ise mevcut 18 takımın % 88,8'i, 48 familyanın % 79,1'i, 218 türün % 40,3'ü kaydedilmiştir (Anonim, 2018).

Uzun ve ark. (2009) tarafından 2001-2003 yılları arasında aynı alanda gerçekleştirilen 2 yıllık benzer bir çalışmada 17 takıma ait 39 familyadan 154 tür tespit edilmiştir ve toplamda 32325 birey sayılmıştır [15]. Bu çalışma ile takım düzeyinde karşılaştırıldığında 14 takım her iki çalışmada da ortak iken 2 takım (Suliformes ve Bucetotiformes) sadece bu çalışmada, 3 takım (Falconiformes, Galliformes ve Caprimulgiformes) ise sadece Uzun ve ark. (2009) çalışmasında yer almaktadır. Aynı şekilde familya düzeyinde karşılaştırıldığında 32 familya her iki çalışmada da ortak iken 5 familya (Phylloscopidae, Scotocercidae, Acrocephalidae, Regulidae ve Sittidae) sadece bu çalışmada, 11 familya (Threskiornithidae, Falconidae, Phasianidae, Resurvirostridae, Charadriidae, Sternidae, Caprimulgidae, Alcenidae, Prunellidae ve Remizidae) ise sadece Uzun ve ark. (2009) çalışmasında yer almaktadır. Benzer şekilde her iki çalışma tür düzeyinde karşılaştırıldığında 70 tür ortak iken, 18 tür sadece bu çalışmada, 84 tür ise sadece Uzun ve ark. (2009) çalışmasında yer almaktadır.

Takım, familya ve tür sayısındaki farklılıkların iki temel nedenden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Birincisi çalışmanın süresi, ikincisi ise Uzun ve ark. (2009) çalışmasından günümüze kadar yaklaşık 20 yıllık süre içerisinde alana dönük insan baskısı yoğunluğunun ve çeşitliliğinin artmasıdır. Mevsimsel hareketlilikleri, gizlenme konusundaki ustalıkları, teritorial alanları ve hayatta kalma içgüdüleri ile genellikle ürkek olmaları nedeniyle bir bölgenin kuş tür çeşitliliğinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda genellikle kusursuz sayım imkansızdır. Bu nedenle bilimsel araştırmada tüm evrene ulaşmak çoğu zaman mümkün değildir ve örneklem grupları seçilerek istatistiksel olarak tahmin yürütme yapılır. Dolayısıyla çalışma süresinin bir veya iki yıl olması bu bakımdan ortaya çıkan farklılıklar için önemli bir gerekçedir. Bu durum her iki çalışmadaki toplam birey sayılarında da kendini göstermektedir. Uzun ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada toplamda 32325 rakamını ifade ederken bu çalışmada ise 7564 birey kaydedilmiştir. Diğer neden olarak düşünülen alana dönük insan baskısının ve çeşitliliğinin artmasıdır. Bölgenin mesire alanı olarak kullanılması, yoğun ziyaretçi alması göl ve çevresinde gerek sulak alanların gerekse ormanlık alanların işgal edilmesi nedeniyle pek çok türün çalışma sınırları dışında kalan benzer habitatlara doğru kaydığı, özellikle su kuşlarının gölün yoğun olarak kullanılması nedeniyle alanı terk edebileceği ihtimalidir.

Uzun ve ark. (2009)'a göre Poyrazlar Gölü ve çevresinde tespit edilen 154 türün; 65'i (% 42) yerli, 47'si (% 31) yaz göçmeni, 36'sı (% 23) kış göçmeni ve 6'sı (% 4) transit göçer özelliktedir. Türlerin göç statüleri açısından elde edilen veriler Uzun ve ark. (2009) ile karşılaştırıldığında 65 türün statüsü aynı özelliktedir. Farklı olarak; Uzun ve ark. (2009)'da yaz göçmeni olarak verilen 5 (*Ardeola ralloides*, *Luscinia megarhynchos*, *Muscicapa striata* ve *Sylvia atricapilla*) tür bu çalışmada yerli; kış göçmeni olarak verilen 5 (*Phalacrocorax carbo*, *Anas platyrhynchos*, *Columba livia*, *Erithacus rubecula*, *Spinus spinus*) tür bu çalışmada yerli, yerli olarak verilen 2 (*Coccothraustes coccothraustes* ve *Athena noctura*) tür kış göçmeni olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmada göç statüsü belirlenemeyen 4 (*Aquila chrysaetos*, *Larus argentatus*, *Periparus ater*, *Sitta krüperi*) tür Uzun ve ark. (2009)'da yerli olarak verilirken, 5 tür (*Anthus trivialis*, *Luscinia luscinia*, *Turdus pilaris*, *Hippolais olivetorum*, *Fringilla montifringilla*) kış göçmeni, 2 tür (*Ardea alba* ve *Ficedula albicollis*) yaz göçmeni olarak verilmiştir.

Türlerin göç statüleri Anonim (2021-trakuş) ile karşılaştırıldığında; 52 türün statüsü aynı özelliktedir. Farklı olarak; yaz göçmeni olarak verilen 5 (*Phoenicurus phoenicurus*, *Luscinia megarhynchos*, *Muscicapa striata*, *Oriolus oriolus* ve *Sylvia atricapilla*) tür bu çalışmada yerli; kış göçmeni olarak verilen 3 (*Microcarbo pygmaeus*, *Larus michahellis* ve *Alcedo atthis*) tür bu çalışmada yerli, yerli olarak verilen 3 (*Spilopelia senegalensis*, *Cettia cetti* ve *Turdus philomelos*) tür yaz göçmeni ve 5 (*Coccothraustes coccothraustes*, *Chloris chloris*, *Picus viridis*, *Athena noctura* ve *Actitis hypoleucos*) tür kış göçmeni olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmada yaz göçmeni olarak belirlenen 1 tür (*Egretta garzetta*) ve kış göçmeni olarak belirlenen 2 tür (*Ardeola ralloides* ve *Aythya nyroca*) Anonim (2021-trakuş) verilerinde geçiş yapan türler olarak geçmektedir. Bu çalışmada göç statüsü belirlenemeyen 7 (*Aquila chrysaetos*, *Dendrocopos syriacus*, *Dendrocopos medius*, *Periparus ater*, *Sitta Krueperi*, *Certhia brachydactyla* ve *Emberiza cirrus*) tür yerli, 4 (*Egretta alba*, *Fringilla montifringilla*, *Anthus pratensis* ve *Turdus pilaris*) tür kış göçmeni, 3 (*Ficedula albicollis*, *Hippolais olivetorum* ve *Luscinia luscinia*) tür geçiş yapan ve 1 (*Anthus trivialis*) tür Anonim (2021-trakuş)'da yaz göç olarak verilmiştir. 2 (*Phalacrocorax aristotelis* ve *Larus argentatus*) tür ile ilgili Anonim (2021-trakuş)'da bölgede veri kayıt olmamakla birlikte Sakarya bölgesi Karadeniz kıyı şeridi boyunca geçiş yapar türler statüsünde belirtilmiştir.

Buna göre Anonim (2021-Trakuş)'de göç statüleri yerli olarak belirlenen *Spilopelia senegalensis* (Küçük kumru), *Cettia cetti* (Kamış bülbülü), *Turdus philomelos* (Öter ardıç), *Coccothraustes coccothraustes* (Kocabaş), *Chloris chloris* (Florya), *Picus viridis* (Yeşil ağaçkakan), *Athena noctura* (Kukumav) ve *Actitis hypoleucos* (Dere düdükçünü) türlerinin çalışma alanında göç statülerinin belirlenememiş olması, türlerin küçük popülasyonlarla temsil edilmesinden veya gözlem süresi boyunca görülme sıklıklarının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca ilkbahar ve yaz dönemi süresince insan popülasyonunun, bölgedeki yerli ve göçmen kuş türlerinin görülmesine negatif etkisi türlerin göç statülerinin belirlenememesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Trakuş (2021)'de geçiş yapan türler listesinde belirtilen *Ficedula albicollis* (Halkalı sinekkapan), *Hippolais olivetorum* (Zeytin mukallidi) ve *Luscinia luscinia* (Benekli bülbül) türlerinin araştırma sahasında yalnızca bir kez gözlenmesi bu veriler ile uyumaktadır. Kış göçmeni statüsünde verilen; *Ardea alba* (Büyük akbalıkçıl) ve *Anthus pratensis* (Çayır incir kuşu) Aralık ayında, *Fringilla montifringilla* (Dağ ispinozu) Ocak ayında ve *Turdus pilaris* (Tarla ardıç kuşu) Mart ayında gözlenmesi diğer aylarda bu türlerden hiçbir bireye rastlanmamış olması Trakuş (2021) verileri ile uyumaktadır. Yaz göçmeni olarak bildirilen *Anthus trivialis* (Ağaç incir kuşu) ise Eylül ayı dışında gözlenmemiştir.

Bu çalışmada türlerin göç durumları ile ilgili tespitlerin gerek Anonim (2021) gerekse Uzun ve ark. (2009) ile farklılık göstermesi, ekocoğrafik açıdan türlerin göç statülerinin doğal olarak değişmesi çok uzun bir zaman dilimi gerektirse de lokal ölçekli alanlarda gerek tür mevcudiyetinde gerekse göç statülerinde değişiklikler görülebilmektedir. Ayrıca bu farklılıklar çalışma metodolojisine bağlı olarak da meydana gelebilmektedir. Bir bölgenin ornitofaunasının belirlenebilmesi için en az bir yıl süreyle ayda en az bir kez arazi çalışması yapılması gerekir. Ancak çalışılan yıl içinde arazi sayısı özellikle göç dönemlerindeki gözlem sayısı ve süresindeki fazlalık alanda gözlenen tür sayısındaki artışla paralellik gösterecektir. Ayrıca arazi tecrübesine bağlı olarak tür teşhis kolaylığı da bir diğer önemli faktördür. Dolayısıyla göç statülerindeki farklılıkların bu iki nedene bağlı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Yine bu duruma bağlı olarak alanda tespit edilen 17 türe, alanda tüm çalışma süresince sadece bir kez görülmesi nedeniyle göç statüsü belli olmayan türler olarak nitelendirilmiştir. Esas itibarıyla bir alanda bir yıllık çalışmada sadece bir kez görülen türler rastlantısal olarak kabul edilir. Ancak söz konusu 17 tür bölge ve Türkiye kuş türü listesinde yer almaktadır ve yaygın olarak bulunmaktadır. Rastlantısal olarak adlandırılan türler o bölge veya Türkiye kuş türü listesinde olmasa da kaydedilen türlerdir. Dolayısıyla metot olarak rastlantısal olarak adlandırılması gerekse de bu çalışmada 17 tür göç statüsü belirlenemeyen olarak adlandırılmıştır.

Sakarya sulak alanlar bakımından oldukça zengindir. Poyrazlar Gölü dahil olmak üzere Sapanca Gölü, Taşkısığı Gölü, Küçük Akgöl, Büyük Akgöl, Acarlar Longozu bölgede kuzey-güney istikametinde uzanan bir hat şeklinde yer alırlar. Poyrazlar Gölü, Küçük Akgöl, Büyük Akgöl ve Acarlar Longozu Sakarya Nehri bağlantılı ve yatak değiştirmesi ile oluşmuş sulak alanlardır. Dolayısıyla bu hat Türkiye ve bölge kuşları açısından hem yerli hem de kuş göçü bakımından oldukça önemlidir. Uzun ve ark. (2008)'e göre Acarlar Longozu'nda 74 Y, 49 YG, 49 KG ve 6 T olmak üzere 178 tür [16], Uzun ve ark. (2003)'e göre Taşkısığı Gölü'nde 29 Y, 28 YG, 13 KG ve 2 T olmak üzere 72 tür [17], Uzun (2003)'e göre Büyük Akgöl'de 66 Y, 44 YG, 43 KG ve 6 T olmak üzere 159 tür, Uzun ve ark. (2006)'ya göre Küçük Akgöl'de 59 Y, 38 YG, 33 KG ve 3 T olmak üzere 133 tür [18], Uzun (2010)'a göre Sapanca Gölü'nde 29 Y, 23 YG, 12 KG ve 5 T olmak üzere 69 tür tespit edilmiştir [19].

Bu çalışma bölgede bulunan Acarlar Longozu, Büyük Akgöl, Küçük Akgöl, Taşkısığı Gölü ve Sapanca Gölleri ile ilgili Uzun ve ark. tarafından farklı zamanlarda yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında Poyrazlar Gölü ve çevresinde görülen 88 türün; Sapanca Gölü'nde 52'si, Taşkısığı Gölü'nde 43'ü, Küçük Akgöl'de 28'i, Büyük Akgöl'de 24'ü ve Acarlar Longozu'nda 17'si aynı türlerdir. Diğer göllerden farklı olarak sadece Poyraz Gölü'nde; *Phalacrocorax aristotelis* (Tepeli karabatak), *Gallinago media* (Büyük suçulluğu), *Actitis hypoleucos* (Dere düdükkünü), *Spilopelia senegalensis* (Küçük kumru), *Picus viridis* (Yeşil ağaçkakan), *Delichon urbicum* (Ev kırlangıcı), *Regulus ignicapilla* (Sürmeli çalığı), *Troglodytes troglodytes* (Çit kuşu), *Certhia brachydactyla* (Bahçe Tırmaşık kuşu), *Anthus pratensis* (Çayır incir kuşu) ve *Emberiza cirrus* (Bahçe kiraz kuşu) türleri bu çalışma ile kaydedilmiştir.

Tozlu (2019)'a göre Poyrazlar Gölü Sakarya İli için Ardeidae türleri açısından koloni halinde önemli bir üreme alanıdır. Çalışmasında *Ardea alba* (Büyük akbalıkçıl) 108, *Ardea cinerea* (Gri balıkçıl) 49, *Egretta garzetta* (Küçük akbalıkçıl) 3496, *Nycticorax nycticorax* (Gece balıkçılı) 11762, *Bulbulcus ibis* (Sığır balıkçılı) 58, *Ardeola ralloides* (Alaca balıkçıl) 73 birey tespit ettiğini ve tüm türlerin alanda ürediğini bildirmiştir [20]. Bu çalışmada *Ardea cinerea* (Gri balıkçıl) 4, *Ardea alba* (Büyük akbalıkçıl) 1, *Egretta garzetta* (Küçük akbalıkçıl) 2 ve *Ardeola ralloides* (Alaca balıkçıl) 2 birey olarak tespit edildi. *Nycticorax nycticorax* (Gece balıkçılı) ve *Bulbulcus ibis* (Sığır balıkçılı) ise hiç gözlenmemiştir. Tespit edilen türlerin

yuva görülme ölçekli üreme kaydı da alınamamıştır. Bu durum oldukça katastrofiktir. 10 yılı aşkın süre içerisinde Ardeidae türlerinin alanda üremeyi bırakması, yüksek sayılardan oluşan popülasyon büyüklüklerinin onlu rakamların altına düşmesi hatta gece balıkcılı ve sığır balıkcılığının alanda hiç gözlenmemiş olmasının sebebi göl ve çevresinde mesire, yerleşim ve tarım amaçlı insan baskısının oldukça fazla artmasından ve üreme yapılan bölgenin (gölün kuzeydoğu kesiminde yer alan girinti şeklindeki ağaçlık, bataklık, makilik kısım) kuruyarak özelliğini kaybetmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Her ne kadar türlerin üreme alanı mesire alanının karşısında yer alan gölün kuzeydoğu kısmı olsa da bu kesimlerde yoğun kontrolsüz gününbirlik faaliyetler açısından sıkça kullanılmakta aynı zamanda tarım, hayvancılık faaliyetleri yapılmaktadır.

Sonuç olarak; Poyrazlar Gölü konum ve habitat özellikleri açısından bölge ve Türkiye kuşları açısından önemli bir sulak alandır. Ancak bu çalışmada elde edilen veriler alana özgü literatürle kıyaslandığında gölün ornitofaunistik değerinin zaman içerisinde önemli ölçüde zarar gördüğü görülmektedir. Başta kullanım çeşidi ve yoğunluğunun artması, gölün özellikle su kuşlarının üreme alanı olan kısmının kuruyup karasal özelliğe dönüşmesi, göl çevresindeki doğal sazlık alanların belli kısımlarda yok edilmesi belli kısımlarda daraltılması bu azalıştaki en önemli nedenler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle koruma-kullanma dengesi doğrultusunda mesire alanı büyüklüğü ve günlük insan yoğunluğu taşıma kapasitesi belirlenerek kontrol altına alınmalı aynı zamanda gölün doğal yapısı özellikle su kuşları üreme bölgeleri açısından rehabilitasyon çalışmaları yapılmalıdır.

Finansman

Yazarlar bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir maddi destek almamıştır.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde Environmental Toxicology and Ecology Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden Environmental Toxicology and Ecology ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın Environmental Toxicology and Ecology dışında herhangi bir akademik yayın ortamında değerlendirilmediğini beyan ederler.

KAYNAKÇA

- [1] İ. Kızıroğlu, 'Ekolojik Potpuri'. Takav Mat. Yay. A.Ş., 391 s, Ankara, 2001.
- [2] C. Bibby, M. Jones, S. Marsden, "Keşif Gezisi Arazi Teknikleri, Kuş Araştırmaları", Doğa Koruma Merkezi, Sancar Barış, Barbaros Demirci, Doğa Derneği, Ankara 11-100 s, 2006.
- [3] J.C. Heine, T.W. Speir, 'Ornithogenic soils of the cape bird adelic penguin rookeries', Antarctica, Polar Biology, 10 (2): 89-99, 1989.
- [4] D.M Post, J.P. Taylor, J.F. Kitchell, M.H. Olson, D.E. Schindler, B.R. Herwig, 'The role of migratory waterfowl as nutrient vectors in a managed wetland'. Conservation Biology, 12 (4): 910-920, 1998.
- [5] D.A. Croll, J.L. Maron, J.A Estes, E.M. Danner, G.V. Byrd, 'Introduced predators transform subarctic islands from grassland to tundra', Science, 307(5717): 1959-1961, 2005.
- [6] Ç.H. Şekercioğlu, 'Ecological Significance of bird populations. In: Handbook Of the Birds of the world', Volume 11: old world Flycatchers to old world warblers. (ed. J.D. Hoyo, A. Elliot ve D. Christie). Lynx editions, 2006.
- [7] K. Özkan, 'Yıldız Dağları Biyosfer Projesi Rapor Serisi', 2010.
- [8] İ. Albayrak, M. Yıldırım, İ. Uysal, E. Böke, İ. Özgen, F. İlhan, İ. Bettemir, E. Coşar, K. Çınar ve e. Veldet, E, 'T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, Kocaeli, Sakarya, Düzce İlleri Doğal Sit Alanlarının Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Projesi', Sakarya 474 Kodlu, 5400-020 Sıra ve 54.00.60 Dosya Numaralı Doğal Sit Alanı (Poyrazlar Gölü) Sonuç Raporu, Raporu Hazırlayan Yüklenici: Ekogen Halk Sağlığı Çevre Danışmanlık Eğitim ve İlaç Sanayi Tic. Ltd. Şti. 103S, 2015.
- [9] H. Saraçoğlu, 'Bitki Örtüsü, Akarsular ve Göller', M. E. B. Basımevi. 577 s., İstanbul, 1990.
- [10] N. Mustafa, 'Poyrazlar Gölü'nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi', Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans Tezi, 2020.
- [11] A. Kocataş, 'Ekoloji ve Çevre Biyolojisi', Ege Üniv. Basımevi, 564 s., İzmir, 1997.
- [12] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 'Red list' <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics> (18/05/2023 09:28)
- [13] İ. Kiroğlu, 'Türkiye Kuşları Kırmızı Listesi', 148 s, Ankara, 2008.
- [14] Anonim, 'Trakuş Türkiyenin Kuşları', Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2021.
- [15] A. Uzun, M.A Tabur, Y. Ayvaz, 'Poyrazlar Gölü Ornitofaunası', Tabiat ve İnsan dergisi Yıl: 43 – 2009 Sayı:1, 2009.
- [16] A. Uzun, M.A Tabur, Y. Ayvaz, 'Birds of Lake Acarlar and Environmental Problems', ekoloji dergisi no:66, 2008.
- [17] A. Uzun, M.A Tabur, Y. Ayvaz, 'Taşkısığı Gölü Sakarya Avifaunası', SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2003.
- [18] A. Uzun, M.A Tabur, Y. Ayvaz, 'Küçük Akgöl Sakarya Ornitofaunası ve Kuş Türlerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi', SAÜ Fen Edebiyat Dergisi, 2006.
- [19] A. Uzun, 'Sapanca Gölü (Sakarya) Ornitofaunasının Biyoekolojisi', SAÜ Fen Edebiyat Dergisi.2010.

- [20] Z. Tozlu. 'Doğu Marmara Bölgesi Bazı Göllerindeki (Sapanca Gölü, Poyrazlar Gölü, Taşkisiği Gölü, Küçük Akgöl) Ardeidae Türlerinin Biyoekolojisi Ve Dağılım Haritaları', Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2019.

Use of antitranspirant in maize cultivation as a potential novel approach to combat drought stress in the wake of climate change. A systematic review

Yamıkam Willie NTAILA 

Article Info

*Corresponding author:

e-mail: ntailay13@gmail.com

Institution: ¹ University of Malawi, School of Natural and Applied Sciences, Department of Biological Sciences

Article history

Received: 30/06/2023

Accepted: September 16/09/2023

Available online: 01/10/2023

Keywords:

Drought stress, Exogenous application, Gas exchange attributes, Antitranspirants

How to Cite: Y. Ntaila, "Use of anti-transpirant in maize cultivation as a potential novel approach to combat drought stress in the wake of climate change. A systematic review", *Environmental Toxicology and Ecology*, c. 3, sayı. 2, ss. 68-89., 2023.

DOI: [10.59838/etoxec.1321043](https://doi.org/10.59838/etoxec.1321043)

ABSTRACT

The maize crop is highly dependent on rainfall and it is sensitive to drought. However, the planet is experiencing frequent droughts due to climate change which is adversely impacting on the food production. It is crucial that the agricultural sector is adapted to the negative consequences of climate change. The antitranspirants which reduce the water loss through transpiration could be potential novel approach to ameliorate the effects drought on rain fed maize cultivation in most of the countries around the globe. This review has analysed the effects of antitranspirants on the growth, yields, and pathogens and diseases that affect the maize plants and on environment. It has found that antitranspirants help to improve vegetative growth and biological yield of the maize plant by reducing the transpiration rate and improving water use efficiency of the plants. The review has found that chitosan and the fulvic acid have been extensively studied on maize as compared to other antitranspirants. Therefore, antitranspirants could be used to ameliorate the effects of drought on maize crops but there is need to do a cost benefit analysis on whether it is economically viable to use antitranspirants on food crops with low market value like maize. Di-1-p-menthene is reported to cost less money as such there is need to research on how this antitranspirant ameliorate the effects of water stress on maize. There is also a need to research on proper timing of the application of the antitranspirants to the maize plant under dress.

1. INTRODUCTION

Zea mays L., also known as maize, is the third most significant staple food crop in terms of global production [1, 2, 3]. According to Petrovi et al. [4], its global production hit 1.1 billion tons in 2019. However its yields are severely being reduced by extreme high average temperatures and low precipitation owing to climate change [5]. Climate change has a significant impact on agricultural production, particularly in poor nations where millions of people rely on rain-fed agricultural systems for their livelihoods [6]. The drop in seasonal precipitation contributes to an increase in evaporation and evapotranspiration, which coupled with rising temperatures cause crops to experience drought stress [7]. Drought stress has a significant impact on maize growth and productivity [8; 9, 10, 11]. Drought stress has a significant impact on maize growth

and productivity [8, 9, 10]. Numerous studies [11, 12, 8], report that drought alters significantly the morphology, physiology, and biochemistry in the crop plants. The cumulative rainfall amount in the growing season are becoming below average and temporally. The erratic distribution of rains are leading to a failure of the first plantings in several areas [8], resulting in a second round of plantings which is in most cases not feasible.

Adverse weather conditions are anticipated to occur more frequently because of climate change, making smallholder farmers who depend on rain-fed agriculture more vulnerable [13, 14, 15]. In order to save the poor's livelihoods, improve them, and ensure their food security, it is crucial that the agricultural sector should be adapted to the negative consequences of climate change [16, 17]. In order to adapt to a changing climate, several strategies are being encouraged. One crucial method of adaptability is altering farming practices [18]. Examples include adjusting planting times [19] and switching to drought resistant varieties [20, 21]; Diversification towards high value crops [22], integrating the use of climate forecasts into crop decisions [23, 24, 25], Deployment and use of new cultivars [26, 27], increasing irrigation use and diversifying regional agriculture [28, 29], adopting conservation agriculture, and using better soil and water management techniques [30, 31, 18]. According to El-Azm and Youssef [32], agriculture is the largest consumer of freshwater; nevertheless, crop growth and development only use around 5% of the water taken by roots, with the other 95% being transpired by the plant [33, 34, 35]. Therefore it is important to focus on increasing water efficiency by implementing novel agronomic practices that save water [36, 37]. In this respect, Bittelli et al. [38] and Iriti et al. [39] a study found that antitranspirants, substances applied to foliage to reduce water loss, can be used to combat the effects of sporadic or episodic drought situations on plants. Therefore, considering the significance of maize in food security and that its yields is usually hampered by droughts and dry spells, use of transpirant will be an option to combat the water stress that plants may experience as the countries continue to experience the drought stresses due to climate change.

1.1 Antitranspirants

Antitranspirants are chemicals or substances applied to plant leaves to reduce water loss (transpiration) without significantly altering different critical functions of the plant, like photosynthesis and development [40]. Antitranspirants are classified into three types depending on their mode of action [41]. They include the following; Film-forming antitranspirants, reflective anti-transpirants and stomata closing Antitranspirants [42]. The Film antitranspirants (AT) are water-emulsifiable polymers that provide a physically waterproof covering to seal stomata, hence minimizing water loss through transpiration [43]. It increases leaf resistance to the diffusion of water vapour [41]. Metabolic /Stomatal closing antitranspirants are chemicals that have hormone-like effects on guard cells, causing partial stomatal closure [42, 44]. Reflective antitranspirants are white polymers that coat the leaves and make them more reflective [45, 42]. Reflecting radiation lowers the vapour pressure gradient and consequently lessens transpiration.

Table 1. Classification of anti-transpirants and their some of their examples

Class of anti-transpirant	Examples
<i>Film-forming type</i>	Ethyl alcohol, di-1-p-menthene, Plantco (an acrylic emulsion), Dow X2-1337 (a silicon emulsion), Clearspray, Castor bean oil, Mobileaf (a wax emulsion), linseed oil
<i>Stomatal closing type</i>	Abscisic acid, fulvic, Chitosan, K ₂ SO ₄ , kaolin spray
<i>Reflective type</i>	Diatomaceous earth product (Celite), Hydrated lime, calcium, magnesium carbonate, carbonate, Zinc sulphate, Phenyl mercuric acetate (PMA)etc.

2. METHODOLOGY

This systematic review aims at presenting, and evaluating the effects of antitranspirants on *Zea mays*, and ascertaining the potential of antitranspirants in ameliorating the drought stress in maize in the wake of persistent dry spells as a result of climate change. This review summarizes and evaluates the findings of the research done from 2002 to mid-2023 on the effects of antitranspirants on maize growth, yields, pathogen, pest and diseases on maize, and the environment. Original research papers indexed in Google Scholar, Web of Science, Wiley, Elsevier, Springer and Science Direct were used. Effects of antitranspirants on the maize, on the pests, pathogens and diseases affecting maize and on the environment were also reviewed and analysed.

3. FINDINGS

3.1 Effects of drought stress on maize growth and yields

Maize crop is usually vulnerable to drought conditions [46]. According to Hussain et al. [47], the world's maize yield and production are declining by 15-20% year as a result of heat and drought. Drought stress has negative effects on maize crop from seedling establishment through vegetative stages to grain formation [48, 49]. The vegetative, silking, and grain-filling phases of maize are the most susceptible to drought stress which results into yield losses [50]. This is due to the delayed spikelet development which causes a larger anthesis-silking interval (ASI), silk senescence, and pollen abortion [51, 52, 53, 54]. It negatively affects the early crop establishment and grain yield potential because of the early tasseling that results in a protracted anthesis to silk interval, [55, 56]. It alters the distribution of carbohydrates in maize during the vegetative phase, slow down growth and extend the vegetative development phase [53, 57, 58, 59]. Maize plants that are under a lot of water stress initially respond by curling their leaves [60].

Water shortage prior to onset of anthesis causes tasseling and silking to be postponed by 1-2 and 2-3 days, respectively [61]. This delay in silking causes barrenness due to the exhaustion of the pollen supply before the silk emerges. [62, 56; 51]. Setter et al. (2001) found that 5 days of drought stress before pollination and the first few days after pollination reduces the kernel set in the apical ear regions. Water deficits during the grain-filling stage are deleterious because they limit transportation of photosynthetic products to the grain during the filling stage of maize [61, 63].

A substantial decrease was also recorded in gas exchange attributes which includes Water use efficiency (WUE), instantaneous water use efficiency (WUEi), stomatal conductance (gs), net photosynthetic rate (A), transpiration rate (E), and intercellular CO₂ (Ci) [64, 65, 66]. Stomata are the main sites for gaseous exchange and transpiration. Drought stress causes stomatal closure, which lowers transpiration and CO₂ absorption and ultimately lowers photosynthetic activity [67, 54, 68, 69]. According to Anjum et al. [59, 64], stomatal closure caused by decreased soil water content which results in less absorption of CO₂ absorption, may have contributed to drought-induced reductions in maize plant development, yield, and yield components.

Furthermore drought tends to affect the chlorophyll a and b activity [54] which eventually affect photosynthesis because photosynthetic pigments are utilized specifically for capturing light. It was studied that drought reduces the photosynthesis. Drought affects photo-system-II and photo-system I. During mild drought stress, photochemical activity of Photosystem II decreases from QA to PQH₂. There is an inhibition of the electron transport chain from the donor side of photosystem II to the photosystem I-end electron acceptor which causes poor transport of electrons through the photo systems. When under stress from drought, Photosystem II is more impacted than Photosystem I [62] resulting in production of free high energy electrons in the leaf. This in turn causes photo-oxidation of chlorophyll and loss of photosynthetic activity [53]. Parthasarathi et al. [70] discovered that drought stress affects the thylakoid membrane, disrupts its processes, and eventually reduces photosynthesis and maize crop productivity. Drought stress ultimately led to a small kernel size. This is because drought causes the ear leaf's capacity for photosynthesis to significantly decrease thereby causing a substantial impact on how the ear and kernel develop as a photosynthesis factory in maize plants [67].

3.2 Effects of antitranspirants on growth parameters of maize under drought stress

Several studies have been carried out to find the effects of antitranspirants on characteristics of maize under drought stress. In a study conducted by Bayat & Sepehri [71] and Kamran et al. [72] found that application of Paclobutrazol (PBZ) and salicylic acid (SA) to maize under different irrigation regimes increase vegetative growth. Antitranspirants application of the salicylic acid, vapour gard, and kaolin clay also promoted growth of the maize crop in terms of number of leaves, leaf area, leaf area index, plant dry matter and crop growth [73,74]. Similar results were also observed when SA was administered exogenously, which led to an increase in plant height and flag leaf weight both fresh and dry [12]. Exogenous applications of ascorbic acid (AsA), salicylic acid (SA), and hydrogen peroxide (H₂O₂) increased the morphology characteristics of spring maize [75]. Guleria & Shweta [44] and Morsy & Mehanna [76] found that exogenous application of Kaolin antitranspirants on maize under water stress resulted in increase in the number of leaves and leaf area index (LAI). Similar findings were recorded by Gomaa et al. [77], Shedeed, [78] through application of potassium silicate on maize under water stress. In a study by Anjum et al. [64], exogenous application of Brassinolide (BR) improved plant height and leaf area.

Foliar application of chitosan in a study by Mondal, et al. [79] found that the growth of maize improved at early growth stages. A study conducted by Guan [80] by exogenously applying chitosan found that there was an increase in shoot height, root length, and the dry weights of the shoots and roots in both maize seedlings. However, the inhibition of seedling growth was observed upon foliar application of chitosan at a concentration of 0.16%. An increase in Cu content may be the cause of this growth retardation, which eventually led to a reduction in metabolic enzymes [81]. Similar inhibition effect was registered in a study by Nakasato, et al. [82] where it was observed that germination of maize seeds was inhibited when high concentrations of polymeric chitosan/tripolyphosphate on maize were used. On the other hand, Lizárraga-Paulín et al. [83] and Peña-Datoli et al. [84] found that chitosan coating on maize has no effect on seed emergence rate. Peña-Datoli et al. [84] attributed this to the simultaneous use of fertilizers and salicylic acid as well as the high concentration of the chitosan polymer applied. Furthermore, a study by Martins et al. [85], did not find any improvement in root length after applying chitosan. Khan [86] did not find any significant effect of foliar chitosan application on the height, root length, leaf area of the maize crop. Positive results were recorded in a study by Li et al. [87] whereby foliar FA treatment successfully increased root growth in low soil moisture conditions.

Shedeed [78] and Gomaa [88] also found that weekly applications of potassium silicate to the leaves of maize plants, applied at successively higher concentrations, improved plant size (height, stem diameter,

leaf area, and number of leaves per plant), as well as the fresh and dry weight of the leaves and stem. Similar findings were recorded by Kandi et al. [89], who discovered that foliar application of K-silicate three times resulted in the highest values of growth characteristics. The shoot and root lengths as well as their biomass were greatly increased by silicon priming of maize, especially at 6 mM [90].

3.3 Effects of antitranspirants on biological yield of maize under drought stress

The effects of the antitranspirants on the biological yields of maize under drought stress were reviewed. A salicylic acid (SA) spray applied exogenously has the potential to greatly increase the biological yield of maize. Number of the ears of maize increased [71,74]. Salicylic acid's stimulation of physiological processes may have contributed to the rise in yield in maize, which improved vegetative development and resulted in active translocation of photosynthetic products from source to sink [91, 92]. Similar findings by Shemi et al. [12] who registered higher cob yields under drought stress after administering SA.

Exogenous applications of ascorbic acid (AsA), salicylic acid (SA), and hydrogen peroxide (H₂O₂) increased the yield-related characteristics, and grain yield of spring maize [75]. Yang et al. [93] and Li, & Yu [87] found that FA foliar application under water deficit also resulted in a 19% rise in grain yield. The high grain yield was also registered with the application of foliar spray of kaolin coupled with mulching [94, 95, 96, 76]. However, foliar spray of the FA solution did not change the yield components and harvest index [93]. Anjum et al. [97] found that exogenous application of glycinebetaine (GB) boosted grain yield per plant by 12.94% and 10.68% for the Dongdan-60 and ND-95 cultivars, respectively, and increased the number of kernels per cob. Reduced osmotic potential brought on by net solute buildup in response to water stress may be responsible for GB-induced drought tolerance. The enhanced maize yield was significantly maintained in the fall after the application of chitosan to maize at a 500 (mg l⁻¹) concentration under Ir70 [98]. Chitosan helps to accelerate cell growth and development, boosting the activity of essential enzymes in nitrogen metabolism, and promoting nitrogen transfer, it has a significant impact on plant growth and increases yield [79]. Similar findings were registered by Mondal, et al. [79] with chitosan concentrations of 100 and 125 ppm. This rise resulted from the nitrogen metabolism enzymes which were activated more frequently by the compound chitosan. These enzymes are crucial for plant growth and development.

Shedeed [78] and Gomaa [77] found that foliar application of K-silicate registered the highest values of grain yield and its components. Exogenous foliar application of Brassinolide (BR) significantly increased the plants' growth parameters, yield, and yield component in both drought-stressed and well-watered plants [64]. Growth stimulation could have arisen due to the translocation of the assimilates induced by the foliar BR application which increased grain yield, plant height, fresh and dry weight of the shoots, and higher yield components [99].

In a study by de Souza et al. [100] it was discovered that exogenous application of ABA resulted in an increase in weight of seeds (17.86) and yield of grain (10.45 %) for DKB 390 maize variety under stress. The increased activation of ABA on development of procambium in female inflorescences may be the cause of the maximum yield following ABA treatment [100]. With the help of this stimulus, more phloem can be created, enhancing the plant's ability to remobilize carbohydrates from leaves and stems into grains. Phloem production can increase, which improves the plant's ability to remobilize carbohydrates from leaves and stems and transfer them to grains [101]. A prolonged grain filling duration was encouraged by improvement in the water status and antioxidant defense provided by the application of ABA in 390 DKB [100]. Foliar spray of PBZ by Bayat, & Sepehri [71] on maize significantly decreased the grain yield and 1000-grain weight by 8.60 % and 8.64 % respectively.

3.4 Effects of antitranspirants on gas exchange attributes of maize under drought stress

The effects of antitranspirants on gas exchange were reviewed and the findings are presented in this section. The gas exchange attributes includes, photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, and intercellular CO₂ concentration. According to Guleria & Shweta [44], using antitranspirants helps maize plants to use water more efficiently (WUE) by retaining more water in the leaves, accelerating photosynthesis, increasing chlorophyll content, and minimizing water and drought stress. The exogenous application of Brassinolide (BR) in a study by Anjum et al. [64] improved Net rate of photosynthesis, transpiration rate, stomatal conductance and intercellular CO₂ under drought. BR application improved photosynthesis (16.08 %), transpiration rate (11.55 %), and stomata conductance (6.52 %), water use efficiency WUE (30.44 %), and intercellular CO₂ concentration (3.12 %) under water-deficit conditions. The increase in photosynthesis caused by BR could be attributed to improvements in leaf water balance [64]. WUE is an important trait since it informs about ability of a plant to respond to water stress circumstances .

The maximum WUE values were obtained with foliar K-silicate spraying applied three times while requiring less watering [77]. Elshamly [102] found that Foliar applications of potassium silicate also registered an increase in water use efficiency in maize cultivars.. Foliar application of kaolin resulted in increase in water use efficiency [76]. Furthermore Yang et al. [93] and Kociğcka & Liberacki [103] revealed that spraying antitranspirants to maize plants resulted in an improvement in grain yield and WUE. In a study that was conducted by Ali & Ashraf [104] it was found revealed both maize cultivars' net photosynthetic rate and stomatal conductance and intercellular CO₂ under drought were raised by exogenously applying trehalose. The water use efficiency of maize cultivars under both water-stressed.

Elshamly [98] found that Foliar applications of chitosan with concentrations at 500 (mg l⁻¹) had a significant effects to maintain water use efficiency. Positive responses relating to the high gas exchange were registered after Chitosan application [105, 86]. Veroneze-Júnior et al. [100] discovered that applying chitosan to the BRS 1030 maize variety following nine days without water increased photosynthesis but did not increase stomatal conductance , whereas applying chitosan to the drought-tolerant hybrid (DKB 390) increased both photosynthesis and stomatal conductance. The ability of chitosan to act as an antiperspirant in agriculture may be because when it is deposited in the cell wall, it promotes a decrease in stomatal conductance, raising the resistance of the leaf to water vapor loss and promoting the water consumption by plants to assimilate carbon, which in turn raises biomass production [105]. Anjum et al. [97] found that glycinebetaine (GB) application to maize cultivars improved gas exchange parameters under water deficit condition. GB improved net photosynthetic rate, transpiration rate, and stomatal conductance by 16.28%, 8.33%, and 21.60% respectively .The internal carbon dioxide concentration also improved by 2.32% in Dongdan-60 variety under drought.

In a study conducted by Anjum et al. [106] it was discovered that exogenous FA treatment maintained chlorophyll concentrations and gas exchange, which significantly lessened the effects of drought. Bi et al. [107] and Liao et al. [108] found that water use efficiency was improved significantly by 26.4% after application FA and soil superabsorbent hydrogel. Shemi et al. [12] recorded that all photosynthetic gas-exchange parameters—aside from the intercellular CO₂ concentration—were raised by SA, Zn, and GB foliar treatments .Fulvic acid (FA) foliar application on maize cultivars reduced Stomatal apertures and

transpiration rate in leaves while retaining higher levels of photosynthetic activity. This happens as a result of activation of ABA signaling pathway by FA which eventually reduces water loss by transpiration [109]. They also observed that there was no effect of FA on the carbon dioxide assimilation capacity of crops [109]. Yang et al. [93] found that FA and SAP application reduced the stomatal conductance and transpiration of maize which in turn increased the water use efficiency per leaf. Furthermore, Li & Yu [87] found that simultaneous application of SAP and the FA improved net photosynthetic rate, decreased transpiration, decreased the plant's water consumption capacity, and improved water usage efficiency. Abd El-Mageed et al., [110] discovered that exogenous Si administration boosted maize's ability to withstand water deficits by improving effectiveness of photosynthesis, stomatal conductance, and cell membrane integrity.

3.5. Effects of antitranspirants on pathogen, pest and disease control of maize

This section presents the findings of the review of papers on the effects of antitranspirants on pathogen, pests and disease control on maize.

In a study conducted by Kumaraswamy et al. [111] found that application of salicylic acid-chitosan nanoparticles (SA-CS NPs) on maize in the field controlled the post-flowering stalk rot (PFSR) disease by 59.4%. In a study by Monjane, et al. [112] it was found that foliar application of chitosan on maize as a pesticide improved the yield component of maize (6.0 t.ha⁻¹). The high yield obtained by treating maize crops with chitosan reinforces the effect of this biopesticide in reducing infections which were observed. This suggests that the observed effect could be responsible for the protection of the plant against blight leaf disease and the corresponding high grain yield.

Choudhary et al. [113] found that application of Chitosan Nanoparticles (ChNPs) defended maize against *Curvularia* leaf spot disease. This was done by enhancing antioxidant activity and defense enzymes including phenylalanine ammonia-lyase and polyphenol oxidase. According to a study by Butt [114], the combination of chitosan and *C. pedicellata* extract most successfully stimulated the plant's defense mechanisms against *F. oxysporum* through higher induction of the amount of PR-protein expression. Moreover, Coating of maize seeds with chitosan shown fungicidal activity against *Rhizopus* sp. and *A. Flavus* [115]. Spraying chitosan on maize plants had a noticeable impact on the occurrence of foliar diseases such leaf spot, leaf gray blight, late wilt, and ear rots, which were reduced by 78.0, 70.8, 76.3, and 78.2%, respectively [116]. Similarly, they discovered that salicylic treatment had a substantial suppressing effect on foliar diseases, with incidences of leaf spot, leaf gray blight, late wilt, and ear rots on maize recorded as 4.2, 10.0, 8.5, and 11.4%, respectively, with reductions of 86.8, 65.2, 75.1, and 63.6% [116]. Another investigation on the possible use of chitosan for reducing both growth and fumonisin production by *F. verticillioides* and *F. proliferatum* on maize discovered that the addition of chitosan prolonged the lag phase and greatly lowered the growth rate of both *Fusarium* species. Its increasing chitosan concentrations in conjunction with reduction in water availability lengthened the lag phase and reduced mycelia formation in both *Fusarium* species [117]. Application of Cu-chitosan NCPs have remarkable potential and act as an effective antifungal agent for *Fusarium verticillioides* which causes post flowering stalk rot (PFSR) of maize. It offered crop protection with significant disease control of PFSR (33.9%) at 0.06% Cu-chitosan NCPs [113].

3.6. Effects of antitranspirants on environment

This section presents the findings of the review on the possible effects of the antitranspirants on the environment. Potassium silicate (K-silicate) is a source of highly soluble potassium and silicon. Romero-

Aranda et al. [118] reported that potassium silicate does not contain volatile organic chemicals and that its use won't cause the release of any risky or long-lasting consequences into the environment. Chitosan is reported to lessen the negative effects of agriculture on the environment. Its biocompatibility, biodegradability, and bioactivity have made it useful in agriculture due to its non-toxic qualities [119]. Kaur & Dhillon [120] and Zargar et al. [121] confirms that Chitosan biopolymer has low toxicity. Kociğcka and Liberacki [103] attest that chitosan is environmentally friendly and suggest that it is an excellent substitute to synthetic fertilizers, herbicides, and chemicals for disease prevention.

Mphande et al. [42] posited that the environmental concerns connected with the use of ABA, di-1-p-methene, and kaolin are most likely negligible. ABA can be collected from plants, acquired by microbial fermentation, or synthesized [122], whereas di-1-p-methene is recovered from pine resin [123]. Kaolin which is an aluminosilicate ($Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$), is obtained from clay [124] and this does not pose any negative impacts in the environment. The kaolin particle film was recognized as an organic pest management tool since it is a natural product with very minimal toxicity to humans, birds, and fish [125]. However, Kaolin treatments promoted the severity of woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*) infestation.

Furthermore Knight et al [126] and Lalancette et al. [127] revealed that in orchards where kaolin was used, the prevalence of various pests, including the red spider mite and the rose apple aphid (*Dysaphis plantaginea Passerini*), San Jose scale (*Quadraspidiotus perniciosus Comstock*), and western tentiform leaf miner (*Phyllonorycter elmaella Doganlar & Mutuura*), increased. Nevertheless, it decreased the population of polyphagous predators like *F. auricularia*, predatory *Heteroptera* and *Coleoptera*, the red velvet mite (*Allothrombium fuliginosum*), spiders (Araneae) and black ant (*Lasius niger*). Processed kaolin sprays substantially reduced the incidence of *B. oleae* and that of *S. oleae* but had deleterious effect on the abundance and the diversity of the natural enemy, arthropod community [128]. In a study by Kumar Sootahar et al [129] revealed that fulvic acids (FA) considerably lowered soil pH and, by giving microorganisms energy and carbon, have an impact on the development of soil microbial biomass and microbial activity. FA application at 20% concentration reduced uptake of heavy metals like Chromium (Cr), Cadmium (Cd), and Lead (Pb) uptake in the shoot [130].

3.7 Re-evaluation and potential of antitranspirants on maize cultivation

Many countries continue to encounter persistent dry spells that are greatly affecting the yields of crops including maize which is a staple food in many countries especially in Africa [131]. Maize is known to be sensitive to drought stress, which has a detrimental impact the development of reproductive organs, the generation of biomass, and the characteristics of the yield [132]. Webber et al. [133] predicted that drought stress will have a greater impact on maize than winter wheat in terms of yield losses due to climate change. Short-term water deficiencies have been linked to dry weight losses (28-32%) during the rapid vegetative development stage and dry weight losses (66-93%) during the tasseling and ear formation stages (57; 67,134 , 107,135]. The period of grain filling following pollination is another stage of maize that is susceptible to drought stress [136].

Therefore with the current persistent dry spells that the planet is experiencing due the global climate change, use of antitranspirants could be the helpful to ameliorate the effects of drought stress and achieve a significant yields. This review has established studies have shown that the antitranspirants improve the maize growth parameters as wells as yields by reducing the transpiration rate and the stomatal conductance. Furthermore, other antitranspirants helps to control pathogens, pests and diseases in maize cultivars. Among the antitranspirants reviewed in the study, chitosan is the most studied antitranspirants on maize together with its derivatives. It is followed by kaolin, and potassium silicate. Other antitranspirants that have been

studied on maize include salicylic acid, fulvic acid, ABA, BR and GB. Studies on the effects of di-1-p-methene on maize growth and yields under drought stress are rare. However, studies of di-1-p-methene on other arable crops and horticultural crops have revealed significant positive impacts [137, 138, 42]. Therefore there is need for more research the potential of the di-1-p-menthene antitranspirants on maize cultivar.

However ,the fact that antitranspirants in other studies have been found to have negative effects or no impact at all, calls for researchers to find out which antitranspirants could be better for maize cultivation. It is also imperative that appropriate concentration should be used if the good results are to be attained. Furthermore, since many studies are based on effects of antitranspirants on the growth and yields of the maize cultivars, there is need for further research on the impact of these on the organisms like insects, arthropods and even birds to establish if the foliar application of particular antitranspirants in the maize field does not affect the ecological balance.

Although maize is the mainstay food in many countries, its market value is low in comparison to other grains like rice and wheat. In addition, maize is usually grown by stamholder farmers for subsistence i many countries[139, 140]. Therefore the adoption of agronomic technology of using of antitranspirants to ameliorate the effects of drought stress requires the farmers to make the cost benefit analysis . Farmers needs adopt the antitranspirants that require less money. Subsequent utilization of antitranspirants in agronomy has been limited, probably due to costs [141]. Francini et al. [123] records that di-1-p-menthene antitranspirants cost less money. However, Kettlewell [142] and Janawade & Palled [143] stated that the number of research studies that examine the cost-benefit analysis of using ATs in agricultural output is rather few. Therefore, there is need for clear and evidence based information on the economic feasibility of using antitranspirants in crop production [42].Studies on nutritional values of the maize grain after use of antitranspirants are very scanty as such this review recommends that studies be conducted to evaluate the nutritional status of the grain.

4. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

The review has highlighted the importance of antitranspirants on the maize from the papers published from 2002 to 2023. There has been more studies done to determine the drought ameliorating effects of chitosan and Fulvic acid on maize as compared to other antitranspirants such as Sacylic acid, Potassium Silicate and ABA Kaolin, glycine betamine, Brassinolides, Trehalose and Paclobutrazol.The study has found that more studies done on maize used the stomatal closing antitranspirants as compared to the other classes. In general the review has established that antitranspirants help to improve the vegetative growth of the maize, reduce transpiration, yield as well as promoting water use efficiency of the plant.Furthermore the study has also established that there is need to do further research to find if it is economically viable to use antitranspirants on low value crops such maize as it may be expensive for the subsistence farmers [42]. There is also need for further research to find the best stage of development of the maize where application of antitranspirants will be more effective. Studies on nutritional values of the maize grain after use of antitranspirants are very scanty as such this review recommends that studies be conducted to evaluate the nutritional status of the grain.

Funding

The authors did not receive any financial support for the research, authorship or publication of this research.

The Declaration of Conflict of Interest

No conflict of interest or common interest has been declared by the authors.

The Declaration of Ethics Committee Approval

This study does not require ethics committee permission or any special permission.

The Declaration of Research and Publication Ethics

The authors of the paper declare that they comply with the scientific, ethical and quotation rules of ETOXEC in all processes of the paper and that they do not make any falsification on the data collected. In addition, they declare that Environmental Toxicology and Ecology and its editorial board have no responsibility for any ethical violations that may be encountered, and that this study has not been evaluated in any academic publication environment other than Environmental Toxicology and Ecology.

REFERENCE

- [1] A. Bawa, “Yield and growth response of maize (*Zea mays* L.) to varietal and nitrogen application in the Guinea Savanna Agro-Ecology of Ghana”, *Advances in Agriculture*, 1–8, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/1765251>
- [2] A. Hossain, M. Tanjina Islam, M. Shohidul Islam, S. Nurislam, Ahmed, K. Kumer Sarker, and M. Kumar Gathala, “Chemical weed management in maize (*Zea mays* L.) under conservation agricultural systems: An outlook of the Eastern Gangetic plains in south- Asia”, In A. Hossain (Ed.), *Maize-Production and Use*. IntechOpen, (pp.1-14) 2019. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89030>
- [3] C. M. Parihar, S. L. Jat, A. K. Singh, R. S. Kumar, K. S. Hooda, C. GK, and D. K. Singh, “Maize production technologies in India”, 2011. <https://rb.gy/i4pei>
- [4] G. Petrović, T. Ivanović, D. Knežević, A. Radosavac, I. Obhodaš, T. Brzaković, and T. Dragičević Radičević, “Assessment of Climate Change Impact on Maize Production in Serbia”. *Atmosphere*, vol14 (1), 110, 2023. <https://doi.org/10.3390/atmos14010110>
- [5] C. B. Field, V Barros, T. F. Stocker, and Q. Dahe, “Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change”, 2012. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>
- [6] W. A. Atiah, L. K. Amekudzi, R. A. Akum, E. Quansah, P., Antwi-Agyei, and S. K. . Danuor, “Climate variability and impacts on maize (*Zea mays*) yield in Ghana,” *West Africa. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 148(742), 185-198, 2022. <https://doi.org/10.1002/qj.4199>

- [7] D. B. Lobell, M. J. Roberts, W. Schlenker, N. Braun, B. B. Little, R. M. Rejesus, and G. L. Hammer, "Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest". *Science*, vol.344 (6183), 516-519, 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1251423>
- [8] M. F. Seleiman, N. Al-Suhaibani, N. Ali, M. Akmal, M. Alotaibi, Y. Refay, T. Dindaroglu, H. H. Abdul-Wajid, & M. L. Battaglia, "Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects". *Plants*, vol.10 (2), 259, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>
- [9] M. L. Battaglia, C. Lee, and W. Thomason, "Corn yield components and yield responses to defoliation at different row widths". *Agronomy Journal*, vol.110 (1), 210–225, 2018. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0322>
- [10] M.K Joshua, C. Ngongondo, F. Chipungu, M. Monjerezi, E. Liwenga, A.E. Majule, T. Stathers, and R. Lamboll, "Climate change in semi-arid Malawi: Perceptions, adaptation strategies and water governance". *Jamba (Potchefstroom, South Africa)*, vol.8 (3), 1-10, 2016. <https://doi.org/10.4102/jamba.v8i3.255>
- [11] N. Ortiz, E. Armada, E. Duque, A. Roldán, and R. Azcón, "Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing plant drought tolerance under natural soil conditions: effectiveness of autochthonous or allochthonous strains". *Journal of Plant Physiology*, vol.174, 87–96, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.08.019>
- [12] R. Shemi, R. Wang, E.S.M.S Gheith, H.A Hussain, L. Cholidah, K. Zhang, S. Zhang, and L. Wang, "Role of exogenous-applied salicylic acid, zinc and glycine betaine to improve drought-tolerance in wheat during reproductive growth stages". *BMC Plant Biology*, vol. 21(1), 574, 2021). <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03367-x>
- [13] C.M. Wainwright, E. Black, and R.P. Allan, "Future changes in wet and dry season characteristics in CMIP5 and CMIP6 simulations", *Journal of Hydrometeorology*, vol. 22(9), 2339-2357, 2021. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-21-0017.1>
- [14] A. Ayanlade, M. Radeny, and A.I. Akin-Onigbinde, "Climate variability/change and attitude to adaptation technologies: a pilot study among selected rural farmers' communities in Nigeria", *GeoJournal*, vol. 83(2), 319-331, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10708-0179771-1>
- [15] H. Chikoore, and M.R. Jury, "South African drought, deconstructed. *Weather and Climate Extremes*", Vol.33, 100334, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100334>
- [16] B. Bradshaw, H. Dolan, and B. Smit, "Farm-level adaptation to climatic variability and change: Crop diversification in the Canadian prairies", *Climatic Change*, vol.67 (1), 119–141, 2004. <https://doi.org/10.1007/s10584-004-0710-z>
- [17] J. Wang, R. Mendelsohn, A. Dinar, J. Huang, S. Rozelle, and L. Zhang, "The impact of climate change on China's agriculture. *Agricultural Economics (Amsterdam, Netherlands)*, vol.40 (3), 323–337, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.15740862.2009.00379.x>
- [18] S. Asfaw, and L. Lipper, Economics of PGRFA management for adaptation to climate change: a review of selected literature," *Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, Rome, Italy*, 2011. <https://rb.gy/edxj4>

- [19] K. Urama, and N. Ozor, “Agricultural innovations for climate change adaptation and food security in western and central Africa,” *Agro-Science*, vol.10 (1), 2011. <https://doi.org/10.4314/as.v10i1.68717>
- [20] S.S. Ngigi, “Climate change adaptation strategies: Water resources management options for smallholder farming systems in sub-Saharan Africa,” The Earth Institute at Columbia University, 2009. <https://rb.gy/s4rf5>
- [21] M.G.P. Ibrahim, and R.S Alex, “The impact of changing environmental conditions on vulnerable communities in the Shire valley, southern Malawi,” In *the Future of Drylands*, pp. 545–559, 2008. Springer Netherlands. <https://rb.gy/4784t>
- [22] O.M. Akinagbe, and I. J. Irohibe,” Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: a review,” *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, vol.39 (3), 407–418, 2015. <https://doi.org/10.3329/bjar.v39i3.21984>
- [23] A.Challinor, T. Wheeler,C. Garforth, P. Craufurd, and A. Kassam, “Assessing the vulnerability of food crop systems in Africa to climate change. *Climatic Change*,” Vol. 83(3), 381–399, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9249-0>
- [24] S.M .Howden, J.F. Soussana,F.N. Tubiello,N. Chhetri, M. Dunlop, and H. Meinke,” Adapting agriculture to climate change,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol.104(50),19691–19696, 2007. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104>
- [25] E. Bryan, T.T. Deressa, G.A. Gbetibouo, and C. Ringler, “Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: options and constraints,” *Environmental Science & Policy*, Vol. 12(4), 413–426, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.11.002>
- [26] N.A. Eckardt, E. Cominelli, M. Galbiati, and C. Tonelli, “The future of science: food and water for life,” 2009. <https://doi.org/10.1105/tpc.109.066209>
- [27] M.W. Rosegrant, and S.A Cline, “Global food security: challenges and policies,” *Science (New York, N.Y.)*, vol 302(5652), 1917–1919, 2003. <https://doi.org/10.1126/science.1092958>
- [28] P. Reidsma, and F. Ewert, “Regional farm diversity can reduce vulnerability of food production to climate change,” *Ecology and Society: A Journal of Integrative Science for Resilience and Sustainability*, vol.13 (1), 2008. <https://doi.org/10.5751/es-02476-130138>
- [29] P. Kurukulasuriya, and S. Rosenthal, “Climate change and agriculture,” World Bank Environment Department Paper, vol. 91, 2003. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16616>
- [30] A. Lema, and E. Majule,” Impacts of climate change, variability and adaptation strategies on agriculture in semi-arid areas of Tanzania: The case of Manyoni District in Singida Region, Tanzania,” *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 3(8), 206–218, 2009. <https://doi.org/10.5897/ajest09.099>
- [31] J.J. McCarthy, O. F. Canziani, N. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White, “Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability: Contribution of working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2001,” Cambridge University Press. <https://tinyurl.com/469pzerw>

- [32] N.A.A. El-Azm, and S.M.S. Youssef, “Spraying potassium silicate and sugar beet molasses on tomato plants minimizes transpiration, relieves drought stress and rationalizes water use,” *Middle East J*, Vol.4(4), 1047-1064, 2015. <https://rb.gy/2icce>
- [33] M. Prakash, and K. Ramachandran, “Effects of moisture stress and anti-transpirants on leaf chlorophyll, soluble protein and photosynthetic rate in brinjal plants,” *Journal of Agronomy and Crop Science*, vol.184 (3), 153-156, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00330.x>
- [34] A.S Abdullah, M.M. Aziz, K.H.M. Siddique, and K.C. Flower, “Film antitranspirants increase yield in drought stressed wheat plants by maintaining high grain number,” *Agricultural Water Management*, vol.159, 11–18, 2015). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.05.018>
- [35] C.J. Rhodes, “Feeding and healing the world: through regenerative agriculture and permaculture,” *Science Progress*, vol.95 (4), 345–446, 2012. <https://doi.org/10.3184/003685012X13504990668392>
- [36] R. Topak, S. Süheri, and B. Acar, “Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian, Turkey,” *Irrigation Science*, vol.29 (1), 79–89, 2011). <https://doi.org/10.1007/s00271-010-0219-3>
- [37] L. Levidow, D. Zaccaria, R. Maia, E. Vivas, M. Todorovic, and A. Scardigno, “Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices,” *Agricultural Water Management*, vol. 146, 84–94, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.012>
- [38] M. Bittelli, M. Flury, G.S. Campbell, and E.J. Nichols, “Reduction of transpiration through foliar application of chitosan,” *Agricultural and Forest Meteorology*, vol.107 (3), 167–175, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00242-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00242-2)
- [39] M. Iriti, M. Sironi, S. Gomasasca, A.P Casazza, C. Soave, and F. Faoro, “Cell death-mediated antiviral effect of chitosan in tobacco,” *Plant Physiology and Biochemistry*, Vol. 44(11–12). 893–900, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2006.10.009>
- [40] F.M. Del Amor, P. Cuadra-Crespo, D.J. Walker, J.M. Cámara, and R. Madrid, “Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different levels of CO₂ and water stress,” *Journal of Plant Physiology*, vol.167 (15), 1232-1238, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.04.010>
- [41] J. Kocięcka, D. Liberacki, J.M. Kupiec, M. Stróżecki, and P. Dłużewski, “Effects of Silicon Application and Groundwater Level in a Subirrigation System on Yield of a Three-Cut Meadow,” *Water*, Vol. 15(11), 2103. <https://doi.org/10.3390/w15112103>
- [42] W.Mphande, P.S Kettlewell, I.G Grove, and A.D. Farrell, “The potential of antitranspirants in drought management of arable crops: A review,” *Agricultural Water Management*, 236, 106-143, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106143>
- [43] P.S Kettlewell, and J.R. Holloway, “Connecting developmental and process physiology to improve yield of draughted wheat with a film antitranspirant,” *Aspects of Applied Biology*, No.105, 23-24, 2010. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123411786>

- [44] V. G. Shweta, “Antitranspirants: An effective approach to mitigate the stress in field crops,” *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol.9 (5), 1671–1678, 2020. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.188>
- [45] D. M. Glenn, “The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops,” *HortScience: A Publication of the American Society for Horticultural Science*, vol.47 (6), 710–711, 2012. <https://doi.org/10.21273/hortsci.47.6.710>
- [46] F. Zhao, D. Zhang, Y. Zhao, W. Wang, H. Yang, F. Tai, C. Li, and X. Hu, “The difference of physiological and proteomic changes in maize leaves adaptation to drought, heat, and combined both stresses,” *Frontiers in Plant Science*, Vol.7, 2-19, 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01471>
- [47] H.A. Hussain, S. Men, S. Hussain, Y. Chen, S. Ali, S. Zhang, K. Zhang, Y. Li, Q. Xu, C. Liao, and L. Wang, “Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids,” *Scientific Reports*, vol.9 (1), 1-12, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40362-7>
- [48] K. Agyeman, I. Osei-Bonsu, J.N Berchie, S. Yeboah, L.M. Tengan, P. Marno, A. Adjei, and M. Apraku, “Yield and growth performance of drought tolerant maize varieties in the Forest-Savanna transition zone of Ghana.” *Agricultural and Food Science Journal of Ghana*, vol.13, 1237–1246, 2020. <https://doi.org/10.4314/afsjg.v13i1>
- [49] S.A Saseendran, L.R. Ahuja, L. Ma, and T.J. Trout, “Modeling for best management of the effects of irrigation frequencies, initial water, and nitrogen on corn,” *Practical Applications of Agricultural System Models to Optimize the Use of Limited Water*, vol.5, 25-52, 2014. <https://doi.org/10.2134/advagricysystmodel5.c2>
- [50] R.P. Sah, M. Chakraborty, K. Prasad, M. Pandit, V.K. Tudu, M.K. Chakravarty, S.C. Narayan, M. Rana, and D. Moharana, “Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components,” *Scientific Reports*, vol.10 (1), 2944, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7>
- [51] Y. Lu, Z. Hao, C. Xie, J. Crossa, J.L. Araus, S. Gao, B.S Vivek, C. Magorokosho, S. Mugo, D. Makumbi, S. Taba, G. Pan, X. Li, T. Rong, S. Zhang, and Y. Xu, “Large-scale screening for maize drought resistance using multiple selection criteria evaluated under water-stressed and well-watered environments,” *Field Crops Research*, Vol. 124(1), 37–45, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.06.003>
- [52] G.O Edmeades, “Progress in achieving and delivering drought tolerance in maize-an update,” *ISAAA: Ithaca, NY, 130*, 2013. <https://rb.gy/2nt2k>
- [53] M. Aslam, M.A., Maqbool, and R. Cengiz, “*Drought Stress in Maize (Zea mays L.)*,” Springer International Publishing, 2015. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25442-5>
- [54] M. Farooq, A. Wahid, N. Kobayashi, D., Fujita, and S.M.A Basra, “Plant drought stress: Effects, mechanisms and management,” In *Sustainable Agriculture* (pp. 153–188), 2009. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12

- [55] A.Y Kamara, A. Menkir, B. Badu-Apraku, and O. Ibikunle, "The influence of drought stress on growth, yield and yield components of selected maize genotypes," *The Journal of Agricultural Science*, vol.141 (1), 43–50, 2003. <https://doi.org/10.1017/s0021859603003423>
- [56] H. Min, C. Chen, S. Wei, X. Shang, M. Sun, R. Xia, X. Liu, D. Hao, H. Chen, and Q. Xie, "Identification of drought tolerant mechanisms in maize seedlings based on transcriptome analysis of recombination inbred lines," *Frontiers in Plant Science*, Vol.7, 1080, 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01080>
- [57] R.Çakir, "Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn," *Field Crops Research*, vol. 89(1), 1–16, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>
- [58] K. Djaman, S. Irmak, W.R. Rathje, D.L. Martin, and D.E. Eisenhauer, "Maize evapotranspiration, yield production functions, biomass, grain yield, harvest index, and yield response factors under full and limited irrigation," *Transactions of the ASABE*, vol. 56(2), 373-393, 2013. <https://doi.org/10.13031/2013.42676>
- [59] S.A. Anjum, X. Xie, L.C. Wang, M.F. Saleem, C. Man, and W. Lei, "Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress," *African journal of agricultural research*, vol.6 (9), 2026-2032, 2011. [doi:10.5897/AJAR10.027](https://doi.org/10.5897/AJAR10.027)
- [60] F.Baret, S. Madec, K. Irfan, J. Lopez, A. Comar, M. Hemmerlé, D. Dutartre, S. Praud, and M.H. Tixier, "Leaf-rolling in maize crops: from leaf scoring to canopy-level measurements for phenotyping," *Journal of Experimental Botany*, vol. 69(10), 2705–2716, 2018. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery071>
- [61] T. Ge, F. Sui, L. Bai, C. Tong, and N. Sun, "Effects of water stress on growth, biomass partitioning, and water-use efficiency in summer maize (*Zea mays* L.) throughout the growth cycle," *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 34(3), 1043–1053, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0901-y>
- [62] S. Pokhrel, "Effects of drought stress on the physiology and yield of the maize: a review," *Food and Agri Economics Review (FAER)*, vol.1 (1), 36-40, 2021. <http://doi.org/10.26480/faer.01.2021.36.40>
- [63] J.S. Boyer, and M.E. Westgate, "Grain yields with limited water," *Journal of Experimental Botany*, vol. 55(407), 2385–2394, 2004. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh219>
- [64] S.A. Anjum, L.C. Wang, M. Farooq, M. Hussain, L.L. Xue, and C.M. Zou, "Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange," *Journal of Agronomy and crop science*, vol.197 (3), 177-185, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1439037X.2010.00459.x>
- [65] M. Benešová, D. Holá, L. Fischer, P.L. Jedelský, F. Hnilička, N. Wilhelmová, O. Rothová, M. Kočová, D. Procházková, J. Honnerová, L. Fridrichová, and H. Hniličková, "The physiology and proteomics of drought tolerance in maize: early stomatal closure as a cause of lower tolerance to short-term dehydration?" *PloS One*, vol. 7(6), e38017, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038017>

- [66] M.S. Lopes, J.L Araus, P.D.R van Heerden, and C.H. Foyer, “Enhancing drought tolerance in C (4) crops,” *Journal of Experimental Botany*, Vol.62 (9), 3135–3153, 2011. <https://doi.org/10.1093/jxb/err105>
- [67] B. Wang, C. Liu, D. Zhang, C. He, J. Zhang , and Z. Li, “Effects of maize organ-specific drought stress response on yields from transcriptome analysis,” *BMC Plant Biology*, Vol. 19(1),1-19 2019. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1941-5>
- [68] M. M. Chaves, J. Flexas, and C. Pinheiro,”Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell,” *Annals of Botany*, vol.103 (4), 551–560, 2009. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>
- [69] L. Serna, “Maize stomatal responses against the climate change,” *Frontiers in Plant Science*, vol.13, 1-9, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.952146>
- [70] T. Parthasarathi, K. Vanitha, and G. Velu, “Physiological impacts of soil moisture stress and plant population on leaf gas exchange and radiation use of maize,” *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, vol.5 (4), 77-385, 2012. <https://rb.gy/jpxe3>
- [71] S. Bayat, and A. Sepehri, “Paclobutrazol and salicylic acid application ameliorates the negative effect of water stress on growth and yield of maize plants,” *Journal of Research in Agricultural Science* vol. 8(2)127- 139, 2012. <https://rb.gy/olzln>
- [72] M. Kamran, S. Wennan, I. Ahmad, M. Xiangping, C. Wenwen, Z. Xudong, M. Siwei, A. Khan, H. Qingfang, and L. Tiening, “Application of paclobutrazol affect maize grain yield by regulating root morphological and physiological characteristics under a semi-arid region,” *Scientific Reports*, vol. 8(1), 1–15, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23166-z>
- [73] O.Q.A. Ulameer, and S.S.A Ahmed, “Anti-transpirant role in improving the morphological growth traits of maize plants subjected to water stress,” *Research on Crops*, vol.19 (4), 593-603, 2018. <https://rb.gy/qekzy>
- [74] D. Ghazi, “Impact of drought stress on maize (*Zea mays*) plant in presence or absence of salicylic acid spraying,” *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, vol.8(6), 223- 229, 2017. <https://doi.org/10.21608/JSSAE.2017.37382>
- [75] I. Ahmad, S.M.A. Basra, and A. Wahid, “Exogenous application of ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide improves the productivity of hybrid maize at low temperature stress,” *Int. J. Agric. Biol.*, vol. 16(4), 825-830, 2014. http://www.fspublishers.org/published_papers/41448_.pdf
- [76] A.S.M. Morsy, and H.M Mehanna, “Beneficial effects of antitranspirants on water stress tolerance in maize under different plant densities in newly reclaimed land,” *Bulletin of the National Research Centre*, vol.46 (2-17), 2022. <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00934-6>
- [77] Gomaa, M. A., E. E., A. A. M. Z. Kandil, El-Dein, M. E. M. Abou-Donia, H. M. Ali, and N. R. A. bdelsalam, “Increase maize productivity and water use efficiency through application of potassium silicate under water stress,” *Scientific Reports*, vol.11 (1), 1-8, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80656-9>

- [78] S. I. Shedeed, "Assessing effect of potassium silicate consecutive application on forage maize plants (*Zea mays* L.)," *Journal of Innovations in Pharmaceutical and Biological Sciences*, vol.5 (2), 119-127, 2018. <https://jipbs.com/index.php/journal/article/view/321/290>
- [79] M. M. A. Mondal, A. B. Puteh, N. C. Dafader, M. Y. Rafii, and M. A. Malek. "Foliar application of chitosan improves growth and yield in maize." *J. Food Agric. Environment*, vol.11, (2), 520-523, 2013.. <https://rb.gy/6lg8v>
- [80] Y.J Guan, J. Hu, X.J. Wang, and C.X. Shao, "Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress," *Journal of Zhejiang University. Science. B*, vol. 10(6), 427-433, 2009. <https://doi.org/10.1631/jzus.B0820373>
- [81] V. Saharan, R.V Kumaraswamy, R.C. Choudhary, S. Kumari, A. Pal, A., R. Raliya, and P. Biswas, "Cu-chitosan nanoparticle mediated sustainable approach to enhance seedling growth in maize by mobilizing reserved food," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol.64 (31), 6148-6155, 2016. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02239>
- [82] D.Y. Nakasato, A.E.S Pereira, J.L. Oliveira, H.C. Oliveira, and L.F. Fraceto, "Evaluation of the effects of polymeric chitosan/tripolyphosphate and solid lipid nanoparticles on germination of *Zea mays*, *Brassica rapa* and *Pisum sativum*," *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 142, 369-374, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.04.033>
- [83] E.G. Lizárraga-Paulín, S.P. Miranda-Castro, E. Moreno-Martínez, A.V. Lara-Sagahón, and I. Torres-Pacheco, "Maize seed coatings and seedling sprayings with chitosan and hydrogen peroxide: their influence on some phenological and biochemical behaviors," *Journal of Zhejiang University. Science. B*, Vol. 14(2), 87-96, 2013. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1200270>
- [84] M. Peña-Datoli, C.M.I Hidalgo-Moreno, V.A. González-Hernández, E.G. Alcántar-González, and J.D. Etchevers-Barra, "Maize (*Zea mays* L.) Seed coating with chitosan and sodium alginate and its effect on root development," *Agrociencia* Vol.50 (8), 1091-1106, 2016. <https://rb.gy/p7cyh>
- [85] M. Martins, M. Carvalho, D.T Carvalho, S. Barbosa, A.C. Doriguetto, P.C Magalhaes, and C. Ribeiro, "Physicochemical characterization of chitosan and its effects on early growth, cell cycle and root anatomy of transgenic and non-transgenic maize hybrids," *Australian Journal of Crop Science*, vol.12(1), 56-66, 2018. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.45go44563320158>
- [86] W.M. Khan, B. Prithiviraj, and D.L Smith, "Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean," *Photosynthetica*, vol.40 (4), 621-624, 2002. <https://doi.org/10.1023/a:1024320606812>
- [87] W., Li, P. Yang, S. Guo, R. Song, and J. Yu, "Co-application of soil superabsorbent polymer and foliar fulvic acid to increase tolerance to water deficit maize: photosynthesis, water parameters, and proline," *Chilean journal of agricultural research*, 79(3), 435-446, 2019. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000300435>
- [88] M. Gomaa, I. Fathallah Rehab, E. E. Kandil, and A. M. M. Ali, "Using of Potassium Silicate to Alleviate Drought Stress Effect on Peanut as Grown in Sandy Soil," *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, vol.26 (3), 109-119, 2021. <https://doi.org/10.21608/jalexu.2021.179977>

- [89] E. E. Kandi, A.A. M. Zen El-Dein, and M.E.M Abou-Donia, “Effect of irrigation intervals and foliar application of potassium silicate on growth of maize,” *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. Botany*, vol.11 (1), 103-109, 2020. https://journals.ekb.eg/article_122139.html
- [90] A. Parveen, W. Liu, S. Hussain, J. Asghar, S. Perveen, and Y. Xiong, “Silicon priming regulates morpho-physiological growth and oxidative metabolism in maize under drought stress,” *Plants*, vol.8 (10), 1-14, 2019. <https://doi.org/10.3390/plants8100431>
- [91] M. Hussain, M.A. Malik, M. Farooq, M.B. Khan, M. Akram, and M.F. Saleem, “Exogenous glycinebetaine and salicylic acid application improves water relations, allometry and quality of hybrid sunflower under water deficit conditions,” *Journal of Agronomy and Crop Science*, vol.195 (2), 98–109, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037x.2008.00354.x>
- [92] W. Khan, B. Prithiviraj, and D.L. Smith, “Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates,” *Journal of Plant Physiology*, vol.160 (5), 485–492, 2003. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00865>
- [93] W. Yang, P. Li, S. Guo, R. Song, and J. Yu, “Co-application of soil superabsorbent polymer and foliar fulvic acid to increase tolerance to water deficit maize: photosynthesis, water parameters, and proline,” *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 79(3), 435–446, 2019. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392019000300435>
- [94] D.V.B Reddy, N. Ramesh, S. Manimaran, and P. Thangavel, “Effect of organic mulches and foliar spray of kaolin on NPK uptake in enhancing yield and economics of dry land maize (*Zea mays* L.),” *Journal of Applied and Natural Science*, vol. 15(1), 116-119, 2023. <https://doi.org/10.31018/jans.v15i1.4192>
- [95] A. Kumar, K.S. Rana, D.S. Rana, R.S Bana, A.K Choudhary, and V. Pooniya, “Effect of nutrient- and moisture-management practices on crop productivity, water-use efficiency and energy dynamics in rainfed maize (*Zea mays*) + soybean (*Glycine max*) intercropping system,” *Indian Journal of Agronomy*, vol 60(1), 152–156,2015. <https://tinyurl.com/w4uazrna>
- [96] B. R.B. Vani, N. Ramesh, S. Manimaran, and P. Thangavel, “Effect of organic mulches and kaolin clay foliar spray on growth, yield attributes and yield of dry landmaize (*Zea mays*),” *CropResearch*, Vol.58 (1and2), 2933,2023. https://doi.org/10.31830/24541761.2023.CR8_68
- [97] S.A Anjum, M. Farooq, L.C. Wang, L. L. Xue, S.G Wang, L. Wang, and M. Chen, “Gas exchange and chlorophyll synthesis of maize cultivars are enhanced by exogenously- applied glycinebetaine under drought conditions,” *Plant, Soil and Environment*, vol.57 (7), 326-331, 2011. <https://doi.org/10.17221/41/2011-PSE>
- [98] A.M.S Elshamly, “Minimizing the adverse impact of drought on corn by applying foliar potassium humate combined with chitosan,” *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01146-1>
- [99] U. Petzold, S. Peschel, I. Dahse, and G. Adam, “Stimulation of source-applied¹⁴C-sucrose export in *Vicia faba* plants by brassinosteroids, GA₃ and IAA,” *Acta Botanica Neerlandica*, vol. 41 (4), 469–479, 1992. <https://doi.org/10.1111/j.14388677.1992.tb00517.x>

- [100] T. C. De Souza, P. C. Magalhães, E. M. de Castro, N. P. Carneiro, F. A. Padilha, and C. C. G. Júnior, “ABA application to maize hybrids contrasting for drought tolerance: changes in water parameters and in antioxidant enzyme activity,” *Plant Growth Regulation*, vol.73(3), 205–217, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9881-9>
- [101] C. Travaglia, G. Balboa, G. Espósito, and H. Reinoso, “ABA action on the production and redistribution of field-grown maize carbohydrates in semiarid regions,” *Plant Growth Regulation*, vol.67 (1), 27–34, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9657-7>
- [102] A.M. S. Elshamly, “Interaction effects of sowing date, irrigation levels, chitosan, and potassium silicate on yield and water use efficiency for maize grown under arid climate,” *Gesunde Pflanzen.*, 1-17, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00836-1>
- [103] J. Kociğcka & D. Liberacki, “The potential of using chitosan on cereal crops in the face of climate change,” *Plants*, vol.10 (6), 1160, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10061160>
- [104] Q. Ali, and M. Ashraf, “Induction of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) due to exogenous application of trehalose: growth, photosynthesis, water relations and oxidative defence mechanism,” *Journal of Agronomy and Crop Science*, vol. 197(4), 258-271, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00463.x>
- [105] L.G. Almeida, P.C. Magalhães, D. Karam, E. M. D. Silva, and A.A Alvarenga, “Chitosan application in the induction of water deficit tolerance in maize plants,” *Acta Scientiarum. Agronomy*, 42, 2020. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.42463>
- [106] S.A. Anjum, L. Wang, M. Farooq, L. Xue, and S. Ali, “Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions,” *Journal of agronomy and crop science*, vol. 197(6), 409-417, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00483.x>
- [107] W. Bi, M. Wang, B. Weng, D. Yan, Y. Yang, and J. Wang, “Effects of drought-flood abrupt alternation on the growth of summer maize,” *Atmosphere*, vol.11 (1), 1-18, 2019. <https://doi.org/10.3390/atmos11010021>
- [108] R. Liao, L. Zhang, P. Yang, W. Wu, and Z. Zhang, “Physiological regulation mechanism of multi-chemicals on water transport and use efficiency in soil-maize system,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 172, 1289–1297, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.239>
- [109] W. Yang, P. Li, S. Guo, B. Fan, R. Song, J. Zhang, and J. Yu, “Compensating effect of fulvic acid and super-absorbent polymer on leaf gas exchange and water use efficiency of maize under moderate water deficit conditions,” *Plant Growth Regulation*, vol. 83(3), 351–360, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10725-017-0297-9>
- [110] T. A. Abd El-Mageed, A. Shaaban, S. A. Abd El-Mageed, W.M Semida, and R.M.O. Rady, “Silicon defensive role in maize (*Zea mays* L.) against drought stress and metals-contaminated irrigation water,” *Silicon*, vol.13, 2165-2176, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00690-0>
- [111] R. V. Kumaraswamy, S. Kumari, R.C. Choudhary, S.S. Sharma, A. Pal, R. Raliya, P. Biswas, and V. Saharan, “Salicylic acid functionalized chitosan nanoparticle: A sustainable biostimulant for plant,” *International Journal of Biological Macromolecules*, vol.123, 59–69, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.202>

- [112] J. Monjane, P. Dimande, A. Zimba, E. Nhachengo, E. Teles, H. Ndima, and A. Uamusse, “Antifungal Activity of Biopesticides and their Effects on the Growth Parameters and Yield of Maize and Pigeon Pea,” *Tropical Journal of Natural Product Research (TJNPR)*, vol.4(9), 512-515, 2020. <https://www.tjnpr.org/index.php/home/article/view/1123>
- [113] R. C. Choudhary, R.V. Kumaraswamy, S. Kumari, A. Pal, R. Raliya, P. Biswas, and V. Saharan, “Synthesis, characterization, and application of chitosan nanomaterials loaded with zinc and copper for plant growth and protection,” In *Nanotechnology* (pp. 227–247), 2017. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4573-8_10
- [114] U. R. Butt, R. Naz, A. Nosheen, H. Yasmin, R. Keyani, I. Hussain, and M.N. Hassan, “Changes in pathogenesis-related gene expression in response to bioformulations in the apoplast of maize leaves against *Fusarium oxysporum*,” *Journal of Plant Interactions*, vol.14 (1), 61–72, 2019. <https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1550217>
- [115] C. Mohamed, T.V. Etienne, and K.N.G Yannick, “Use of bioactive chitosan and *Lippia multiflora* essential oil as coatings for maize and sorghum seeds protection,” *EurAsian Journal of BioSciences*, vol.14 (1), 27-34, 2020. <https://shorturl.at/uMPRT>
- [116] N.S. El-Mougy, H.M Abouelnaser, and M.M. Abdel-Kader, “Seed Dressing and Foliar Spray with Different Fungicide Alternatives for Controlling Maize Diseases under Natural Field Conditions,” *Plant Arch*, vol. 20, 2755-2759, 2020. [http://plantarchives.org/20-1/2755-2759%20\(5996\).pdf](http://plantarchives.org/20-1/2755-2759%20(5996).pdf)
- [117] L.V Ferrochio, E. Cendoya, V. G. L. Zachetti, M. C. Farnochi, W. Massad, and M.L. Ramirez, “Combined effect of chitosan and water activity on growth and fumonisin production by *Fusarium verticillioides* and *Fusarium proliferatum* on maize-based media,” *International Journal of Food Microbiology*, vol.185, 51–56, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.011>
- [118] M. R. Romero-Aranda, O. Jurado, and J. Cuartero, “Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status,” *Journal of Plant Physiology*, vol.163 (8), 847–855, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.05.010>
- [119] D. Katiyar, A. Hemantaranjan, and B. Singh, “Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review,” *Indian Journal of Plant Physiology*, vol.20 (1), 1–9, 2015. <https://doi.org/10.1007/s40502-015-0139-6>
- [120] S. Kaur, and G. S. Dhillon, “The versatile biopolymer chitosan: potential sources, evaluation of extraction methods and applications,” *Critical Reviews in Microbiology*, vol.40 (2), 155–175, 2014. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2013.770385>
- [121] V. Zargar, M. Asghari, and A. Dashti, “A review on chitin and chitosan polymers: Structure, chemistry, solubility, derivatives, and applications,” *ChemBioEng Reviews*, vol.2 (3), 204–226, 2015. <https://doi.org/10.1002/cben.201400025>
- [122] T. Q. Shi, H. Peng, S.Y. Zeng, R. Y. Ji, K. Shi, H. Huang, and X.J. Ji, “Microbial production of plant hormones: Opportunities and challenges,” *Bioengineered*, vol.8 (2), 124–128, 2017. <https://doi.org/10.1080/21655979.2016.1212138>

- [123] A. Francini, G. Lorenzini, and C. Nali, “The antitranspirant Di-1-p-menthene, a potential chemical protectant of ozone damage to plants,” *Water, Air, and Soil Pollution*, vol.219(1–4), 459–472, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0720-6>
- [124] V. Cantore, B. Pace, and R. Albrizio, “Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality,” *Environmental and Experimental Botany*, vol. 66(2), 279–288, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.03.008>
- [125] V. Markó, L. H. M. Blommers, S. Bogya, and H. Helsen, “Kaolin particle films suppress many apple pests, disrupt natural enemies and promote woolly apple aphid,” *Zeitschrift Für Angewandte Entomologie [Journal of Applied Entomology]*, Vol. 132(1), 26–35, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01233.x>
- [126] A. L. Knight, B. A. Christianson, T. R. Unruh, G. Puterka, and D. M. Glenn, “Impacts of seasonal kaolin particle films on apple pest management,” *The Canadian Entomologist*, vol. 133(3), 413–428, 2001. <https://doi.org/10.4039/ent133413-3>
- [127] N. Lalancette, R. D. Belding, P. W. Shearer, J. L. Frecon, and W. H. Tietjen, “Evaluation of hydrophobic and hydrophilic kaolin particle films for peach crop, arthropod and disease management,” *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, vol.61 (1), 25-39, 2005. <https://doi.org/10.1002/ps.943>
- [128] S. Pascual, G. Cobos, E. Seris, and M. González-Núñez, “Effects of processed kaolin on pests and non-target arthropods in a Spanish olive grove,” *Journal of Pest Science*, vol. 83(2), 121–133, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10340-009-0278-5>
- [129] M. Kumar Sootahar, X. Zeng, S. Su, Y. Wang, L. Bai, Y. Zhang, T. Li, and X. Zhang, “The effect of fulvic acids derived from different materials on changing properties of albic black soil in the northeast plain of China,” *Molecules (Basel, Switzerland)*, vol.24(8), 1-12, 2019. <https://doi.org/10.3390/molecules24081535>
- [130] S. A. Khilji, Z. A. Sajid, S. Fayyaz, A. A. Shah, A. N. Shah, M. Rauf, M. Arif, S. H. Yang, and S. Fiaz, “Fulvic acid alleviates paper sludge toxicity in canola (*Brassica napus* L.) by reducing Cr, Cd, and Pb uptake,” *Frontiers in Plant Science*, vol.13, 1-14, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.874723>
- [131] S. P. Katengeza, and S. T. Holden, “Productivity impact of drought tolerant maize varieties under rainfall stress in Malawi: A continuous treatment approach,” *Agricultural Economics (Amsterdam, Netherlands)*, vol.52 (1), 157–171, 2021). <https://doi.org/10.1111/agec.12612>
- [132] A. Badr, H. H. El-Shazly, R. A. Tarawneh, and A. Börner, “Screening for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) germplasm using germination and seedling traits under simulated drought conditions,” *Plants*, Vol.9(5), 1-23, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9050565>
- [133] H. Webber, F. Ewert, J.E. Olesen, C. Müller, S. Fronzek, A. C. Ruane, M. Bourgault, P. Martre, B. Ababaei, M. Bindi, R. Ferrise, R. Finger, N. Fodor, C. Gabaldón-Leal, T. Gaiser, M. Jabloun, K. C. Kersebaum, J. I Lizaso, I. J. Lorite, and .D. Wallach, “Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe,” *Nature Communications*, vol.9 (1), 42-49, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06525-2>

- [134] S. Rafique, “Drought responses on physiological attributes of *Zea mays* in relation to nitrogen and source-sink relationships,” *Abiotic Stress Plants*. 2020. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93747>
- [135] E. M. Bagula, J.G.M. Majaliwa, T.A. Basamba, J.G.M. Mondo, B. Vanlauwe, G. Gabiri, J.B. Tumuhairwe, G.N. Mushagalusa, P. Musinguzi, S. Akello and A. Egeru, “Water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) crop under selected soil and water conservation practices along the slope gradient in Ruzizi watershed, eastern DR Congo,” *Land*, vol.11(10), 1-20, 2022. <https://doi.org/10.3390/land11101833>
- [136] R. Bheemanahalli, P. Ramamoorthy, S. Poudel, S. Samiappan, N. Wijewardane, and K. R. Reddy, “Effects of drought and heat stresses during reproductive stage on pollen germination, yield, and leaf reflectance properties in maize (*Zea mays* L.),” *Plant Direct*, vol. 6(8), 1-14, 2022. <https://doi.org/10.1002/pld3.434>
- [137] P. Previtali, F. Giorgini, R.S. Mullen, N. K. Dookozlian, K. L. Wilkinson, and C. M. Ford, “A systematic review and meta-analysis of vineyard techniques used to delay ripening,” *Horticulture Research*, vol.9, (uhac104) 1-10, 2022. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac118>
- [138] J. Rodriguez, “*Sunburn in Citrus: Assessing Physiological Impacts and Mitigation Treatments* (Doctoral dissertation, Texas A & M University-Kingsville),” 2018. <https://tinyurl.com/5vsrvzf7>
- [139] L. Sibande, A. Bailey, and S. Davidova, “The impact of farm input subsidies on maize marketing in Malawi,” *Food Policy*, vol.69, 190–206, 2017 <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.04.001>
- [140] S. Koppmair, M. Kassie, and M. Quaim, “Farm production, market access and dietary diversity in Malawi,” *Public Health Nutrition*, vol.20 (2), 325–335, 2017. <https://doi.org/10.1017/s1368980016002135>
- [141] R. G. Evans, and E. J. Sadler, “Methods and technologies to improve efficiency of water use,” *Water resources research*, Vol. 44(7), 1-15, 2008. <https://doi.org/10.1029/2007WR006200>
- [142] P. Kettlewell, “Economics of film antitranspirant application: a new approach to protecting wheat crops from drought-induced yield loss,” *International Journal of Agricultural Management*, vol.1, 43-45, 2011. <https://ageconsearch.umn.edu/record/149907/>
- [143] B. P. Janawade, and Y. B. Palled, Effect of irrigation schedules, mulch and antitranspirants on growth, yield and economics of wheat (cv. DWD-I006). *Karnataka Journal of Agricultural Science*, vol.20 (1), 6-9, 2007. <http://14.139.155.167/test5/index.php/kjas/article/view/829>

Sapanca Gölü (Sakarya-Kocaeli) Kuşları

Dilek TEMUR^{1*} , Ali UZUN¹ 

ÖZET

Bu çalışma, Sakarya ve Kocaeli sınırları içinde bulunan Sapanca Gölü ornitofaunasını tespit etmek amacı ile Şubat 2022 - Mart 2023 tarihleri arasında 1 yıllık süreçte yapılmıştır. Çalışma sonucunda alanda 14 takıma ait 26 familyadan 61 kuş türünün 59952 bireyi tespit edilmiştir. Türlerin takımlara göre sayısal dağılımı; Podicipediformes 2, Suliformes 2, Ciconiiformes 1, Pelecaniformes 5, Anseriformes 5, Accipitriformes 1, Gruiformes 3, Charadriiformes 6, Columbiformes 2, Coraciiformes 1, Piciformes 1, Phoenicopteriformes 1, Falconiformes 1, Passeriformes 30 şeklindedir. 40 tür ile en yüksek tür sayısı kış mevsiminde, 22 tür ile ise en az yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Yine 17054 ile en fazla birey sonbahar mevsiminde, 350 birey ile en az birey ilkbahar mevsiminde sayılmıştır. Aylara göre ise en fazla tür 29 ile Eylül ayında en az tür 6 tür ile temmuz ayında gözlenmiştir. Buna karşın birey sayısı bakımından en yüksek rakama 8303 ile Ekim ayında en düşük rakama ise 93 birey ile Nisan ayında ulaşılmıştır.

Sapanca lake ornithofauna

ABSTRACT

This study was conducted over a period of one year from February 2022 to March 2023 to determine the ornithofauna of Sapanca Lake within the borders of Sakarya and Kocaeli provinces. As a result of the study, a total of 61 bird species belonging to 27 families of 14 orders were identified, with a total of 59,952 individuals. The numerical distribution of species by order was as follows: Podicipediformes 2, Suliformes 2, Ciconiiformes 1, Pelecaniformes 5, Anseriformes 5, Accipitriformes 1, Gruiformes 3, Charadriiformes 6, Columbiformes 2, Coraciiformes 1, Piciformes 1, Phoenicopteriformes 1, Falconiformes 1, and Passeriformes 30. The highest number of species, 40, was recorded in the winter season, while the lowest, 22, was recorded in the summer season. Likewise, the highest number of individuals, 17054, was recorded in the fall season, while the lowest, 350, was recorded in the spring season. By month, the highest number of species, 29, was observed in September, while the lowest, 6, was observed in July. However, in terms of the number of individuals, the highest number, 8303, was recorded in October, and the lowest, 93, was recorded in April with 24 species. On the other hand, the highest figure in terms of the number of individuals was reached in December with 2276 individuals, and the lowest figure was reached in April with 261 individuals.

Article Info

*Corresponding author:

e-mail: rotiferdilek@gmail.com

Institution: ¹ Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Sakarya / Türkiye

Article history

Received: 26/05/2023

Accepted: February 03/07/2023

Available online: 01/10/2023

Anahtar Kelimeler:

Biyoeкологи, Kuşlar, Ornitofauna, Sapanca Gölü

Keywords:

Bioecology, Birds, Ornithofauna, Sapanca Lake

How to Cite: D. Temur, A. Uzun, " Sapanca Gölü (Sakarya-Kocaeli) Kuşları ", *Environmental Toxicology and Ecology*, c. 3, sayı. 1, ss. 90-103., 2023.

DOI: [10.59838/etoxec.1302965](https://doi.org/10.59838/etoxec.1302965)

1. GİRİŞ

Kuşlar (Aves), biyosferde yaklaşık 150 milyon yıl önce ortaya çıkmış ve uçuş yetenekleri sayesinde çoğu hayvanın yaşayamadığı bölgelere kolaylıkla uyum sağlamışlardır [1].

Kuş çeşitliliği, doğal ortamlarda var olan farklı kuş türlerinden oluşan topluluğu ifade eder. Kuşlar, takson düzeyinde dünyadaki en çeşitli omurgalı hayvan gruplarından biridir ve besin zincirinin en üstünde veya en altında yer alarak popülasyonları kontrol etme rollerini yerine getirirler [2].

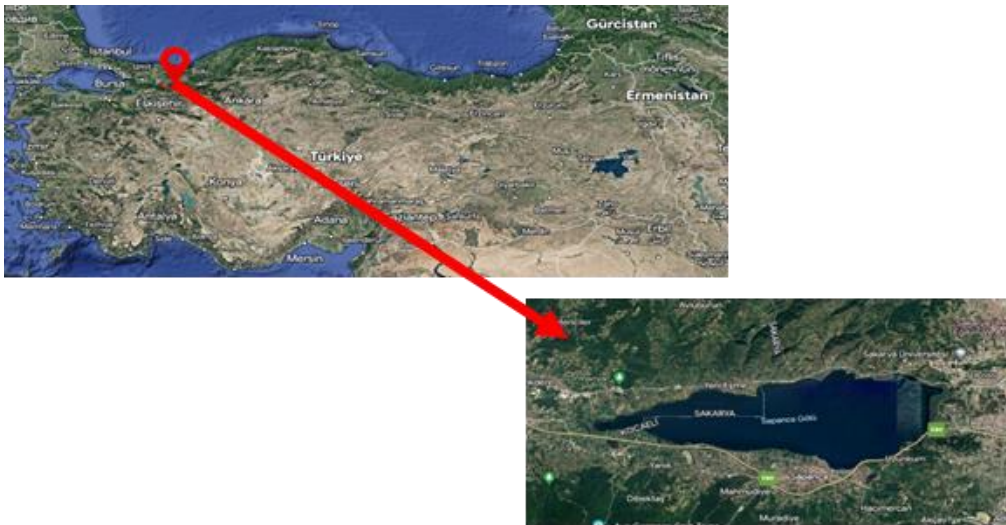
Biyolojik ayrışma ve mücadele, ornitogami, tohumların bir yerden bir yere taşınması gibi birçok ekolojik döngüde önemli bir rol üstlenmektedirler [3].

Kuşların üzerinde baskı oluşturan nedenler arasında; yaşam alanlarının değiştirilmesi; yol yapımı, biyotopun tek düzeleşmesi, ağaçlık alanların tahrip edilmesi, sulak alanların kurutulması, ormancılık ve tarımda doğal yapıyı tehdit eden uygulamalar, kimyasal tahribat; kimsiyal imisyonunun artması, pestisit kullanım yanlışlığı, gübreleme hataları, yoğun teknoloji uygulamaları; karayolu uygulamalarının artması, tarımsal aletlerin kullanılması, teleferik, enerji iletim hatlarının çoğalması, avcılık; aşırı ve bilinçsiz avlanma yer almaktadır [4]. Dolayısıyla kuş çeşitliliğini korumak, özellikle son yıllarda değişen çevre koşulları ve ihtiyaçlar doğrultusunda küresel bir öncelik haline geldi. Bu nedenle kuşlarla ilgili ekolojik ve ornitofaunistik çalışmalar büyük önem arz etmektedir[5]. Bu çalışmada Sapanca Gölü ve çevresinin kuş türleri, popülasyon büyüklükleri, göç statüleri, ulusal ve uluslararası koruma statüleri, sıklık ve baskınlık değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca gündün güne değişen çevre faktörlerinin kuş türleri üzerine olan etkisi ile geçmişten günümüze bölgenin ornitofaunasının değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Sapanca Gölü'ndeki bu çalışmanın Türkiye sulak alanları, kuş türü zenginliği ve yayılışının belirlenmesi açısından önemli bir eksikliği tamamlayacağı düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Sapanca Gölü havzası Marmara Bölgesi Kocaeli ve Sakarya illeri sınırları içinde yer alır (Şekil 1) ve (40 41'K - 40 44'K ve 30 09'D – 30 20'D) İzmit Körfezi'nin devamı olarak, Adapazarı Ovası'na kadar uzanan tektonik bir çukurda bulunur[6].

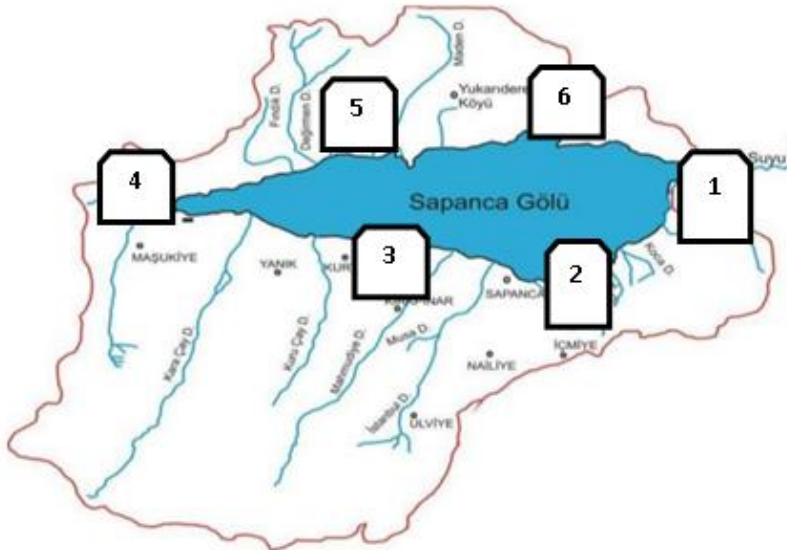


Şekil 1. Araştırma alanı ve konumu [7]

Sapanca ve çevresinde Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir iklim hüküm sürer. Ilıman iklim kuşağında yer alan Sapanca Gölü yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır[8]. Sapanca Gölü Havzasının batısında İzmit Körfezine kadar düzlük bir alan, doğusunda Sakarya nehrinin oluşturduğu Adapazarı Ovası, kuzeyinde tepeler halinde uzanan Kocaeli Platosunun doğu ucu ve güneyinde dar bir şerit halindeki Sapanca ovası sonrası dağlık bölgede yer alır. Sapanca Ovası güneyindeki Samanlı, Karadağ ve Keremali dağlarının yükseklikleri 1800-4300 m arasındadır. Dik yamaçlı bu dağlar akarsu vadileriyle bölünmüşlerdir[8]. Sapanca Gölü Havzası iklim olarak bir geçiş alanında olduğundan zengin bir flora ve sahiptir. Havza sahip olduğu nemli iklim dolayısıyla genellikle nemli ormanlar taşır. Göl, güneyde yüksek ve ormanlık olan samanlı dağları ile kuzeyde daha az yükseltili Kocaeli yarımadası yükseltileri arasında bulunur [9].

2.2. Metot

Arazi çalışmaları Mart 2022 – Şubat 2023 tarihleri arasında Sapanca Gölü’nde yapılmıştır. Gözlemler göl alanını karakterize eden 6 farklı istasyonda (Şekil 2), yaz aylarında 06.00-20.00 kış döneminde ise 08.00-17.00 saatleri arasında günü birlik arazi çalışmaları şeklinde yürütülmüştür. Hem noktasal hem de hat boyu kayıt alma yöntemleri kullanıldı.



Şekil 2. Gözlem istasyonları

Türlerin teşhisinde Türkiye ve Ortadoğu'nun Kuşları (2009) [10], Kuş Gözlemcisinin Cep Kitabı-Avrupa'nın Kuşları (2002) [11] ve TRAKUŞ' un Türkiye'nin Kuşları (2021)[12] kaynaklarından yararlanıldı. Ayrıca, arazi gözlemleri sırasında, doğrudan kuşların görülmesi esasına dayalı gözlemlerin yanı sıra, kuşlara ait ayak izi, dışkı, ses, kanat sesleri, tüy gibi iz, belirti ve işaretlerden yararlanma esasına dayalı dolaylı gözlemlerde yapıldı. Gözlemler çıplak gözle, 8X30 büyütmeli Nikon marka dürbün ile gerçekleştirildi. Türlerin fotoğraflanmasında Canon EOS 550 D marka fotoğraf makinası, Canon marka 75-300 mm ve Sigma marka 150-500 mm objektif kullanıldı. Çalışmada her bir istasyonda; türler, türe ait birey sayıları, koordinat bilgileri, bireyin görüldüğü habitat, hava durumu ve saat kayıt altına alınmıştır. Böylece türlerin; göç statüleri, yılın hangi dönemlerinde kaç bireyle alanda bulunduğu, ulusal ve uluslararası koruma statüleri, takım ve familya düzeyinde alanda temsil oranları, sıklık ve baskınlık değerleri belirlenerek tablolar halinde sunulmuştur.

Sıklık analizi

Sıklık analizi bir türün araştırma sahasındaki bulunma yüzdesini ifade etmektedir. Türün gözlem sayısı tüm gözlem sayısına bölünerek 100'le çarpımı sıklık değerini vermektedir [13].

$$\text{Sıklık}(F) = Na / Nn \times 100 \text{ (Na= Türün gözlem sayısı, Nn= Tüm gözlem sayısı)}$$

Bir komünitedeki türlerin sıklık dereceleri 5 kategoride incelenir (% 1-20 : Nadir gözlenen türler, % 21-40 : Seyrek gözlenen türler % 41-60, Genellikle gözlenen türler, % 61-80 : Çoğunlukla gözlenen türler, % 81-100 : Devamlı gözlenen türler).

Baskınlık analizi

Bir türe ait bireylerin tüm türlere ait bireylere göre yayılma alanı oranı veya bir türe ait birey sayısı ile tüm türlere ait toplam birey sayısı arasındaki oranın yüzde anlatımıdır [13].

$$\text{Baskınlık (B)} = Na / Nn \times 100 \text{ (B = Baskınlık, Na = Bir türe ait birey sayısı, Nn= Tüm türlere ait birey sayılarının toplamı)}$$

Baskınlık 5 kategoride değerlendirilmektedir (0 = Yok, + = Nadir veya çok nadir türler, 1= Populasyon büyüklüğü %5'den düşük türler, 2= Populasyon büyüklüğü %5-25 arasında olan türler, 3= Populasyon büyüklüğü %25-50 arasında olan türler, 4= Populasyon büyüklüğü %50-75 arasında olan türler, 5= Populasyon büyüklüğü %75'den fazla olan tür).

3. BULGULAR

Çalışma sahasında 16 takımdan 38 familyaya ait 88 tür kaydedilmiştir. Türlerin takım ve familyalara göre dağılımı, göç durumları, koruma statüleri, sıklık ve baskınlık değerleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Tespit edilen türlerin takım, familya, göç durumu, koruma statüleri, sıklık ve baskınlık değerleri

Sıra	Takım	Familya	Tür	Göç Durumu	IUCN (2022)	Kızıroğlu (2008)	Bern	Sıklık	Baskınlık
1	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps cristatus</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek III	68	0,79
2			<i>Tachybaptus ruficollis</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	5	0,02
3	Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax carbo</i>	KG	LC	A.3=LC	Ek III	78	0,08
4			<i>Microcarbo pygmaeus</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	83,3	1,36
5	Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Ciconia ciconia</i>	YG	LC	A.3.1=D	Ek II	10	0,01
6			<i>Ardea cinerea</i>	YG	LC	A.3.1=LC	Ek III	5	0,003
7			<i>Ardea alba</i>	YG	LC	A.3=LC	Ek II	15	0,01
8	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta garzetta</i>	YG	LC	A.3.1=D	Ek II	16,6	0,02
9			<i>Ixobrychus minutus</i>	YG	LC	A.2=LC	Ek II	10	0,01
10	Anseriformes	Anatidae	<i>Ardeola ralloides</i>	YG	LC	A.3=LC	Ek II	5	0,006
11			<i>Anas platyrhynchos</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	26	0,28
12			<i>Aythya ferina</i>	KG	VU	A.5=LC	Ek III	10	0,56
13			<i>Aythya fuligula</i>	KG	LC	A.5=LC	Ek III	15	3,45
14			<i>Netta ruffina</i>	KG	LC	A.5=LC	Ek III	5	0,01
15			<i>Aythya nyroca</i>	KG	NT	A.3=VU	Ek III	5	1,16
16	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Circus aeruginosus</i>	Y	LC	A.3=LC	Ek II	15	0,01
17	Gruiformes	Rallidae	<i>Gallinula chloropus</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	36	0,09

Sıra	Takım	Familya	Tür	Göç Durumu	IUCN (2022)	Kızıroğlu (2008)	Bern	Sıklık	Baskınlık
18			<i>Rallus aquaticus</i>	Y	LC	A.3.1=lc	Ek II	5	0,003
19			<i>Fulica atra</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	57	70,86
20		Scolopacidae	<i>Gallinago gallinago</i>	KG	LC	B.3.1=LC	Ek III	5	0,003
21			<i>Larus ridibundus</i>	KG	LC	A.5=LC	Ek III	47	7,64
22	Charadriformes		<i>Thalasseus sandvicensis</i>	KG	LC	A.3=LC	Ek II	5	0,003
23		Laridae	<i>Gelochelidon nilotica</i>	YG	LC	A.5=LC	Ek II	15	0,17
24			<i>Larus michahellis</i>	Y	LC	A4	Ek III	47	13,82
25			<i>Larus armenicus</i>	Y	LC	A.4=NT	Ek III	5	0,003
26	Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	15	0,11
27			<i>Streptopelia decaocto</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	10	0,02
28	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Y	LC	A.1.2=LC	EKII	5	0,006
29	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Alcedo atthis</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	31	0,04
30	Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus roseus</i>	Y	LC	A.3.1=LC	Ek III	10	0,003
31	Piciformes	Picidae	<i>Picus viridis</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	5	0,006
32			<i>Garrulus glandarius</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek III	15	0,05
33			<i>Pica pica</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	31	0,28
34		Corvidae	<i>Corvus frugilegus</i>	Y	LC	A.5=LC	EKII	26	0,15
35			<i>Corvus monedula</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	21	0,56
36			<i>Corvus corone</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	31	0,27
37			<i>Parus major</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	10	0,006
38		Paridae	<i>Cyanistes caeruleus</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	5	0,003
39			<i>Hirundo rustica</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek II	15	0,17
40		Hirundinidae	<i>Delichon urbicum</i>	YG	LC	A.3=LC	Ek II	10	0,02
41			<i>Phylloscopus collybita</i>	Y	LC	A.3.1=LC	Ek III	15	0,01
42		Phylloscopidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Y	LC	A.1.2.=LC	Ek III	5	0,006
43			<i>Curruca curruca</i>	YG	LC	A.2=LC	Ek II	5	0,003
44		Sylviidae	<i>Cettia cettia</i>	Y	LC	A.2=LC	Ek III	10	0,07
45			<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	YG	LC	A.3=LC	Ek III	15	0,29
46	Passeriformes	Sturnidae	<i>Sturnus vulgaris</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	5	0,03
47		Turdidae	<i>Turdus merula</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	15	0,05
48			<i>Muscicapa striata</i>	YG	LC	A.3=VU	Ek II	5	0,003
49		Muscicapidae	<i>Erethacus rubecula</i>	KG	LC	A.3=LC	Ek II	10	0,01
50			<i>Passer domesticus</i>	Y	LC	A.5=LC	Ek III	5	0,003
51		Passeridae	<i>Passer montanus</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek III	57	0,96
52			<i>Motacilla cinerea</i>	Y	LC	A.2=EN	Ek II	10	0,02
53			<i>Motacilla alba</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	26	0,13
54		Motacillidae	<i>Motacilla flava</i>	YG	LC	A.3.1=LC	Ek II	5	0,01
55			<i>Anthus spinoletta</i>	Y	LC	A.3=LC	Ek II	5	0,006
56			<i>Fringilla coelebs</i>	Y	LC	A.4=NT	Ek III	15	0,02
57			<i>Spinus spinus</i>	Y	LC	A.3=LC	Ek II	5	0,003
58		Fringillidae	<i>Carduelis carduelis</i>	Y	LC	A.3.1=D	Ek II	5	0,006
59			<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Y	LC	A.2=LC	Ek II	5	0,003
60			<i>Chloris chloris</i>	Y	LC	A.3=VU	Ek II	5	0,006
61		Remizidae	<i>Remiz pendulinus</i>	Y	LC	A.2=LC	Ek III	5	0,006

3.2. Türlerin takım ve familyalara dağılımı ve birey sayıları

Araştırma sahasında 30 tür ile en fazla temsil edilen Passeriformes takımındır (Tablo2). Bu 30 türe ait toplam 1029 birey kaydedilmiştir. Ciconiiformes, Accipitriformes, Falconiformes, Coraciiformes, Phoenicopteriformes ve Piciformes takımları ise alanda birer tür ile temsil edilmiştir. Bir tür ile temsil edilen takımlar arasında en fazla birey Coraciiformes takımından 13 birey, en az bireyle temsil edilen takım ise Piciformes ve Falconiformes takımında kaydedilen 2 bireydir.

Tablo 2. Takımlara göre tür, birey sayısı ve yüzde oranları

Takım	Tür Sayısı	Yüzde	Birey Sayısı	Yüzde
Podicipediformes	2	3,27	254	0,84
Suliformes	2	3,27	373	1,24
Ciconiiformes	1	1,63	5	0,016
Pelecaniformes	5	8,30	40	0,13
Anseriformes	5	8,30	1670	6
Accipitriformes	1	1,63	5	0,01
Gruiformes	3	4,91	20075	67,02
Charadriiformes	6	9,83	6438	21,109
Columbiformes	2	3,27	43	0,14
Phoenicopteriformes	1	1,63	3	0,010
Falconiformes	1	1,63	2	0,006
Coraciiformes	1	1,63	13	0,043
Piciformes	1	1,63	2	0,006
Passeriformes	30	49,18	1029	3,43
Toplam	61	100	29952	100

Araştırma sahasında 5 tür ile en fazla temsil edilen Ardeidae, Anatidae, Laridae, Corvidae, Fringillidae familyalarıdır. Daha sonra 4 tür ile Motacillidae, 3 tür ile Sylviidae ve Rallidae, 2 tür ile Podicipedidae, Phalacrocoracidae, Columbidae, Paridae, Hirundinidae, Phylloscopidae, Muscicapidae, Passeridae gelmektedir (Tablo3). Bir tür ile temsil edilen familyalar ise; Remizidae, Turdidae, Sturnidae, Ciconidae, Picidae, Phoenicopteridae, Alcedinidae, Falconidae, Scolopacidae, Acciptridae şeklindedir. Birey sayıları açısından karşılaştırıldığında ise; en fazla birey ile temsil edilen familya 20075 birey ile Rallidae, onu takip eden Laridae 6437 birey, Anatidae 670 birey, Corvidae 442 birey şeklindedir. En az birey ise; Remizidae, Scolopacidae 1 birey ile, Falconidae, Picidae 2'şer birey ile, Paridae 3 birey ile, Muscicapidae ise 4'er birey ile temsil edilmektedir.

Tablo 3. Familyalara göre tür, birey sayısı ve yüzde oranları

Familya	Tür Sayısı	Yüzde	Birey Sayısı	Yüzde
Podicipedidae	2	3,27	254	1
Phalacrocoracidae	2	3,27	373	1,24
Ciconidae	1	2	5	0,016
Ardeidae	5	8,19	40	0,13
Anatidae	5	8,19	670	3
Acciptridae	1	2	5	0,016
Rallidae	3	4,91	20075	68
Scolopacidae	1	2	1	0,003
Laridae	5	8,19	6437	22

<i>Familya</i>	<i>Tür Sayısı</i>	<i>Yüzde</i>	<i>Birey Sayısı</i>	<i>Yüzde</i>
Columbidae	2	3,27	43	0,2
Falconidae	1	2	2	0,006
Alcedinidae	1	2	13	0,701
Phoenicopteridae	1	2	3	0,01
Picidae	1	2	2	0,006
Corvidae	5	8,19	442	2
Paridae	2	3,27	3	0,01
Hirundinidae	2	3,27	60	0,2
Phylloscopidae	2	3,27	7	0,02
Sylviidae	3	4,91	111	0,4
Sturnidae	1	2	10	0,03
Turdidae	1	2	15	0,05
Muscicapidae	2	3,27	4	0,01
Passeridae	2	3,27	308	1,1
Motacillidae	4	6,71	53	0,2
Fringillidae	5	8,19	14	0,04
Remizidae	1	1,63	1	0,003
Toplam	61	100	29952	100

3.2. Türlerin göç özellikleri

Çalışma süresince kaydedilen 61 türün 40'u yerli (%65), 12'si yaz göçmeni (%20), 9'u (%15) kış göçmenidir (Tablo 4). Yerli olarak belirlenen 40 türe ait 25587 birey, yaz göçmeni 12 türe ait 150 birey, kış göçmeni 9 türe ait 4215 birey sayılmıştır.

Tablo 4. Göç statülerine göre tür ve birey sayıları

Göç durumu	Y	%	YG	%	KG	%	T	%	Toplam
Tür sayısı	40	65	12	20	9	15	0	0	61
Birey sayısı	25587	85,43	150	0,5	4215	14,07	0	0	29952

3.3. Türlerin koruma statüleri

IUCN (2022) Redlist'e göre kaydedilen toplam 61 türden 59'u LC (% 96,74) kategorisindedir. LC kategorisindeki türler alanda 29432 (%98,84) birey ile temsil edilmektedir. 1 tür (%1,63) NT kategorisinde 350 (%1,16), 1 tür (%1,63) VU kategorisinde 170 (%0,56) birey şeklinde alanda temsil edilmektedir (Tablo 5). Bern Sözleşmesi göre kaydedilen toplam 61 türden 31'i EK II (%50,9) yer alırken 30 tür EK III (%49,1) kategorisinde yer almaktadır. EK II' de yer alan türler 363 (%1,22), EK III' de yer alan türler 29589 (%98,78) birey ile temsil edilmektedir. Kızıroğlu (2008) tarafından hazırlanan Türkiye'nin Kuşları Kırmızı listesine göre A.1.2 kategorisinde 2 (%3,27) tür 4 (%0,01) birey, A.2 kategorisinde 9 (%14,79) tür 52 (%0,17) birey, A.3.1 kategorisinde 13 (%21,31) tür 398 birey (%1,417), A.3 kategorisinde 15 (%24,59) tür 1135 (%3,78), A.4 kategorisinde 5 (%8,19) tür 4151 birey (%13,8), A.5 kategorisinde 16 (%26,22) tür 24211 birey (%80,82), B.3.1 kategorisinde 1 (%1,63) tür 1 (%0,003) birey ile temsil edilmektedir.

Tablo 5. Türlerin koruma statülerine göre sayıları

STATÜ ADI	KATEGORİ	TÜR SAYISI	YÜZDE	BİREY SAYISI	YÜZDE
IUCN	LC	59	%96,74	29432	%98,84
	NT	1	%1,63	350	%1,16
	VU	1	%1,63	170	%0,56
TOPLAM		61	%100	29952	%100
BERN	EK II	31	%50,9	363	%1,22
	EK III	30	%49,1	29589	%98,78
TOPLAM		88	61	%100	29952
Türkiye Kuşları Kırmızı Listesi (Kızıoğlu, 2008)	A.1.2	2	%3,27	4	%0,01
	A.2	9	%14,79	52	%0,17
	A.3.1	13	%21,31	398	%1,417
	A.3	15	%24,59	1135	%3,78
	A.4	5	%8,19	4151	%13,8
	A.5	16	%26,22	24211	%80,82
	B.3.1	1	%1,63	1	%0,003
TOPLAM		61	%100	29952	%100

3.4. Türlerin sıklık ve baskınlık değeri

Tespit edilen 61 türün sıklık değerleri dağılımı; 47'si % 1-20 (Birey sayısı 2012, % 6,71), 8'i % 21-40 (Birey sayısı 593, % 1,97), 4'ü % 41-60 (Birey sayısı 26748, % 89,30), 2'si % 61-80 (Birey sayısı 599, % 1,99), 1'i %81-100 (Birey sayısı 38, % 0,03) şeklindedir (Tablo 6). Sıklık değeri en yüksek tür; *Microcarbo pygmaeus* (Küçük karabatak) olarak kaydedilmiştir. Sıklık değeri en az olan 47 tür tespit edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Türlerin sıklık değerlerine göre tür ve birey sayıları

Sıklık	% 1-20	% 21-40	% 41-60	% 61-80	% 81-100	Toplam
Tür Sayısı	47	8	4	2	1	61
Birey Sayısı	2012	593	26748	599	38	29952
Yüzde	%6,71	%1,97	%89,30	%1,99	0,03	%100

Araştırmada kaydedilen 61 türe ait baskınlık değerleri dağılımı; 58'i (3474 birey sayısı, %11,59) %5 den daha küçük, 2'si (6432 birey sayısı, %21,47) %5-25 arasında ve 1'i (20046 birey sayısı, %66,94) % 70-75 şeklindedir (Tablo 7).

Tablo 7. Türlerin baskınlık değerlerine göre tür ve birey sayısı

Baskınlık	Yok	+	<%5	%5-25	%25-50	%70-75	%75<	Toplam
Tür sayısı	0	0	58	2	0	1	0	61
Birey sayısı	0	0	3474	6432	0	20046	0	29952
Yüzde	0	0	%11,59	%21,47	0	%66,94	0	100

3.5. Aylara göre tür ve birey sayıları

Çalışma süresince göl ve çevresinde toplam 61 türe ait 29952 birey sayılmıştır. En fazla 20046 birey ile *Fulica atra* (Sakarmeke) alanda temsil edilirken, 4142 birey ile *Larus michahellis* (Gümüş martı) ikinci, *Larus ridibundus* (Karabaş martı) 2290 bireyle üçüncü, 1035 bireyle *Aythya fuligula* (Tepeli patka) dördüncü, 350 bireyle *Aythya nyroca* (Pasbaş patka) beşinci, 335 bireyle *Phalacrocorax carbo* (Büyük karabatak) altıncı sıradadır. Alanda yapılan 12 arazi çalışmasının tamamında gözlemlenen tür yoktur. 11 arazi çalışmasında da kaydedilen tür; *Phalacrocorax carbo* (Büyük karabatak) olmuştur. *Streptopelia decaocto* (Kumru) 8 birey, *Corvus corone* (Leş kargası) 81 birey, *Fulica atra* (Sakarmeke) 20046 ve *Pica pica* (Saksağan) 85 birey ile alanda temsil edilmektedir. Sadece bir arazi çalışmasında görülen türler, *Tachybaptus ruficollis*(Küçük batağan), *Chloris chloris* (Florya), *Parus majör* (Büyük baştankara), *Cyanistes caeruleus* (Mavi baştankara), *Muscicapa striata* (Benekli sinekkapan), *Phylloscopus trochilus* (Söğütbülbülü), *Pyrrhula pyrrhula* (Şakrak), *Picus viridis* (Yeşil ağaçkakan), *Spinus spinus* (Karabaşlı isket), *Ardea cinerea* (Gri balıkcıl), *Ardeola ralloides* (Alacabalıkcıl), *Gelochelidon nilotica* (Gülen sumru), *Curruca curruca* (Küçükak gerdanlı ötleğen), *Delichon urbicum* (Ev kırlangıcı), *Larus armenicus* (Vangölü martısı), *Egretta garzetta* (Küçük akbalıkcıl), *Thalasseus sandvicensis* (Kara gagalı sumru), *Motacilla flava* (Sarı kuyruksallayan) şeklindedir.

Araştırma süresince 28 (%46) tür ile Eylül en yüksek, 5 (%8) tür ile Temmuz en az sayıda tür kaydedilen aylardır. Buna karşın Eylül'de 5678 (%19) birey, Temmuz'da 100 (%0,64) birey sayılmıştır. Birey sayısı bakımından en fazla 8271 (% 23) ile Ekim'de, 74 (%0,24) ile en az birey Mart ayında kaydedilmiştir.

3.6. Mevsimlere göre tür ve birey sayıları

Çalışma sahasında mevsimlere göre tür dağılımı; ilkbahar 34, sonbahar 50, kış 57 ve yaz 28 şeklindedir (Tablo 8). Kaydedilen birey sayıları bakımından mevsimsel farklılıklar mevcuttur. En fazla birey 17020 ile sonbahar, en az birey 332 ile ilkbaharda kaydedilmiştir. Yaz mevsiminde 6664, kış mevsiminde ise 5936 birey kaydedilmiştir.

Tablo 8. Mevsimlere göre tür ve birey sayısı

Mevsim	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Toplam
Tür sayısı	50	57	34	28	61
Yüzde	81,96	93,44	55,73	45,90	100
Birey sayısı	17020	5936	332	6664	29952
Yüzde	56,82	19,81	1,17	22,9	100

3.7. İstasyonlara göre tür ve birey sayıları

Çalışma sahasında 1.istasyonda 21 tür(%34,42), 2. istasyonda 12 tür (%19,67), 3.istasyonda 10 tür (%16,39), 4. İstasyonda 39 tür (%63,93), 5.istasyonda 21 tür (%34,42), 6. istasyonda ise 20 tür (%32,78) kaydedilmiştir(Tablo 9). İstasyonlarda kaydedilen toplam birey sayıları farklılık göstermektedir. En fazla birey 11288 (%37,68) ile 1.istasyonda, en az birey ise 280 (%0,93) birey ile 2. istasyonda kaydedilmiştir. Yine 3.istasyonda 6239 (%20,82) birey, 4.istasyonda 9079 (%30,31) birey, 5.istasyonda 2392 (%7,98) birey, 6.istasyonda ise 674 (%2,28) birey kaydedilmiştir. İstasyonlarda en fazla sayıda birey sayısı kaydedilen türler; 1.istasyonda 9412 birey sayısı ile *Fulica atra* (Sakar meke), 2.İstasyonda 84 birey sayısı ile *Larus michahellis*(Gümüş martı), 3.İstasyonda 4005 birey sayısı ile *Larus michahellis*(Gümüş martı),

4.istasyonda 8309 birey sayısı *Fulica atra* (Sakar meke), 5.istasyonda 2000 birey sayısı *Fulica atra* (Sakar meke), 6. İstasyonda ise 330 birey sayısı ile *Fulica atra* (Sakar meke) şeklindedir.

Tablo 9. İstasyonlara göre tür ve birey sayısı

İstasyon	Tür Sayısı	Yüzde	Birey Sayısı	Yüzde
1. İstasyon	21	17,1	11288	37,68
2. İstasyon	12	9,8	280	0,93
3. İstasyon	10	8,1	6239	20,82
4. İstasyon	39	31,7	9079	30,31
5. İstasyon	21	17,1	2392	7,98
6. İstasyon	20	16,3	674	2,28

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma sonunda Sapanca Gölü ve çevresinde 14 takımdan 26 familyaya ait 61 kuş türü tespit edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye genelinde mevcut 24 takımın % 58'i, 76 familyanın % 34'ü ve 497 türün % 12'si Sapanca Gölü ve çevresinde temsil edilmektedir[12]. Sakarya genelinde ise mevcut 18 takımın % 77,7'si, 48 familyanın % 54,1'i, 218 türün % 27,9'u kaydedilmiştir[14].

Uzun (2010) tarafından Nisan 2008-Mart 2009 tarihleri arasında alanda gerçekleştirilen 1 yıllık benzer bir çalışmada 12 takıma ait 28 familyadan 69 tür tespit edilmiştir ve toplamda 117413 birey sayılmıştır. Bu çalışma ile takım düzeyinde karşılaştırıldığında 12 takım her iki çalışmada da ortak iken 2 takım (Suliformes ve Phoenicopteriformes) farklıdır. Familya düzeyinde karşılaştırıldığında 21 familya her iki çalışmada da ortak iken 5 familya (Alcedinidae, Phoenicopteridae, Picidae, Muscicapidae, Remizidae) sadece bu çalışmada, 6 familya (Threskiornithidae, Resurvirostridae, Charadriidae, Sternidae, Upupidae, Laniidae) ise sadece Uzun (2010) çalışmasında yer almaktadır. Benzer şekilde her iki çalışma tür düzeyinde karşılaştırıldığında 42 tür ortak iken, 27 tür (*Ardea purpurea*, *Bubulcus ibis*, *Nycticorax nycticorax*, *Plegadis falcinellus*, *Cygnus olor*, *Anas acuta*, *Aythya marila*, *Oxyura leucocephala*, *Oxyura jamaicensis*, *Buteo buteo*, *Falco tinnunculus*, *Himantopus himantopus*, *Charadrius dubius*, *Tringa hypoleucos*, *Tringa totanus*, *Larus cachinnans*, *Larus canus*, *Sterna hirundo*, *Columba oenas*, *Hirundo daurica*, *Luscinia megarhynchos*, *Oenanthe oenanthe*, *Acrocephalus scirpaceus*, *Locustella luscinioides*, *Phylloscopus sibilatrix*, *Parus caeruleus*, *Lanius collurio*) sadece Uzun (2010)'nun çalışmasında yer almaktadır. Uzun(2010)'dan farklı olarak 26 tür (*Ardea alba*, *Rallus aquaticus*, *Larus ridibundus*, *Thalasseus sandvicensis*, *Gelochelidon nilotica*, *Larus michahellis*, *Larus armenicus*, *Falco peregrinus*, *Phoenicopus roseus*, *Picus viridis*, *Corvus frugilegus*, *Corvus monedula*, *Cyanistes caeruleus*, *Hirundo rustica*, *Delichon urbicum*, *Phylloscopus trochilus*, *Curruca curruca*, *cettia cettia*, *Muscicapa striata*, *Motacilla cinerea*, *Anthus spinoletta*, *Spinus spinus*, *Carduelis Carduelis*, *Pyrrhula pyrrhula*, *Chloris chloris*, *Remiz pendulinus*) tespit edilmiştir. Buna karşın alanda tespit edilen türler göç statüleri açısından Uzun (2010) ile karşılaştırıldığında her iki çalışmada ortak olan türler benzer göç özelliğindedir.

Takım, familya ve tür sayısındaki farklılıkların üç temel nedenden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Birincisi; mevsimsel hareketlilikleri, temkinli davranma gizlenme konusundaki ustalıkları, hayatta kalma

içgüdüleri ve genellikle ürkek olmaları nedeniyle bir bölgenin kuş tür çeşitliliğinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda genellikle tam anlamıyla sayımın olası olmamasıdır. İkincisi; çalışma alanının Karadeniz ve Balkanlar üzerinden Türkiye'ye giriş-çıkış yapan göçmen türler açısından aktif bir bölgede yer almasıdır. Dolayısıyla bu durum alanın kuş türü çeşitliliğini yıllara göre değiştirebilmektedir[15]. Üçüncüsü; çalışma alanına dönük insan kaynaklı baskı çeşidi ve sayısının artmasıdır. Tür sayısındaki farklılıklardan ziyade çalışma süresince tespit edilen toplam birey sayısındaki azalma dikkat çekicidir. Uzun (2010)'a göre alanda toplamda 117413 birey sayılmış iken bu çalışmada aynı süre içinde 29952 birey kaydedilmiştir. Azalmanın sebebi; özellikle türlerin büyük topluluklar oluşturduğu geniş sazlık alanların bulunduğu daha önce yoğun olarak insanlar tarafından kullanılmayan başta 1. ve 4. istasyon olmak üzere göl çevresinde yapılan rekreasyonel çalışmalardır. Her iki istasyonun bulunduğu bölge başta gününbirlik faaliyetler olmak üzere tesisleşme buna bağlı olarak insan ziyaretleri açısından oldukça yoğun kullanılmaktadır.

Ayrıca farklı bir çalışma olan 'KIŞ ORTASI SU KUŞU SAYIMLARI' yılda bir kez Ocak veya Şubat ayında bir gün Sapanca gölünde su kuşu sayımı olarak yapılmaktadır. Bu sayımların sadece her yıl, aynı ayda, tek gün olması amaca kısmen uygun (bazı yıllar gözlem yapılamamıştır) ama senede bir kere oluşu ve sadece su kuşu sayımı oluşu nedeniyle bizim çalışmamızdan farklılık gösteriyor ve çalışmamızın daha uzun bir gözlem sürecini içermesi, daha sistematik ve düzenli verilere sahip olması yönüyle fark yaratacağı düşünülmektedir [16].

Yayınlanan KOSKS raporları incelendiğinde tür isimlerinin göl bazında belirtilmediği tespit edilmiştir. Sapanca Gölü KOSKS 2021 ve 2022 verilerine göre; Ocak 2021 tarihinde 18 su kuşu türü ve 15946 birey; Ocak 2022'de ise 10 su kuşu türü 5855 birey rapor edilmiştir [16-17-18].

Uzun ve ark.(2008)'e göre Acarlar Longozu'nda 74 Y, 49 YG, 49 KG ve 6 T olmak üzere 178 tür, Uzun ve ark. (2003)'e göre Taşkısığı Gölü'nde 29 Y, 28 YG, 13 KG ve 2 T olmak üzere 72 tür, Uzun (2003)'e göre Büyük Akgöl'de 66 Y, 44 YG, 43 KG ve 6 T olmak üzere 159 tür, Uzun ve ark. (2006)'ya göre Küçük Akgöl'de 59 Y, 38 YG, 33 KG ve 3 T olmak üzere 133 tür tespit edilmiştir. Bu çalışma bölgede bulunan Acarlar Longozu, Büyük Akgöl, Küçük Akgöl, Taşkısığı Gölü ve poyrazlar gölü ile ilgili yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında Sapanca Gölü ve çevresinde görülen 61 türden; Poyrazlar gölünde 15 tür, Taşkısığı Gölünde 29 tür, Küçük Akgöl'de 19 tür, Büyük Akgöl'de 17 tür ve Acarlar Longozu'nda 16 tür kaydedilmemiştir. Bu çalışmalar ışığında sadece Sapanca Gölü'nde görülen türler; *Microcarbo pygmaeus* (Küçük karabatak), *Thalasseus sandvicensis* (Kara gagalı sumru), *Gelochelidon nilotica* (Gülen sumru), *Larus michahellis* (Gümüş martı), *Larus armenicus*(Vangölü martısı), *Phoenicopterus roseus* (Flamingo), *Picus viridis* (Yeşil ağaçkakan), *Cyanistes caeruleus* (Mavi baştankara), *Delichon urbicum* (Ev kırlangıcı), *Phylloscopus collybita* (Bayağı çıvgın), *Phylloscopus trochilus* (Söğütbülbülü), *Curruca curruca* (Küçük kak gerdanlı ötleğen), *Erithacus rubecula* (Kızılgerdan), *Pyrrhula pyrrhula* (Şakrak), *Chloris chloris* (Florya) şeklindedir [19-20-21].

Tozlu (2019) Sapanca Gölü ile ilgili Ardeidae familyasına ait *Ardea alba*, *Egretta garzetta*, *Ardea cinerea*, Anatidae familyasına ait *Aythya fuligula* (Tepeli patka), *A. ferina* (Elmabaş patka), *Anas platyrhynchos* (Yeşilbaş ördek), *Netta rufina* (Macar ördeği) ve *Oxyura leucocephala* (Dik kuyruk) türlerini rapor etmiştir. Bu çalışmada farklı olarak Ardeidae'den *Ixobrychus minutus* (Küçük balaban) ve *Ardeola rallodies* (Alaca balıkçıl) türleri tespit edilmiştir. Tozlu (2019)'a göre Ardeidae 149 bireyle (*Ardea alba*, *Egretta garzetta*,

Ardea cinerea) alanda temsil edilirken bu çalışmada Ardeidae familyasından *Ardea alba*, *Egretta garzetta*, *Ardea cinerea* için toplam 35 birey sayılmıştır. Ardeidae tür sayısı bakımından alanda çeşitliliğini artırsa da birey sayısı bakımından önemli bir azalma göstermiştir.

Tozlu (2019) ve Uzun (2010)'dan farklı olarak alanda kaydedilemeyen *Oxyura leucocephala* (Dik kuyruk) küresel ölçekte nesli EN (Endangered) düzeyinde tehlikededir. Bu türün küresel popülasyonun önemli bir kısmı Türkiye'de kışlamak ve üremektedir. Dolayısıyla türün Türkiye'deki yayılış alanlarının belirlenmesi önemlidir. KOSK (2021, 2022)'de de türün varlığı rapor edilmemiş olmasının yanında bu çalışmada da gözlenmemiştir. Ancak Uzun (2010) ve Tozlu (2019) verilerine göre Sapanca Gölü düzenli olmasa da Dikkuyruk türünün konaklama alanlarından biridir. Dolayısıyla türün gölde varlık zamanı ve süresinin popülasyon büyüklüğü ile birlikte takip edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak; Sapanca Gölü konum ve habitat özellikleri açısından bölge ve Türkiye kuşları için önemli bir sulak alandır. Ancak bu çalışmada elde edilen veriler alana özgü literatürle kıyaslandığında gölün ornitofaunistik değerinde tür sayısı bakımından olmasa da toplam birey sayısı bakımından azalma söz konusudur. Diğer bir ifade ile Sapanca Gölü'nde barınan kuş sayısı zaman içerisinde azalmaktadır. Sapanca Gölü başta turizm olmak üzere tarım, yerleşim sanayi merkezli yoğun bir baskı altındadır. Özellikle turizm ve günübirlik faaliyetler, mart-temmuz ayları arasında oldukça yoğundur ve kuşların üreme dönemi olması nedeniyle üreme başarısına direkt olarak olumsuz etki etmektedir. Gölün doğu ve batı uçları başta olmak üzere sazlık alanların kullanıma bağlı olarak daraltılması hatta bazı kısımlarda yok edilmesi su kuşlarının üreme alanlarının küçülmesine neden olmaktadır. Bu nedenle gölün özellikle su kuşları açısından üreme alanları insan erişimine ve kullanımına en azından üreme döneminde tamamen kapatılmalıdır. Ayrıca yıl boyu geçerli olacak herhangi bir nedenden ötürü insan etkisi altına girmeyecek kadar sağlam bir kurala dayalı tampon bölgeler oluşturulmalıdır.

Finansman

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2022-7-24-130 nolu yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyanı edilmemiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde *Environmental Toxicology and Ecology* Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden *Environmental Toxicology and Ecology* ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın *Environmental Toxicology and Ecology* dışında herhangi bir akademik yayın ortamında değerlendirilmediğini beyan ederler.

KAYNAKÇA

- [1] Kasperek M., Bilgin C., (1996). Kuşlar (Aves): Türkiye Omurgalılar Tür Listesi. Tübitak, Ankara, 26-87.
- [2] Das, S.; Pradhan, B.; Shit, P.K.; Alamri, A.M. Assessment of wetland ecosystem health using the pressure–state–response (PSR) model: A case study of mursidabad district of West Bengal (India). *Sustainability* 2020, 12, 5932.
- [3] Sekercioglu, C.H. (2006). Ecological significance of bird populations. *Handbook of the Birds of the World*, 11, 15-51.
- [4] Kızıroğlu, İ.(2019):Ekolojik Potpuri2, EKOMER Yayınları ,Ankara ,320-350pp
- [5] Li, G., Hao, Y., Yang, T., Xiao, W., Pan, M., Huo, S. ve Lyu, T. (2022). Yetiştirme ortamı olarak atık su kullanılarak ham ve yağı alınmış mikroalg biyokütlesinden biyoenerji üretiminin artırılması. *Biyomühendislik* , 9 (11), 637.
- [6] Yıldırım, H. (2002). Kuzey Anadolu fay sisteminin Sapanca Gölü geçişi ve yapısal etkileri (Doctoral dissertation, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [7] www.googleearth.com (10/05/2023 16:30).
- [8] Oktaş, Ş., İyigün, E., Gündüz, B., Koçbuğ, Z. Sapanca Havzasında 1986 ve 1999 yılı su kalite değerlendirmeleri, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, D.S.İ, 2-34, (2002).
- [9] Cantürk, F. (2015). Sapanca Gölü havzası ekosistem coğrafyası. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi).
- [10] Porter, R. F., Christensen, S., & Schiermacker-Hansen, P. (2009). Türkiye ve Ortadoğu'nun Kuşları. Uzerler Matbaası, Ankara.
- [11] Hayman, P., & Hume, R. (2005). Kuş gözlemcisinin cep kitabı: Avrupa'nın kuşları. Kuş Araştırmaları Derneği.
- [12] Furtun, Ö. L., Erciyas Yavuz, K., & Karataş, A. (2021). Trakuş Türkiye'nin Kuşları. Türkiye İstanbul, İş Bankası Kültür Yayınları, 414.
- [13] Kocataş, A. (1997). Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniv. Matbaası, İzmir, 564s.
- [14] <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/dkmp%20resmi%20istatistik/kutuphane/81.pdf>
- [15] Uzun, A., Tabur, M. A., Ayvaz, Y., (2006). Küçük Akgöl Sakarya Ornitofaunası ve Kuş Türlerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi, SAÜ Fen Edebiyat Dergisi.
- [16] https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/YABAN%20HAYATI/KOSKS_Raporu_2021.pdf (10/05/2023 14:30).
- [17] Baskı, F. (2012). Waterbird Nüfus Tahminleri.

- [18] https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/YABAN%20HAYATI/KOSKS_Raporu_2022.pdf (10/05/2023 14:30).
- [19] Göktürk T., Artvinli T. & Bucak F. (2008). Artvin kuş faunası. Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 9 (1-2): 33-43.
- [20] Arslangündoğdu, Z. (2009). Sakarya Havzası sulak alanlarında aralık ayı su kuşu sayımı. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 59(2), 1-14.
- [21] Uzun, A., Tabur, M. A., & Ayvaz, Y. (2003). Taşkısığı Gölü (Sakarya) avifaunası. SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(3), 14-17.
- [22] Uzun, A., Tabur, MA ve Ayvaz, Y. (2008). Acarlar Gölü Kuşları ve Çevre Sorunları. Ekoloji Dergisi , 17 (66).
- [23] Uzun, A. (2010). Sapanca Gölü (Sakarya) Ornitofaunasının Biyoekolojisi. SAÜ Fen Edebiyat Dergisi, 1, 1-14.
- [24] Tozlu, Z. (2019). Doğu Marmara Bölgesi Bazı Göllerindeki (Sapanca Gölü, Poyrazlar Gölü, Taşkısığı Gölü, Küçük Akgöl) Ardeidae Türlerinin Biyoekolojisi ve Dağılım Haritaları (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).

Erzurum Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde Farmasötik Kalıntıların Tesbiti ve İzlenmesi: Antidepresanlar Örneği

Nuray ERDOĞDU^{1*} , Zeynep EREN¹ 

ÖZET

Bu çalışmada Covid-19 pandemisi sonrası küresel ölçekte kullanımı hızla artan antidepresan (AD) gruba ait farmasötik bileşiklerden Mirtazepine, Citalopram, Escitalopram, Mianserin, Doxepin, Clomipramine, Opipramol'den oluşan 7 hedef bileşiğin Erzurum Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde'nde (AAT) tespit edilmesi ve bir yıllık periyotta izlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Aralık 2020-Kasım 2021 döneminde 12 ay boyunca aylık numune alımı gerçekleştirilmiştir ve hedef AD bileşikler analiz edilmiştir. Aynı zamanda biyolojik bir arıtma tesisi olan Erzurum Kentsel AAT giriş ve çıkış deşarj öncesi noktalarından alınan numunelerde hedef AD bileşiklerin tespit edilmesinden sonra tesisteki arıtılabilirlikleri de incelenmiştir. Arıtma tesisinin giriş ve çıkış deşarj öncesi noktalarından alınan numunelerde hedef AD bileşiklerin tespiti amacıyla önce sıvı-sıvı ekstraksiyon yöntemi kullanılarak etil asetat (EtOAc) ile numuneler yoğunlaştırılmış ardından sıvı kromatografi-kütle spektrometresi/kütle spektrometresi (Liquid Chromatography–Mass Spectrometry/Mass Spectrometry, LC-MS/MS) metodu ile µg/L seviyesinde analiz edilmiştir. Aynı dönemde tesisten aylık olarak alınan iletkenlik, Askıda Katı Madde (AKM), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Biyolojik Oksijen İhtiyacı-beş günlük (BOİ₅) ve Toplam Azot (TN) gibi tesis işletme parametrelerinin de giderimleri incelenerek, bu parametrelerin hedef farmasötik bileşiklerin arıtılabilirliği ile ilişkisi belirlenmiştir. AD gruba ait ilaç etken maddeler arasında en yüksek konsantrasyon Opipramol olup atıksu arıtma tesisi hem giriş hem çıkış noktasında 1,945-1,991 µg/L aralığında tespit edilmiştir. Sonuç olarak, kentsel atıksuda bulunan AD grubu farmasötik kalıntıların arıtma tesisinde hemen hemen hiç arıtılmadan alıcı ortama deşarj edildiği ortaya çıkmıştır. Böylelikle çalışma ülkemizde atıksuda bulunan AD grubu bileşiklerin arıtılmadan çevresel bileşenlere katıldığını ortaya koyması ve ekotoksikolojik etkilerine dikkat çekilmesi bakımından önem taşımaktadır.

The Detection and Monitoring of Pharmaceuticals Residue in Erzurum Urban Wastewater Treatment Plants: The Case Study of Antidepressants

ABSTRACT

In this study, it was aimed to detect and monitor the 7 target residuals compounds consisting of Mirtazepine, Citalopram, Escitalopram, Mianserin, Doxepin, Clomipramine, Opipramol belonging to the antidepressant (AD) group of pharmaceuticals, increased using rapidly

Article Info

*Corresponding author:

e-mail:
nuray_babaoglu@hotmail.com

Institution: ¹ Atatürk University

Article history

Received: 01/05/2023

Accepted: February 06/09/2023

Available online: 01/10/2023

Anahtar Kelimeler:

Farmasötikler, Antidepresan, Erzurum Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi, Arıtma Verimi

Keywords:

Pharmaceuticals, Antidepressants, Erzurum Biological Wastewater Treatment Plant, Treatment Efficiency

How to Cite: N. Erdoğan, Z. Eren, "Erzurum Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde Farmasötik Kalıntıların Tesbiti ve İzlenmesi: Antidepresanlar Örneği", *Environmental Toxicology and Ecology*, c. 3, sayı. 1, ss. 104-118., 2023.

DOI: [10.59838/etoxec.1290552](https://doi.org/10.59838/etoxec.1290552)

after the Covid-19 pandemic, in Erzurum Urban Wastewater Treatment Plant (WWTP) during one year period. For this purpose, monthly sampling was carried out between December 2020-November 2021 during 12 months and target compounds was analyzed. Since, Erzurum Urban WWTP is a biological treatment plant, after the determination of the target antidepressant compounds in the samples taken from the wastewater inlet and outlet before the discharge points, their treatability was also examined in the plant. In order to detect the target AD compounds in the samples taken from the inlet and outlet pre-discharge points of the treatment plant, the samples were first concentrated with ethyl acetate (EtOAc) using the liquid-liquid extraction method and then analyzed at the level of $\mu\text{g/L}$ by the Liquid Chromatography–Mass Spectrometry/Mass Spectrometry, LC-MS/MS method. In the same period, the removal efficiencies of the plant operating parameters, consisting of conductivity, Total Suspended Solids (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand-5 day (BOD₅) and Total Nitrogen (TN) taken monthly from the plant, were also calculated and their relationship with the treatability of the target pharmaceutical compounds was also investigated. Among the all pharmaceutical residue of the AD, the highest concentration was found to belonging Opipramol, and it was detected in the range of 1.945-1,991 $\mu\text{g/L}$ at the both influent and effluent. Thus, the study is important in terms of showing that AD residue in wastewater are added to environmental components without almost any treatment percentage and drawing attention to their ecotoxicological effects at our country.

1. GİRİŞ

11 Mart 2020 tarihinde pandemi ilan edilmesine sebep olan ve altı buçuk milyondan fazla insanın ölümüne neden olan Covid-19 salgını, küresel boyuttaki en büyük salgınlardan biri olarak tarihe geçmiştir [1]. Tüm Dünyada karantina koşullarının uygulanmasına ve yaklaşık 6 ay tam kapanmanın yaşanmasına neden olan Covid-19 pandemisi beraberinde bireylerde depresyon, kaygı bozuklukları, uykusuzluk, hafıza bozuklukları, kafa karışıklığı, duygusal denge bozuklukları, travma ve travma sonrası stres haline neden olan önemli psikolojik bozukluklar meydana getirmiştir. Pandemi süreci, tüm ülkelerde paralellik göstermese bile genel olarak AD kullanımının yaygınlaşmasına ve 2015-2019 dönemine kıyasla 2020 yılında dünyada ortalama %20 daha fazla AD kullanılmasına sebep olmuştur. Bu oranlar 2020 yılının son iki ayında ise %30'a yükselmiştir [2]. Birçok çalışma Covid-19 pandemisinin ruh sağlığı sorunlarında keskin bir artışı tetiklediğini ortaya koymaktadır ve bu nedenle birinci basamak tedavi olarak AD kullanılması desteklenmektedir [3]. Toplumda yaygın AD kullanımı düşük iş verimliliği, yüksek sağlık maliyetleri, tıbbi harcamalar ve sosyal maliyetlerle ilişkilendirilmektedir. DSÖ, pandeminin getirdiği ek yük ile birlikte 2030 yılına kadar depresyonun dünya çapında en yüksek engellilik düzeyine sahip zihinsel bozukluk olacağını belirtmiştir [4].

Evsel ve endüstriyel AAT'ler, hayvan çiftlikleri, evcil hayvan barınakları, tarım ilaçları, balık yetiştiriciliği, doğrudan alıcı ortama bırakılan ilaç etken maddeler, katı atık depolama sahalarına gönderilen ilaçlar ve kişisel bakım ürünleri vb. bu kirliliğin en önemli kaynakları olarak kabul edilmektedir [5]. Ancak bu kaynaklar içerisinde kentsel kanalizasyon ve dolayısı ile AAT'ler ilaç kalıntılarının çeşitlilik ve konsantrasyon bakımından en fazla bulunduğu ve ilaç etken maddelerin çevresel matrislere karıştığı birincil kaynak olarak kabul edilmektedir. Yapılan araştırmalar su kaynaklarındaki ilaç kalıntılarının %70'inin evsel kullanım, %20'sinin tarım ve hayvancılık, %5'inin hastane atıkları ve %5'inin de noktasal olmayan kaynaklardan meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca klasik AAT'ler BOİ, KOİ, AKM, azot ve fosfor gibi temel kirlenici parametrelerin arıtımına göre tasarlanmıştır ve çoğunlukla biyobozunurlukları düşük olan ilaç etken maddeler ise bu tesislerde arıtılmamaktadır. Bu nedenle AAT'lerden oldukça çok çeşitli ve yüksek konsantrasyonlarda ilaç etken maddeler tam olarak arıtılmadan ya da daha toksik yan ürünlere dönüşerek alıcı su ortamlarına deşarj edilmektedir [6].

Binden fazla literatür çalışmasının incelenmesiyle elde edilen sonuçlar farmasötik maddelerin çeşitli çevresel matrislerde bulunduğunu ve bu sonuçların %47'sinin yüzey sularında (nehir, akarsu, ardından göller ve okyanuslar) ölçülen sonuçlardan elde edildiğini göstermektedir. Farmasötik maddelerin çevresel matrislerde analiz edilebildiği bu çalışmaların %8'ini ise yeraltı suyu ve içme suyu numuneleri oluştururken; %40'ını da sırasıyla AAT giriş suyu, arıtılmamış hastane kanalizasyonu, AAT çamuru ve arıtılmamış kentsel kanalizasyon suyu olmak üzere atıksu verileri oluşturmaktadır. Çok az sayıda çalışma ölçümlerin yeraltı suyuna ve arıtılmamış kuyu suyuna veya musluk/içme suyuna atıfta bulunmaktadır. Hayvansal farmasötikler açısından gübre ve topraktaki kalıntıların çok az olduğu ve sedimentlerdeki farmasötik kalıntılarının hiç çalışılmadığı da belirtilmiştir. Araştırma sonucuna göre Dünyada 71 ülkenin yüzey sularında en az bir farmasötik maddenin limit aşan konsantrasyonlarda olduğu da görülmektedir. Küresel olarak, çevresel su numunelerinde 713 farklı farmasötik ve bağlantılı bileşik analiz edilmiş; 631'inin ise kullanılan analitik yöntemin tespit limitlerinin üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Bunların içerisinde 127 adet biyotransformasyon ürünü ilaç bileşiği yer almaktadır. Bununla birlikte, birçok ilaç etken maddesinin dönüşüm ürünü hala bilinmemektedir [7].

Farmasötiklerin çevredeki varlıkları ve bozunma mekanizmaları ile ilgili çalışmalar son 20 yılda analitik yöntemleri içeren teknolojilerin gelişmesiyle birlikte giderek artmıştır. İlaç sektörü, son 40 yılda hızla gelişme gösteren bir endüstri koludur, bu da çevresel matrislerdeki artışının bir göstergesi kabul edilmektedir. İlaçlar, saklanma koşullarına dayanıklı ve sıvı fazda hareketlilikleri yüksek olacak şekilde üretildiği için ilaç içindeki aktif maddeler ve biyotransformasyon ürünleri, ekosistemde birikerek çeşitli etkilere sebep olabilmektedirler [8,9]. Farmasötikler genellikle bir insan veya hayvan vücuduna alındığında kimyasal bozunmaya direnmek için yavaş bozunabilir veya hatta bozunamaz şekilde tasarlandıkları için alıcı ortamlara girdiklerinde çevresel bir risk meydana getiriler. Bu nedenle bu tür maddeler, son yıllarda çevresel olarak kalıcı farmasötik kirleticiler (Environmentally Persistent Pharmaceutical Pollutants, EPPP) olarak adlandırılmaktadır. Bir kere çevresel döngüye giren ilaç kalıntıları, seyrelme, katılara adsorpsiyon, mikrobiyal parçalanma, fotoliz ya da diğer abiyotik dönüşümlere maruz kalmaktadırlar ve böylelikle hem konsantrasyonları hem içerikleri değişebilmektedir. Çevreye katılan ve çevresel kalıcı özelliğe sahip olan farmasötik bileşiklerin biyolojik aktivitesi, sucul yaşamda hedef olmayan organizmaları doğrudan olumsuz etkileyerek ekosistem sağlığı ve dayanıklılığı üzerinde uzun vadeli etkilere neden olabilmektedir. Dahası alıcı ortamlardaki canlı organizmaların üreme yeteneği üzerinde popülasyonlarını etkileyecek düzeyde etkiler meydana getirebilmektedir [10,11].

Farmasötiklerin su canlıları üzerindeki en önemli etkisinin çeşitli su canlılarının dişi veya erkek üreme sistemini etkileyerek doğurganlık sorunları ortaya çıkarması olduğu belirtilmektedir. Örneğin, bazı çalışmalarda sucul ortamlardaki alabalıkların doğurganlığını azaltıcı etkiye sahip düzeyde ilaç kalıntısı tespit edilmiş ve AD gruba ait bazı ilaç etken maddelerin de kurbağaların büyüme hızını önemli ölçüde geciktirdiği ortaya konulmuştur [12].

AD'lerin genel olarak lipid çözünürlüğü yüksek olduğundan ve insan vücudunda yalnızca %5'lik bir kısmı emilim göstermekte ve biyotransformasyona uğrayarak ana bileşik veya metabolitlerinin yüksek oranda atılmasına yol açmakta böylelikle atıksuların deşarjı vasıtasıyla bu bileşikler sucul ortamlara rahatlıkla ulaşabilmektedir. Yapılan araştırmalar AD'lerin sucul matrislerde daha fazla rapor edildiğini ortaya koymaktadır çünkü çoğu atıksu arıtma tesisi, gelecekte risk teşkil edebilecek bu tür kalıcı özelliğe sahip bileşikleri arıtmak için gerekli proseslere sahip değildir. AD'ın sucul ortamlardaki düşük biyobozunurlukları nedeniyle toprak ve sedimentlere yüksek oranda absorbe olma eğiliminde oldukları belirtilmiştir. Bu nedenle hem AD'ların atıksulardaki miktarının artması hem de çevresel kalıcılıkları ile

canlı organizmalar üzerindeki olası toksik etkileri araştırmacıların daha fazla endişe duymasına ve bu alandaki çalışmaların artmasına sebep olmaktadır [13]. AD'ların çevresel kalıcılıkları ve ekotoksitesileri ile ilgili sınırlı sayıda çalışma; sucul türler üzerinde gen transkripsiyonu, üreme döngüleri, avcı savunması ve hareketlilik üzerindeki etkileri ortaya koymaktadır [14]. Bu nedenle pandemi sürecinde AD'ların artan kullanımları ile ilişkili olarak atıksulardaki izleme çalışmaları, atıksu arıtma tesislerindeki akıbetleri, çevresel bozunma mekanizmaları, sucul canlılar üzerindeki kronik toksitesileri, metabolitlerinin ekotoksitesitesi ile farmasötiklerin birleşik toksitesitesi ile ilgili araştırmaların artırılması gerekmektedir.

ABD'de yapılan araştırmalar AD gruba ait en yaygın kullanılan ilaç etken madde olan sertralinin AAT ıkış deşarj noktalarında 1 mg/L'ye ulaşan konsantrasyonlara sahip olduğunu göstermektedir. Brezilya'da yapılmış bir çalışmada atıksuda yapılan analizlerde 50-3.000 ng/L arasında AD konsantrasyonu olduğunu göstermektedir [15]. Bu konsantrasyonların yine de sucul organizmalar üzerinde ölümcül akut toksik etkilere neden olmadığı belirtilmektedir. Ancak sertralinin sucul canlılar üzerinde enzimatik aktiviter, nörotransmitter konsantrasyonlar gibi biyokimyasal süreçleri etkileyerek kaçış refleksinin baskılanması, yırtıcı hayvanlara karşı hayatta kalma davranışında değişiklikler, gıda tüketiminin azalması veya yüzme aktivitesinin artması gibi davranış değişiklikleri gibi kronik toksik etkilere neden olduğu da bildirmiştir. Ayrıca, yumuşakçalar, kabuklular gibi omurgasızlar ile balıklar ve su böcekleri dahil olmak üzere suda yaşayan çeşitli organizmalarda sertralinin biyoakmlasyonu hakkında raporlar bulunmaktadır [16,17]. Sertralin çoğu çalışmada sucul yaşam için en yüksek risk faktörüne sahip AD olarak belirtilmektedir. Bunu sitalopram ve bupropion izlemektedir. Ancak ekosistem üzerindeki akut ve uzun vadeli etkilerini tam olarak değerlendirmek için çevresel matrislerde ADların tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Kanada'da yapılmış bir çalışmada evsel atıksu arıtma tesisinde AD bileşiklerin %40 oranında artıldığı tespit edilmiş ve deşarj noktasından alınan numunelerde yüksek konsantrasyonlarda (>0,5 g/L) bulunan antidepresan bileşiklerinin deşarjların birkaç kilometre aşağısında da toplanan nehir suyu örneklerinde kalıcı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca deşarj noktasının 10 m aşağısında citalopram ve sertralin gibi önemli AD bileşikler salyangozlarda tespit edilmiştir [18].

Sucul ortamlarda mikrokirleticilerin biyobirikimi, yalnızca kimyasallara doğrudan maruz kalan organizmaları etkilemekle kalmaz, aynı zamanda onların avcıları ve insan tüketicileri için de risk oluştırmaktadır. Çeşitli AD'ların biyoakmlasyonu, doğal koşullar altında bu bileşiklere maruz kalan suda yaşayan organizmalarda örneğin balık, yumuşakçalar, midye, kabuklu deniz hayvanları, protozoa ve laboratuvar maruziyet deneylerinde rapor edilmiştir. Bu nedenle AD bileşiklerinin biyobirikim etkisini belirlemek önemlidir [19]. İran'da yapılan başka bir çalışmada AAT'nde citalopram konsantrasyonlarının 2 g/L'ye yaklaştığı, klorlama ile belirli lde arıtlabildiği ancak klor dozunun sağlık etkilerinin dikkate alınması gerektiği ve çıkış suyunda hala en yüksek konsantrasyona sahip AD bileşiğin de citalopram olduğu belirlenmiştir [20]. Yine de literatürde AD bileşiklerin atıksuda izlendiği çalışmalar sınırlıdır. ADlar, diğer birçok ilaç etken maddesi gibi vücut tarafından kullanımından sonra idrarla atılmakta ve kanalizasyona karışmaktadır. Bu nedenle atıksu arıtma tesisleri ve kentsel atıksular bu ilaçların kalıntılarını gözlemek için en sıcak noktalardır [21,22].

Bu noktadan yola çıkılarak bu çalışmanın amacı, AD grubuna ait Mirtazepine, Citalopram, Escitalopram, Mianserin, Doxepin, Clomipramine, Opipramol'den oluşan 7 farmasötik hedef bileşiğin Erzurum Kentsel Biyolojik AAT'den pandemi sonrası süreci içerecek Şekilde Aralık 2020-Kasım 2021 döneminde aylık alınan numunelerde tespiti ve izlemesi yapılmıştır. Aynı dönemde tesisten alınan tesis işletme parametreleri olan iletkenlik, AKM, KOİ, BOİ₅ ve TN giderim verimleri de çalışmaya dahil edilerek, çalışma kapsamında analiz edilen AD grubu bileşiğiklerin arıtılabilirliği ve tesis işletme parametreleri ile ilişkisi ortaya konmaya

çalışılmıştır. Çalışma pandemi sürecinde AD kullanımının artışı belirlemek için atıksu bazlı epidemiyoloji yönteminin önemini de ortaya koymaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Erzurum Biyolojik AAT Merkez ilçe olan Aziziye ilçesine bağlı Kuşçu Köyü mevkinde bulunan Karasu nehri ve Pülür çayının kuzey bölgesinde yer almaktadır. Erzurum Biyolojik AAT, biyolojik arıtma ünitelerinde max. atıksu debisi 130.000 m³/gün olacak şekilde tasarlanmıştır. Tesisinin 1. kademesi 444.934 kişilik evsel ve 56.700 kişilik endüstriyel nüfusa; 2. Kademesi ise 528.595 kişi evsel ve 58.733 kişi endüstriyel nüfusa hizmet edebilecek şekilde inşa edilmiştir. Tablo 1’de tesisin dizayn parametreleri ile proje debileri gösterilmiştir.

Tablo 1. Erzurum Biyolojik AAT Giriş Suyu Dizayn Parametreleri ve Debi Değerleri

Parametreler, mg/L	Dizayn Değerleri	S.K.K.Y. (24 Saatlik Kompost Numune)	Debi, m ³ /h	2025 Yılı	2040 Yılı
KOİ	631	90	Min. Debi	1658	2210
BOİ ₅	321	25	Max. Debi	5434	7265
AKM	343	35	Günlük Ort. Debi	2602	3468
TN	54	10			
TP	13	-			
pH	6-9.5	6-9.5			

Hedef AD grubu ilaç etken maddelerden Doxepin, Clomipramine ve Opipramol TSA grubu AD; Mianserin ve Mirtazepine NaSSA grubu AD; Escitalopram ve Citalopram ise SSRI grubuna ait AD’dır. Tesis giriş ve çıkış deşarj noktası öncesi atıksu numunelerindeki AD gruba ait Mirtazepine, Citalopram, Escitalopram, Mianserin, Doxepin, Clomipramine, Opipramol farmasötik bileşikler LC-MS/MS (Agilent Technology 6460 Triple Quad LC/MC) cihazında analiz edilmiş ve analizler Atatürk Üniversitesi Merkezi Laboratuvarlarında (DAYTAM-Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi) gerçekleştirilmiştir. Atıksu numuneleri, numune alma koşullarına uygun olarak AAT teknik personeli tarafından alınarak hızlı bir şekilde analiz edilmek üzere laboratuvara ulaştırılmıştır. Hemen analiz edilemeyen numuneler +4 °C’de max. 48 saat saklanmıştır. LC-MS/MS işlemi öncesi numunelerdeki farmasötik bileşiğin numuneden ayrılması ve toplanması için sıvı-sıvı ekstraksiyon metodu kullanılmıştır. Bu çalışma için DAYTAM cihaz metotları göz önünde bulundurularak metoda uygunluk açısından hedef bileşiklerin geri kazanımı için etil asetat (EtOAc) kullanılmıştır. Sıvı faz ekstraksiyon işlemi ile hedef bileşiklerin organik faz olan etil asetata geçişi sağlanmıştır. Organik faz evaporatörde tamamen uzaklaştırıldıktan sonra kalan çözelti üzerine ilave edilen metanolde bileşikler tamamen çözünür hale getirildikten sonra LC-MS/MS cihazında analiz edilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Erzurum Biyolojik AAT’den Aralık 2020-Kasım 2021 dönemlerinde 12 ay boyunca tesisin giriş-çıkış başta olmak üzere belirli noktalarından alınan atıksu numunelerinde AD’ların farklı gruplarına ait 7 farklı farmasötik bileşik olan Mirtazepine, Citalopram, Escitalopram, Mianserin, Doxepin,

Clomipramine, Opipramol'un tespit edilmesi, izlenmesi ve tesisteki artırılabilirliği incelenmiştir. Ardından bu farmasötik bileşiklerin konsantrasyonları kullanılarak elde edilen arıtma verimleri ile tesisin aynı dönemdeki işletme parametreleri arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Belirtilen dönemde Erzurum Biyolojik AAT giriş ve tesis çıkış atıksu numunelerine ait debi, sıcaklık, pH, İletkenlik, AKM, KOİ, BOİ₅, TN parametrelerinin aylık ortalama değerleri sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 2. Erzurum Biyolojik AAT Giriş Atıksuyu Aylık ve Yıllık Ortalama Parametreler

	Debi		Sıcaklık, °C		pH	İletkenlik µs/cm	AKM mg/L	KOİ mg/L	BOİ ₅ mg/L	TN mg/L
	m ³ /gün	Dış ortam	Atıksu							
Ocak	70.848	-11	11	8	821	152	366			31
Şubat	75.300	-8	11	8	826	168	348	177		31
Mart	75.290	-3	11	8	843	175	321	154		27
Nisan	80.893	9	13	8	767	162	368	203		26
Mayıs	65.368	33	16	7	814	199	476	286		25
Haziran	65.787	7	18	7	833	187	485	280		26
Temmuz	71.368	11	20	8	826	216	417	252		28
Ağustos	74.287	21	20	8	783	190	361	197		27
Eylül	79.343	16	19	8	797	225	398	246		27
Ekim	92.584	6	17	8	809	205	369	210		27
Kasım	86.213	1	13	8	848	208	393	217		28
Aralık	84.997	-9	11	8	882	196	392	227		29
Ortalama	76.857	6	15	8	821	190	391	223		28

Tablo 3. Erzurum Biyolojik AAT Çıkış Atıksuyu Aylık ve Yıllık Ortalama Parametreler

	Debi	Sıcaklık	pH	İletkenlik	AKM	KOİ	BOİ ₅	TN
	m ³ /gün	°C		µs/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Ocak	66.558	11	8	694	16	34		7
Şubat	72.000	11	8	703	17	31	18	9
Mart	72.323	11	8	729	17	32	19	7
Nisan	75.620	13	8	655	14	30	17	5
Mayıs	63.813	16	8	690	14	29	17	4
Haziran	64.750	19	8	723	13	31	18	5
Temmuz	70.148	21	8	717	14	30	17	8
Ağustos	72.984	21	8	681	15	33	19	8
Eylül	78.000	20	8	664	16	32	18	9
Ekim	89.416	18	8	683	19	37	21	8
Kasım	83.877	15	8	694	15	31	18	6
Aralık	80.906	13	8	742	16	34	20	6
Ortalama	74.200	16	8	698	15	32	18	7

Aralık 2020-Kasım 2021 döneminde tesisten alınan giriş ve çıkış atıksu numunelerinde AD ilaç etken maddeler olan Mirtazepine, Citalopram, Escitalopram, Mianserin, Doxepin, Clomipramine, Opipramol konsantrasyonları LC-MS/MS ile analiz edilerek belirlenmiş ve sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'te gösterilmiştir. Aralık 2021 yılında başlayan izleme döneminin ilk üç ayında yani Aralık, Ocak ve Şubat'ta AD ilaç etken maddelerinin atıksuda mevcut olup olmadığı, görünür konsantrasyonlara ulaşım ulaşmadığının belirlenmesi için sadece izleme çalışması yapılmıştır. Bu nedenle AD ilaç etken maddeler olarak izlenecek Doxepin, Mirtazepine, Escitalopram, Mianserin, Clomipramine, Citalopram, Opipramol bileşiklerinin analizi sadece tesis giriş suyu numunelerinde gerçekleştirilmiştir. 3 ay boyunca $\mu\text{g/L}$ seviyesinde gözlemlenebilen AD ilaç etken maddelerinin sonraki aylar olan 2022 yılı Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında tesisin hem giriş hem de çıkış noktalarından alınan atıksu numunelerinde analizi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. AD Etken Maddelerin Giriş Konsantrasyonları

AD Etken Madde	Mirtazepine $\mu\text{g/L}$	Citalopram $\mu\text{g/L}$	Escitalopram $\mu\text{g/L}$	Mianserin $\mu\text{g/L}$	Doxepin $\mu\text{g/L}$	Clomipramine $\mu\text{g/L}$	Opipramol $\mu\text{g/L}$	ORT. $\mu\text{g/L}$
Aralık	1,276	0,127	0,177	-	0,411	0,516	1,991	0,643
Ocak	1,245	0,128	0,190	0,402	0,414	0,517	1,945	0,692
Şubat	1,276	0,152	0,181	0,130	0,414	0,518	1,946	0,660
Mart	1,265	0,161	0,213	-	0,417	0,518	1,951	0,646
Nisan	1,240	0,131	0,177	-	0,413	0,521	1,945	0,632
Mayıs	1,308	0,150	0,195	-	0,410	0,517	1,947	0,647
Haziran	1,270	0,127	0,188	0,028	0,411	0,516	1,949	0,641
Temmuz	1,246	0,131	0,223	0,016	0,413	0,517	1,946	0,642
Ağustos	1,251	0,130	0,181	-	0,414	0,516	1,945	0,634
Eylül	1,325	0,140	0,176	0,001	0,415	0,517	1,945	0,646
Ekim	1,305	0,152	0,178	-	0,410	0,517	1,945	0,644
Kasım	1,334	0,154	0,194	-	0,409	0,517	1,947	0,651

Tablo 4'e göre Erzurum Biyolojik AAT giriş atıksu numunelerinde AD gruba ait 7 hedef ilaç etken madde konsantrasyonları; Mirtazepine 1,240-1,334 $\mu\text{g/L}$, Citalopram 0,127-0,161 $\mu\text{g/L}$, Escitalopram 0,176-0,223 $\mu\text{g/L}$, Mianserin 0-0,402 $\mu\text{g/L}$, Doxepin 0,409-0,417 $\mu\text{g/L}$, Clomipramine 0,516-0,521 $\mu\text{g/L}$ ve Opipramol ise 1,945-1,991 $\mu\text{g/L}$ aralıklarında analiz edilebilmiştir. Buna göre hedef AD ilaç etken maddelerin Erzurum Biyolojik AAT giriş atıksu numunesinde bulunma miktarlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanması;

Opipramol>Mirtazepine>Clomipramine>Doxepin> Mianserin>Escitalopram>Citalopram olarak belirlenmiştir.

Literatür çalışmalarına göre, bu 7 hedef AD bileşiğin %51'i atıksu arıtma tesisi girişinde, %36'sı tesis çıkış suyunda, %20'si mansap sularında ve %18'i de memba suyunda tespit edilmiştir [23].

Tablo 5. AD Etken Maddelerin Çıkış Konsantrasyonları

AD Etken Madde	Mirtazepine µg/L	Citalopram µg/L	Escitalopram µg/L	Mianserin µg/L	Doxepin µg/L	Clomipramine µg/L	Opipramol µg/L	ORT. µg/L
Aralık	-	-	-	-	-	-	-	-
Ocak	-	-	-	-	-	-	-	-
Şubat	-	-	-	-	-	-	-	-
Mart	1,246	0,152	0,197	-	0,413	0,517	1,946	0,673
Nisan	1,259	0,133	0,190	-	0,413	0,516	1,946	0,637
Mayıs	1,254	0,143	0,188	-	0,418	0,516	1,945	0,698
Haziran	1,238	0,136	0,176	-	0,414	0,517	1,945	0,632
Temmuz	1,239	0,160	0,199	-	0,419	0,517	1,946	0,640
Ağustos	1,248	0,140	0,176	-	0,417	0,517	1,948	0,635
Eylül	1,294	0,146	0,203	-	0,412	0,517	1,945	0,645
Ekim	1,260	0,145	0,196	-	0,413	0,517	1,949	0,640
Kasım	1,305	0,162	0,178	-	0,410	0,516	1,946	0,645

Tablo 5'e göre ise Erzurum Biyolojik AAT çıkış deşarj öncesi noktadan alınan arıtılmış atıksu numunelerinde AD gruba ait 7 hedef ilaç etken madde konsantrasyonları; Mirtazepine 1,238-1,305 µg/L, Citalopram 0,133-0,162 µg/L, Escitalopram 0,176-0,203 µg/L, Mianserin 0-0,422 µg/L, Doxepin 0,410-0,419 µg/L, Clomipramine 0,516-0,517 µg/L ve Opipramol ise 1,945-1,949 µg/L aralıklarında analiz edilebilmiştir. ABD'de yapılmış çalışmalar AD'ların, tesis deşarj noktasından 8.4 km en uzak mansap örnekleme noktasında bile ng/L konsantrasyonlarında hem su numunelerinde hemde sedimentlerde ölçüldüğünü ortaya koyulmuştur [24]. Tablo 4 ve Tablo 5'te elde edilen analiz sonuçları kullanılarak hedef AD ilaç etken maddelerinin tesisteki arıtma verimleri hesaplanmıştır ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. AD Bileşiklerin AAT'deki Arıtma Verimleri

AD Etken Madde	Mirtazepine %	Citalopram %	Escitalopram %	Mianserin %	Doxepin %	Clomipramine %	Opipramol %
Aralık	-	-	-	-	-	-	-
Ocak	-	-	-	-	-	-	-
Şubat	-	-	-	-	-	-	-
Mart	1,457	5,421	7,597	-	1,049	0,096	0,289
Nisan	NA	NA	NA	-	0,019	0,963	NA
Mayıs	4,149	4,549	3,487	-	NA	0,138	0,080
Haziran	2,463	NA	6,211	NA	NA	NA	0,201
Temmuz	0,538	NA	10,750	NA	NA	NA	0,043
Ağustos	0,252	NA	2,860	-	NA	NA	NA
Eylül	2,334	NA	NA	NA	0,640	NA	NA
Ekim	3,472	4,295	NA	-	NA	0,091	NA
Kasım	2,130	NA	8,389	-	NA	0,308	0,069

*NA, not applicable

Tablo 6'ya göre çalışma kapsamında hedef olarak seçilen ve analiz edilebilen 7 farklı AD etken maddenin biyolojik arıtma tesisindeki arıtılabilirlikleri %0-10 aralığında gerçekleşmiştir. Bazı durumlarda çıkış suyu AD konsantrasyonu giriş suyu AD konsantrasyonundan az da olsa büyük olduğu için arıtma verimleri hesaplanamamıştır (NA). Bu durumun tesiste çamura absorbe olarak uzaklaşan AD bileşiklerinin zaman zaman tekrar desorbe olarak çıkış suyuna karışmasından ileri gelebileceği düşünülmektedir. Toplam 12 aylık izleme periyodunda her bir ilaç etken madde için arıtma verimlerini ayrı ayrı belirtmek gerekirse; Mirtazepine %0,252-4,149, Citalopram %4,295-5,421, Escitalopram %2,860-10,750, Doxepin %0,019-1,049, Clomipramine %0,091-0,963 ve Opipramol ise %0,043-0,289 arıtma verimlerine sahip olmuşlardır. Mianserin Ocak, Şubat, Haziran, Temmuz ve Eylül 2021 dönemlerinde sadece giriş suyunda 0,001-0,402 µg/L aralığında analiz edilebilirken, aynı dönemlerde arıtılmış çıkış suyunda hiç analiz edilememiştir. Analiz edilen ilaç kalıntıları µg/L seviyesinde oldukça düşük konsantrasyonlara sahip olduğundan analiz edilmeyen aylarda Mianserin konsantrasyonunun çıkış atıksu numunesinde sıfır olarak ölçüldüğünü belirtmek yani Mianserin'in tesiste tamamen arıtıldığını söylemek oldukça zordur. Nitekim literatürde Mianserin'in tamamen arıtıldığına dair çalışmalar yer almazken aksine arıtılmış sulara ve yüzey suyu numunelerinde hala Mianserin bulunduğu belirtilmektedir. Hatta bazı çalışmalar Avrupa'da bazı şehirlerin musluk suyunda bile Mianserin bulunduğunu ortaya koymaktadır [25]. Polonya'da musluk suyunda citalopram 1,5 ng/L seviyesinde tespit edilmiştir. Mianserin'in anaerobik/anoksik koşullara sahip biyolojik arıtma tesisinde %66,7 oranında arıtıldığını belirten çalışmalar da mevcuttur [26-28]. Bu çalışma kapsamında kullanılan LC-MS/MS metodunun gözlenebilirlik sınırı (LOD değeri) 0,100 µg/L olduğu için Mianserin de sadece Ocak ayı analiz sonuçlarında 0,420 µg/L'ye ulaştığı ve diğer analiz edilebilen aylarda dedeksiyon limiti sınırında ve/veya altında kaldığı için tam olarak arıtılmıştır denilemez. Bu nedenle Mianserin'in Erzurum Biyolojik AAT'de %100 arıtma verimine sahip olduğunu belirtmek için hem atıksu hem de biyolojik arıtma ünitesindeki çamur numunelerinde analiz yapılarak Mianserin'in arıtılabilirliği hakkında doğru değerlendirme yapılabilir.

Mianserin dışında diğer hedef AD bileşiklerin arıtma verimlerine bakıldığında ise en düşük arıtma verimi Opipramol'a ait olup küçükten büyüğe doğru sıralama ile; Opipramol<Clomipramine<Doxepin şeklindedir. Bu etken maddeler TSA grubu AD grubunda yer almakta ve arıtma verimleri %1 veya daha altındadır. Dolayısı ile Erzurum Biyolojik AAT'de arıtılabilirlikleri neredeyse hiç yoktur. En yüksek arıtma verimi ise Escitalopram etken maddesi için Temmuz 2021'de %10,75 olarak elde edilmiş olup Escitalopram'ı %5,421 arıtma verimi ile Citalopram ve %4,149 arıtma verimi ile Mirtazepine takip etmiştir. Escitalopram ve Citalopram AD etken maddenin Erzurum Biyolojik AAT'de arıtılabilirlikleri %5-10 aralığında değişmektedir ve Opipramol, Clomipramine ve Doxepin'e göre az da olsa arıtılabilirlik oranları daha yüksektir. Escitalopram ve Citalopram SSRI grubuna ait bir AD olarak bilinmektedir.

İlaç kalıntılarının klasik atıksu arıtım prosesleri ile giderimi zor olduğundan, sucül ortama girerek oradan içme sularına kadar ulaşmaları veya sedimentlerde birikimleri sonucu doğal yaşamı tehdit etmeleri çok olasıdır. Kullanılan çok çeşitli ilaç etken maddeler farklı kimyasal yapılarından dolayı klasik AAT'de ya arıtılamamakta veya çok düşük arıtma verimine sahip olmaktadır. AAT'lerindeki ilaç kalıntılarının arıtılabilirliği ile ilgili çalışmalar çoğunlukla giriş ve çıkış suyundaki ilaç konsantrasyonlarının tespit edilmesi ve izlenmesi esasına dayanmakta tesiste absorpsiyon, biyolojik bozunma, hava ile sıyırma reaksiyonlarından hangisine maruz kaldığı belirtilmemektedir. AAT'de genellikle çok farklı fizikokimyasal özellik gösteren ilaç etken maddelerine tek bir tip arıtma yöntemi önermek de zor olmaktadır. Ancak farmasötik bileşiklerden bazıları, atıksu arıtma esnasında biyolojik veya kimyasal yollarla bertaraf edilir veya dönüştürülürken, diğerleri nispeten değişmeden AAT'lerden geçer çünkü geleneksel AAT'ler özellikle bu bileşiklerin uzaklaştırılmasına uygun prosesler içermemektedir. Farmasötik bileşiklerin AAT'lerde arıtılabilirliği kullanılan arıtma prosesinin teknolojisine, hidrolik bekletme süresine, mevsim şartlarına ve arıtma tesisinin performansına bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir [27]. Bu

nedenle Erzurum AAT işletme parametrelerinin çalışma süresi boyunca tesisten alınan bilgiler kullanılarak aylık arıtma verimleri hesaplanmıştır ve Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Tesis İşletme Parametrelerinin Arıtma Verimleri

% Verim	İletkenlik	AKM	KOİ	BOİ ₅	TN
Ocak	15,44	89,55	90,70	-	77,01
Şubat	14,94	89,98	91,06	90,04	71,02
Mart	13,51	90,56	90,00	87,88	73,32
Nisan	14,59	91,33	91,99	91,70	80,66
Mayıs	15,18	92,98	93,87	93,98	83,87
Haziran	13,21	92,87	93,71	93,67	82,33
Temmuz	13,23	93,69	92,80	93,45	72,20
Ağustos	13,00	91,87	90,74	90,33	68,99
Eylül	16,64	92,93	91,97	92,66	65,67
Ekim	15,60	90,63	89,93	90,17	72,33
Kasım	18,17	92,98	92,07	91,85	80,09
Ortalama	14,90	91,98	91,76	91,55	75,40

Tablo 7’ye göre AD etken maddelerinin izlendiği Ocak 2021 ve Kasım 2021 döneminde Erzurum Biyolojik AAT’de AKM giderim verimi ortalama %91,98, KOİ giderim verimi ortalama %91,76, BOİ₅ giderim verimi ortalama %91,55, TN giderim verimi ise ortalama %75,40 olarak gerçekleşmiştir. Dolayısı ile tesis işletme parametrelerinin çalışma kapsamında seçilen ve analiz edilen AD gruba ait 7 ilaç etken maddenin arıtılabilirliği üzerindeki etkisi yok denilecek kadar az olarak değerlendirilmiştir.

Biyolojik arıtma tesislerinde farmasötik kalıntı bileşiklerinin uzaklaştırılması; parçalanma, adsorpsiyon, biyotransformasyon ve biyolojik bozunma yoluyla gerçekleşir. Ancak ister aerobik isterse anaerobik arıtım olsun aynı tedavi grubuna ait ilaçlar için bile, biyolojik arıtım mekanizmaları önemli ölçüde farklılık gösterir ve her bir bileşiğin bozunma hızı ile arıtma verimi büyük ölçüde değişebilir. AAT’nin biyolojik arıtma aşamasında farmasötiklerin uzaklaştırılması askıda katı maddelere adsorpsiyon prosesi ile de gerçekleşebilir. Adsorpsiyon prosesini etkileyen en önemli faktör farmasötik bileşiklerin hidrofobikliğini belirleyen Kow, oktanol-su dağılım katsayısıdır. LogKow değerleri 3’ten küçükse (<3.0) genellikle farmasötiklerin katılara adsorbe olması beklenmez. Ancak LogKow 3.0’ten ne kadar büyükse o ölçüde adsorpsiyona karşılık gelir ve tortu, çamur, toprak ve organik partiküllere adsorbe edilerek daha belirgin uzaklaştırma oranları elde edilir [27]. Bu amaçla çalışmada izlenen hedef AD bileşiklere ait literatürden elde edilebilen LogKow katsayıları ve Henry Sabiti değerleri Tablo 8’de gösterilmiştir [28]. Farmasötiklerin AAT’lerinden bir başka uzaklaşma mekanizması ise Henry Sabiti ile ifade edilmektedir. Belirgin bir uçuculuktan bahsedebilmek için Henry Sabiti $> 0,3 \times 10^{-8}$ atm m₃/mol olmalıdır [28,30], ancak bu çalışmada izlenen ve Henry sabiti bilgisine ulaşılabilen Citalopram, Escitalopram ve Clomipramine için Henry sabiti değerleri bu sınırdan küçüktür. Dolayısı ile bu bileşiklerin AAT’den buharlaşması ihmal edilmiştir.

Tablo 8. Çalışmada Kullanılan AD Bileşiklerin Kow Katsayıları ve Henry Sabitleri

AD Etken madde	LogKow	Henry Sabiti
Mirtazepine	2,9	-
Citalopram	3,58	$2,69 \times 10^{-11}$ atm m ³ /mol 25 °C
Escitalopram	3,74	$2,69 \times 10^{-11}$ atm m ³ /mol 25 °C
Mianserin	-	-
Doxepin	0,67	-
Clomipramine	4,8	$7,48 \times 10^{-9}$ atm m ³ /mol 25 °C
Opi Pramol	-	-

Ayrıca Tablo 8'deki katsayılara dayanarak Doxepin için arıtma tesisinde katılara adsorpsiyonun da bir uzaklaştırma mekanizması olmayacağı görülmektedir ($\text{LogKow}=0,67 < 3,0$). Zaten Doxepin giriş ve çıkış analiz sonuçlarından elde edilen verimler, en az arıtma verimine sahip AD grubu bileşik olduğunu göstermiştir. Mirtazepine, Citalopram ve Escitalopram'a ait LogKow değerleri ise sırasıyla 2,9; 3,58 ve 3,74 olup 3'e oldukça yakındır ve katılara çok düşük adsorpsiyonu ifade etmektedir. Çalışma kapsamında arıtma tesisi giriş ve çıkış atıksu numunelerinin analizinden elde edilen sonuçlar zaten bu üç bileşiğin sırasıyla Escitalopram için en yüksek %10,75, Citalopram için en yüksek %5,421 arıtma verimi ve Mirtazepine için ise en yüksek %4,149 arıtma verimi elde edildiğini göstermektedir. Hesaplanan bu arıtma verimi yüzdeleri bileşiklerin LogKow katsayıları ile uyumlu olup Escitalopram, Citalopram ve Mirtazepine için tesiste elde edilen çok küçük de olsa arıtma veriminin katılara adsorpsiyon şeklinde gerçekleştiği tahmin edilmiştir. Ancak Clomipramine için literatürde belirtilen LogKow katsayısı > 3 olup 4,8'dir. Bu da Clomipramine için uzaklaştırma mekanizmasının katılara adsorpsiyon şeklinde olması gerektiğini göstermektedir. AD'ların AAT'lerinde çoğunlukla aktif çamura absorbe olarak bertaraf edilmesi ile bu çamurların yaygın olarak kullanıldığı tarım alanlarında toprak kirlenmesine neden olduğu ve drenaj sonucu yüzeysel sulara bu farmasötik bileşiklerin karışması olasıdır. Bu nedenle bu bileşiklerin yalnızca arıtma tesisi giriş çıkış suyunda değil çamurlarında da analiz edilmesi için metotların geliştirilmesi gerekmektedir [8]. Çalışma kapsamında tesiste Clomipramine için elde edilen arıtma verimi %1 seviyelerinde olup oldukça düşüktür. Dolayısı ile çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçları Clomipramine için literatür verileri ile doğrulanamamıştır. Clomipramine hariç diğer bileşikler için belirtilen fizikokimyasal özellikler göz önünde bulundurulduğunda tesisteki arıtma mekanizmaları için tahmin yürütülebilmektedir. Bu nedenle alıcı ortamlardaki biyobirikim çalışmaları önem kazanmaktadır. Son olarak Tablo 9'da ise bu çalışmada izlenen ve analiz edilen AD gruba ait 7 farmasötik bileşiğin literatürde AAT'de belirlenmiş konsantrasyon aralıkları gösterilmiş ve bu çalışma kapsamında belirlenen konsantrasyon aralığı ile karşılaştırılmıştır. Mianserin ve Opi Pramol için AAT'de rapor edilmiş çalışmalara pek rastlanmazken diğer bileşikler için bu çalışmada analiz edilen değerler arasında benzerlikler görülmüştür. Ancak Erzurum Kentsel AAT'de Mirtazepine için 1,240-1,334 µg/L olarak belirlenen konsantrasyon aralığı literatürdeki AAT'de rapor edilen aralığın (0,023-0,17 µg/L) oldukça üstünedir [17]. Çalışmada Citalopram ve Escitalopram için tespit edilen konsantrasyon aralığı ise (0,127-0,161 µg/L ve 0,176-0,223 µg/L) literatürde AAT'de analiz edilen Citalopram [18, 20, 31] ve Escitalopram [32] konsantrasyon aralığından düşüktür (0,157-0,672 µg/L ve 0,05-3 µg/L). Son olarak Doxepin ve Clomipramine Erzurum Kentsel AAT'de (0,409-0,417 µg/L ve 0,516-0,521 µg/L) literatürde belirtilen aralıktan (0,005-0,016 µg/L ve 0,0028-0,0032 µg/L) daha fazla tespit edilmiştir [34, 35].

Tablo 9. Çalışmada Analiz Edilen AD Bileşiklerin Konsantrasyon Aralıkları

AD Etken madde	Bu Çalışma, µg/L	Literatür, µg/L
Mirtazepine	1,240-1,334	0,023-0,17 [17]
Citalopram	0,127-0,161	0,25 [18], 0,672 [20], 0,157-0,232 [31]
Escitalopram	0,176-0,223	0,05-3 [32]
Mianserin	0-0,402	Rapor edilmemiş
Opipramol	1,945-1,949	0.13–0.31 ng/l, nehirde [33]
Doxepin	0,409-0,417	0,005-0,016 [34]
Clomipramine	0,516-0,521	0,0028-0,0032 [35]

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada özellikle pandemi sonrası süreçte tüm dünyada kullanımı hızla artan AD grubu ilaç kalıntılarının atıksu artıma tesislerindeki varlığı, arıtılabilirliği ve sucul ortamlara deşarjı Erzurum Biyolojik AAT özelinde incelenmiştir. Çalışma literatürde AD'ların tespit edilmesi, izlenmesi ve arıtma tesislerindeki arıtılabilirliklerini ortaya koyması açısından tüm dünyada yapılan çalışmalara bölgesel düzeyde katkı sağlamaktadır. Bu amaçla AD gruba ait farmasötik bileşik Aralık 2020-Kasım 2021 periyodunda 12 ay boyunca Erzurum AAT tesisi giriş ve çıkış atıksu numunelerinden aylık alınan örneklerde analiz edilmiştir. Buna göre arıtma tesisinde hedef bileşiklerin tamamı 0,1-2 µg/L aralığında tespit edilmiştir ancak neredeyse hiç arıtılmadan tesisten çıktığı ve nehir suyuna deşarj edildiği görülmüştür.

Bu durum deşarjın yapıldığı sucul ortamdaki canlılar açısından ekolojik bir risk meydana getirmektedir.

Tesis işletme parametrelerinin aynı dönemdeki arıtma verimleri incelendiğinde BOİ₅, KOİ ve AKM için ortalama %90'dan fazla verim elde edildiği, TN için ise tesisin %70'in üzerinde arıtma verimine sahip olduğu belirlenmiştir. AD bileşiklerden Escitalopram için %10,75, Citalopram için %5,421 ve Mirtazepine için ise %4,149 en yüksek arıtma verimleri elde edilmiştir. Tesis işletme parametrelerinin yüksek verimle arıtılmasının AD bileşiklerinin giderim verimi üzerinde çok fazla etkisinin olmadığı görülmekle beraber istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki kurulabilmesi için, AD bileşiklerin daha uzun dönemler takip edilmesi gerekmektedir.

Atıksuda en yüksek konsantrasyonda bulunan AD bileşik Opipramol olup çıkış suyunda 1,945-1,949 µg/L aralığında belirlenmiştir ve arıtma verimi sifıra yakındır. AD bileşikler konusunda literatürdeki toksikolojik araştırmalar göz önüne alındığında bu bileşiklerin deşarj edildikleri noktada hızla biriken konsantrasyonları sucul yaşam ve dolayısıyla daha yüksek trofik seviyedeki organizmalar için bir tehdit oluşturacaktır. Araştırmalar dezenfeksiyon sonrası farmasötiklerin belirli oranda arıtıldığını ortaya koymaktadır. Dolayısı ile AD gibi arıtılabilirliği son derece düşük farmasötiklerin arıtılabilirliğini artırmak için arıtma tesislerine ozonlama gibi ilave ileri arıtım yöntemlerinin entegre edilmesi gerekmektedir. Ancak bu gibi ileri arıtım yöntemlerinin sahada kullanılmasından önce laboratuvar çalışmaları ile daha toksik yan ürünler üretmediği ortaya konulmalıdır. Örneğin klor ile dezenfeksiyonun yüksek dozlarda uyandırmasından kaynaklı sağlık

riskleri göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmada ortaya konulan veriler, AAT'lerinde ve sucul ortamlarda tespit edilen farmasötik kalıntılarını içeren araştırmaları zenginleştirmede yararlı olacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmez.

Araştırma ve Yayın Etiği Bildirgesi

Yazarlar, makalenin tüm süreçlerinde Environmental Toxicology and Ecology Dergisinin bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyduklarını ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapmadıklarını beyan ederler. Ayrıca karşılaşılabilecek etik ihlallerden Environmental Toxicology and Ecology ve yayın kurulunun hiçbir sorumluluğu olmadığını ve bu çalışmanın Environmental Toxicology and Ecology dışında herhangi bir akademik yayında değerlendirilmediğini beyan ederler.

KAYNAKÇA

- [1] WHO., WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard, <https://covid19.who.int>, Access Date: 7.01.2023., 2023.
- [2] Pazzagli, L., Reutfors, J., Lucian, E., Zerial, G., Perulli, A., Castelpietra, G., Increased antidepressant use during the COVID-19 pandemic: Findings from the Friuli Venezia Giulia region, Italy, 2015–2020. *Psychiatry Research*, 315, 114704, 2022.
- [3] Khan, R., Saxena, A., Shukla, S., Assessment of the impact of COVID-19 lockdown on the heavy metal pollution in the River Gomti, Lucknow city, Uttar Pradesh, India. *Environmental Quality Management*, 31(4), 41-49, 2022.
- [4] World Health Organization WHO., World Health Organization Global Burden of Disease; 2004 Update. WHO: Geneva, Switzerland, 2008.
- [5] İstanbulluoğlu, H. ve Kır, T., Sularda ilaç kirliliği. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 15(5), 2016.
- [6] Akkurt, Ş., Oğuz, M., Atıksu Arıtma Tesislerinde Mikro Kirlenmelerin Arıtılabilirliği Treatments of Micro Pollutants in Wastewater Treatment Plants. In *KSU J Eng Sci*, Vol. 22, Issue 2, 2019.
- [7] Aus der Beek, T., Weber, F. A., Bergmann, A., Hickmann, S., Ebert, I., Hein, A., Küster, A., Pharmaceuticals in the environment—Global occurrences and perspectives. *Environmental toxicology and chemistry*, 35(4), 823-835, 2016.
- [8] Dökmeci, A. H., Bazı farmasötik ilaç kalıntılarının sulardaki toksik etkileri. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye, 2009.
- [9] Saygı, Ş., Battal, D., Şahin, N., Çevre ve insan sağlığı yönünden ilaç atıklarının önemi. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 16 (2), 82-90, 2012.
- [10] Anonymous 2023a. Pharmaceutical: therapeutic substance, <https://www.britannica.com/>, Access Date: 7.01.2023, 2023.

- [11] Anonymous 2015a. USP Therapeutic Categories Model Guidelines, <https://www.fda.gov>, Access Date: 21.11.2022, 2015.
- [12] Caracciolo, A. B., Topp, E., Grenni, P., Pharmaceuticals in the environment: biodegradation and effects on natural microbial communities. A review. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 106, 25-36, 2015.
- [13] Diaz-Camal, N., Cardoso-Vera, J. D., Islas-Flores, H., Gómez-Oliván, L. M., Mejía-García, A., Consumption and occurrence of antidepressants (SSRIs) in pre-and post-COVID-19 pandemic, their environmental impact and innovative removal methods: A review. *Science of The Total Environment*, 154656, 2022.
- [14] Melchor-Martínez, E. M., Jiménez-Rodríguez, M. G., Martínez-Ruiz, M., Peña-Benavides, S. A., Iqbal, H. M., Parra-Saldívar, R., Sosa-Hernández, J. E., Antidepressants surveillance in wastewater: Overview extraction and detection. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, 100074, 2021.
- [15] Pivetta, R. C., Rodrigues-Silva, C., Ribeiro, A. R., Rath, S., Tracking the occurrence of psychotropic pharmaceuticals in Brazilian wastewater treatment plants and surface water, with assessment of environmental risks. *Science of the Total Environment*, 727, 138661, 2020.
- [16] Gornik, T., Kovacic, A., Heath, E., Hollender, J., Kosjek, T., Biotransformation study of antidepressant sertraline and its removal during biological wastewater treatment. *Water Research*, 181, 115864, 2020.
- [17] Melchor-Martínez, E. M., Jiménez-Rodríguez, M. G., Martínez-Ruiz, M., Peña-Benavides, S. A., Iqbal, H. M., Parra-Saldívar, R., Sosa-Hernández, J. E., Antidepressants surveillance in wastewater: Overview extraction and detection. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, 100074, 2021.
- [18] Metcalfe, C. D., Chu, S., Judt, C., Li, H., Oakes, K. D., Servos, M. R., & Andrews, D. M., Antidepressants and their metabolites in municipal wastewater, and downstream exposure in an urban watershed. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(1), 79-89, 2010.
- [19] Słoczyńska, K., Orzeł, J., Murzyn, A., Popiół, J., Gunia-Krzyżak, A., Koczurkiewicz-Adamczyk, P., & Pękala, E., Antidepressant pharmaceuticals in aquatic systems, individual-level ecotoxicological effects: growth, survival and behavior. *Aquatic Toxicology*, 106554, 2023.
- [20] Golbaz, S., Zamanzadeh, M., Yaghmaeian, K., Nabizadeh, R., Rastkari, N., & Esfahani, H., Occurrence and removal of psychiatric pharmaceuticals in the Tehran South Municipal Wastewater Treatment Plant. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(10), 27041-27055, 2023.
- [21] Yılmaz, C., Sakarya ilinde kanalizasyon sularında ilaç bileşiklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 2019.
- [22] Sarıkaya, M., Antidepresan ilaç kalıntılarının atık sularda izlenmesi için kromatografik yöntem geliştirilmesi. Yüksek lisans tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Türkiye, 2020.
- [23] USEPA., Final Report: The Environmental Occurrence, Fate, and Ecotoxicity of Selective Serotonin Reuptake Inhibitors (SSRIs) in Aquatic Environments, <https://cfpub.epa.gov/>, Access Date: 21.12.2022, 2007.
- [24] Schultz, M. M., Furlong, E. T., Kolpin, D. W., Werner, S. L., Schoenfuss, H. L., Barber, L. B., ... & Vajda, A. M., Antidepressant pharmaceuticals in two US effluent-impacted streams: occurrence and fate in water and sediment, and selective uptake in fish neural tissue. *Environmental science & technology*, 44(6), 1918-1925, 2010.
- [25] Wawryniuk, M., Pietrzak, A., Nałęcz-Jawecki, G., Evaluation of direct and indirect photodegradation of mianserin with high-performance liquid chromatography and short-term bioassays. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 115, 144-151., 2015.

- [26] Rezka, P., & Balcerzak, W., Occurrence Of Antidepressants–From Wastewater To Drinking Water
Występowanie Leków Przeciwdepresyjnych–Ze Ścieków Do Wody Uzdatnionej, 2016.
- [27] Sönmez, G., İleri oksidasyon prosesleri ile bazı ilaç kalıntılarının giderimi. Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, Türkiye, 2015.
- [28] Couto, C. F., Lange, L. C., Amaral, M. C., Occurrence, fate and removal of pharmaceutically active compounds (PhACs) in water and wastewater treatment plants—A review. *Journal of Water Process Engineering*, 32, 100927, 2019.
- [29] NIH, PubChem: National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information, 2023.
- [30] Gojkovic, Z., Lindberg, R. H., Tysklind, M., Funk, C., Northern green algae have the capacity to remove active pharmaceutical ingredients. *Ecotoxicology and environmental safety*, 170, 644-656, 2019.
- [31] Moreira, D. G., Aires, A., de Lourdes Pereira, M., Oliveira, M., Levels and effects of antidepressant drugs to aquatic organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 109322, 2022.
- [32] Singh, A., Saidulu, D., Gupta, A. K., Kubsad, V., Occurrence and fate of antidepressants in the aquatic environment: Insights into toxicological effects on the aquatic life, analytical methods, and removal techniques. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 109012, 2022.
- [33] Giebułtowicz, J., & Nałęcz-Jawecki, G., Occurrence of antidepressant residues in the sewage-impacted Vistula and Utrata rivers and in tap water in Warsaw, Poland. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 104, 103-109, 2014.
- [34] Wu, M., Xiang, J., Que, C., Chen, F., Xu, G., Occurrence and fate of psychiatric pharmaceuticals in the urban water system of Shanghai, China. *Chemosphere*, 138, 486-493, 2015.
- [35] Castillo-Zacarias, C., Barocio, M. E., Hidalgo-Vázquez, E., Sosa-Hernández, J. E., Parra-Arroyo, L., López-Pacheco, I. Y., ... & Parra-Saldívar, R., Antidepressant drugs as emerging contaminants: Occurrence in urban and non-urban waters and analytical methods for their detection. *Science of the Total Environment*, 757, 143722, 2021..