

e-ISSN: 2618-6551



Volume 06 Issue 02 December 2023

**Mediterranean Fisheries
& Aquaculture Research**

MedFAR

<https://dergipark.org.tr/medfar>



Mersin Üniversitesi
Mediterranean Fisheries and Aquaculture
Research (MedFAR)

e-ISSN: 2618-6551

Volume/Cilt 06 Issue/Sayı 02 (2023) December/Aralık

Articles Published in MedFAR are Licensed under Creative Common Licence



<https://dergipark.org.tr/medfar>



Mersin University
Mediterranean Fisheries and Aquaculture
Research (MedFAR)

e-ISSN: 2618-6551

Journal Boards

Editor in Chief

Prof. Dr. Mehmet Tahir ALP

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Editors

Instructor Dr. Özgür ÖZBAY

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Instructor Dr. İsmail AKÇAY

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Res. Assist. Gülsemin ŞEN AĞILKAYA

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Res. Assist. Cengiz KORKMAZ

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Section Editor

Prof. Dr. Özcan AY

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Biology

Prof. Dr. Ferbal ÖZKAN YILMAZ

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Biology, Basic Sciences

Prof. Dr. Hüseyin ÖZBİLGİN

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Fisheries

Prof. Dr. Fatih ÖĞRETMEN

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Agriculture Science

Prof. Dr. Selmin ÖZER

Mersin University, Faculty of Fisheries (Türkiye)

Fisheries

Prof. Dr. M. Tolga DİNÇER

Ege University, (Türkiye)

Processing Technology

Prof. Dr. Mohamed Salah ROMDHANE

National Agronomic Institute (Tunisia)

Ecologie marine, aquaculture

Dr. Pablo SANCHEZ-JEREZ

University of Alicante, Department of Marine

Science and Applied Biology. (Spain)

Environmental Sciences and Engineering

Editorial Advisory Board

Prof. Dr. Vahdet ÜNAL
Ege University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. Dr. Ercüment GENÇ
Ankara University,
Department of Fisheries and
Aquaculture Engineering (Türkiye)

Prof. Dr. Mustafa YILDIZ
Istanbul University
Faculty of Aquatic Sciences (Türkiye)

Dr. Fabio MASSA
Senior Expert on Aquaculture (Italy)

Prof. Dr. Catherine MARIJOULS
AgroParisTech, UMR SAD-APT,
Université Paris-Saclay (France)

Prof. Dr. Gökhan GÖKÇE
Çukurova University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. Dr. Oya IŞIK
Çukurova University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. İoannis KARAKASSİS
University of Crete,
Biology Department (Greece)

Prof. Dr. Yusuf BOZKURT
Iskenderun Technical University
Faculty of Marine Sciences and
Technology (Türkiye)

Prof. Dr. Arzu ÖZLÜER HUNT
Mersin University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. Dr. Levent BAT
Sinop University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. Dr. Özcan AY
Mersin University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. Dr. Hüseyin ÖZBİLGİN
Mersin University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Asst. Prof. Dr. John A. THEODOROU
University of Patras,
Department of Animal Production,
Fisheries & Aquaculture (Greece)

Asst. Prof. Dr. Jure BRČIĆ
University of Split,
Department of Marine Studies, (Croatia)

Prof. Dr. Fatih ÖĞRETMEN
Mersin University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. Dr. Selmin ÖZER
Mersin University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Prof. Dr. Ferbal ÖZKAN YILMAZ
Mersin University,
Faculty of Fisheries (Türkiye)

Post Graduate Davide FEZZARDI
General Fisheries Commission
for the Mediterranean (GFCM)
of the Food and Agriculture
Organization of the United
Nations (FAO) (Italy)

Specialist Houssam HAMZA
Ministry of Agriculture, (Tunisia)

Asst. Prof. Dr. Ekin AKOĞLU
Middle East Technical University,
Institute of Marine Sciences (Türkiye)



Mersin University
Mediterranean Fisheries and Aquaculture
Research (MedFAR)

e-ISSN: 2618-6551

TABLE OF CONTENTS

RESEARCH ARTICLES

Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş) Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini

Mehmet Küçükylmaz*, Ahmet Alp, Gökhan Karakaya, İbrahim Türkgülü, Gülden Arısoy, Aylin Kocalmış 37- 48

The protective role of ferulic acid against imidacloprid-induced oxidative stress in liver and brain of *Cyprinus carpio*

Ferbal Özkan Yılmaz*, Arzu Özlüer Hunt, Önder Şahin, Metin Yıldırım, Mehmet Berköz 49-59

Keşiş, Sıhke ve Gövelek Göllerinin (Van, Türkiye) Su Kalitesinin Belirlenmesi

Muhammet Demir* 60-76

Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş) Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini

Mehmet Küçükyılmaz^{*1} , Ahmet Alp² , Gökhan Karakaya¹ ,
İbrahim Türkgülü¹ , Gülden Arısoy¹ , Aylin Kocalmış¹ 

¹ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Elazığ.

² Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kahramanmaraş.

*Corresponding author e-mail: mehmet.kucukyilmaz@tarimorman.gov.tr

ÖZET

Bu çalışma, Kahramanmaraş İli-Ceyhan Nehri'nin 33 km batısında bulunan Sır Baraj Gölü'nün fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Sır Baraj Gölü'nde mevsimsel olarak yüzey, orta ve dip suyundan anlık ölçümler gerçekleştirilerek, 2021 Ocak-Aralık tarih aralığında, tespit edilen 6 istasyondan su numuneleri alınmıştır. Yıl boyunca alınan su numunelerinde sıcaklık (minimum-maksimum) (9.5-27°C), pH (7.1-8,9), çözülmüş oksijen (0.9-13.4 mg/L), elektriksel iletkenlik (107-529 µS/cm), nitrat azotu (0.0124-13.35 mg NO₃-N/L), toplam azot (1.72-7.76 mg N/L), toplam fosfor (0.001-2,16 mg P/L) olarak değerleri belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; Sır Baraj Gölü Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Kıtaİçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine göre toplam fosfor bakımından III. sınıf, çözülmüş oksijen ve amonyum azotu bakımından II. Sınıf diğer parametreler (pH, elektriksel iletkenlik, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, nitrat azotu, toplam azot ve florür) bakımından I. sınıf su olduğu belirlenmiştir. Trofik durum indeksine göre de, (Yerüstü su Kalitesi Yönetmeliği 2021) ötrofik olarak belirlenmiştir. Sır Baraj Gölü ötrofik özellikte olduğu için alabalık yetiştiriciliğinde ayrıca taşıma kapasitesi hesaplanmamıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Fizikokimyasal parametreler, Ötrof, Sır Baraj Gölü, Su Kalitesi, Yetiştiricilik

Evaluation Water Quality of Sır Dam Lake (Kahramanmaraş) in Terms of Trout Aquaculture and Carrying Capacity Estimation

ABSTRACT

This study was done to identify the physicochemical properties of Sır Dam Lake, taking place the route 33 kilometres west of Kahramanmaraş province-Ceyhan River. Seasonally, instantaneous measurements were done from the surface, middle and bottom waters of Sır Dam Lake and water samples were get from 6 determined stations in the date range January-December 2021. In water samples get throughout the year, temperature (minimum-maximum) (9.5-27°C), pH (7.1-8.9), dissolved oxygen (0.9-13.4 mg/L), electrical conductivity, (107-529 μ S/ cm), nitrate nitrogen, (0.0124-13.35 mg NO₃-N/L), total nitrogen, (1.72-7.76 mg N/L), total phosphorus (0.001-2.16 mg P/L), respectively. As a result of the study, when the Sır Dam Lake is evaluated in terms of Quality Criteria with regard to General Chemical and Physicochemical Parameters of Surface Water Quality Regulation Inland Surface Water Resources, it is determined class III according to total phosphorus, class II according to dissolved oxygen and ammonium nitrogen and class I according to other parameters (pH, electrical conductivity, chemical oxygen demand, biological oxygen demand, nitrate nitrogen, total nitrogen, fluoride) According to the trophic status index (Surface Water Quality Regulation 2021), it is determined as eutrophic. In order to Sır Dam Lake is eutrophic, its carrying capacity has not been calculated for trout aquaculture.

KEYWORDS: Physicochemical, Eutrophic, Sır Dam Lake, Water Quality, Aquaculture

How to cite this article: Küçükylmaz, M., Alp, A., Karakaya, G., Türkgülü, İ., Arısoy, G., Kocalmış, A. (2023) Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş) Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini. *MedFAR.*, 6(2):37-48

1. Giriş

Baraj gölleri tüm dünyada taşkından korumak, sulama suyu ve enerji ihtiyacı, gibi amaçlar için kurulmaktadır. Çağımızda sel ve kuraklık olaylarının artması tatlı su kaynaklarının önemini ortaya koymuştur. Bu kaynakların çevre ve su kirliliğine dikkat ederek ve fiziko-kimyasal özelliklerinin bilinerek planlı kullanılması büyük önem arz etmektedir.

İç sular ekosistemlerinde, zamanla oluşacak biyolojik, fiziksel ve kimyasal değişimlerin izlenmesinde sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir (Tekinay vd., 2006).

Su ürünleri üretimi, 2022 yılında 2021 yılına göre yüzde 6,2 artış göstererek 849 bin 808 ton gerçekleşmiştir. Aynı zamanda yüzde 14'lük artışla Alabalık üretiminde 191 bin 103 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023).

Alabalık ve sazanlar hem kültür ortamında hem de doğal ortamda yetişen türler olduklarından dolayı yetiştirme faaliyetlerinden çevresel koşulların ve fizik-kimyasal (Sıcaklık, tuzluluk, pH, çözünmüş oksijen ve amonyak) koşulların çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Çünkü bu koşullar balığın büyüme ve üreme faaliyetlerinde çok etkisi vardır (Molony, 2001).

Kontrolsüz yapılan balık üretimleri yem ve yeme bağlı atıklardan dolayı çevreyi kirletmekte ve olumsuz olarak etkilmektedir (Tekinay, 2000).

Doğal balık stok miktarlarının azalması, balık tüketiminin artması, Tarım ve Orman Bakanlığının yetiştiricilik faaliyetlerine verilen desteklerin artması, iç sularda kafeslerde alabalık yetiştiriciliğine ve üretimine ilginin artmasını sağlamıştır. Fakat barajların yetiştiriciliğe açılmadan önce taşıma kapasitesinin ve alabalık yetiştiriciliğine uygunluğunun bilinmesi elzemdir. Sır Baraj Gölü'nde yapılan 4 mevsim örneklemeler sonucunda alabalık

yetiştiriciliği bakımından uygunluğunu araştırmak amacıyla, taşıma kapasitesi, trofik seviyesi ve su kalitesi gibi konularda gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma Alanını Tanımı

Sır Barajı Ceyhan Nehri üzerinde, Kahramanmaraş ilinin 33 km batısında enerji üretimi amacıyla 1987-1991 yılları arasında inşası tamamlanmıştır. Baraj, yıllık 284 MW güç ile çalışıp 725 GWh elektrik enerjisi üretmektedir. Beton kemer gövde tipi olan barajın; talvegden yüksekliği 116 m, gövde hacmi 494 dm³, normal su kotunda gölalanı 48 km² 'dir. Normal su kotunda göl hacmi 1120 hm³ dür (URL-1), (Şekil 1).

Sır Baraj Gölü'nün limnolojik özelliklerinin (kimyasal ve fiziksel) belirlenmesi gayesi ile, su örnekleri, Ocak-Aralık 2021 ayları arasında gölün yapısını homojen olarak yansıtacak şekilde belirlenen 6 istasyondan mevsimsel olarak toplanmıştır. Örneklemeler yüzey orta ve dip olarak yapılmıştır. Derinlik mevsimlere bağlı olarak değişmekle birlikte 0-55 m arasındadır. Örnekleme metodu ve istasyonların açıklaması Tablo 1'de verilmiştir.

2.2. Su Örneklerinin Alınması

Sır Baraj Gölü'nde belirlenen bütün istasyonlarda yüzey ve 2,3,4,5,6. istasyonlarda orta ve dip suyundan mevsimsel olarak su örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri derinde Nansen şişesi, yüzeyde elle daldırma ile anlık olarak toplanmış ve 2 L hacimli etiketlenmiş polipropilen örnekleme şişelerine alınarak, soğutucu taşıma çantasına yerleştirilmiştir. Herhangi bir koruyucu eklenmeyen örnekler, Elazığ Su Ürünleri Enstitüsü laboratuvarına ertesi gün ulaştırılıp hemen başlanmıştır.



şekil 1. Sır Baraj Gölü'nde çalışma istasyonlarının uydu görüntüleri

Tablo 1. Örnekleme metodu ve istasyon açıklaması

Sır Baraj Gölü		
İstasyon Numarası	Örnekleme metodu	İstasyon Açıklaması
1	Yüzey (0-30 cm)	Giriş suyu
2	Yüzey (0-30 cm)-Orta-Dip	Balık yetiştiriciliği yapılan bölge
3	Yüzey (0-30 cm)-Orta-Dip	şehir arıtmasının boşaldığı bölge
4	Yüzey (0-30 cm)-Orta-Dip	Organize sanayi bölgesi deşarjı
5	Yüzey (0-30 cm)-Orta-Dip	Körsulu deresi deşarjı
6	Yüzey (0-30 cm)-Orta-Dip	Çıkış suyu (gövde)

2.3. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Tüm istasyonlarda örnek alımları sırasında su numunelerinin sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen konsantrasyonları ve oksijen doygunluğu değerleri her mevsim YSI 6600 V2 Model Ölçüm Cihazı ölçüm cihazı ile arazide ölçülmüştür. Arazi alışmaları sırasında uygun kaplara alınan yeterli miktarda su numuneleri, uygun muhafaza koşulları altında laboratuvara getirilmiştir. Analiz parametreleri ve ölçüm metodları (APHA,

1995) Tablo 2'de verilmiştir.

2.4. Sır Baraj Gölü'nün Trofik Seviye ve Taşıma Kapasitesinin Araştırılması

Çalışmanın yürütüldüğü Sır Baraj Gölü, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde (Tablo 3) belirtilen, trofik seviye belirlenmesine yönelik hesaplamalar üzerinden değerlendirildiğinde, ötrofik olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı gölün taşıma kapasitesi hesapları yapılmamıştır.

Tablo 2. Analiz parametreleri ve ölçüm metodları (APHA, 1995)

Analiz Parametresi		Analiz Metodu
Sıcaklık		YSI 6600 V2 Model Ölçüm Cihazı
Çözünmüş Oksijen		
Oksijen Doygunluğu		
pH		
Elektriksel İletkenlik		
Işık Geçirgenliği		Seki Diski
Klorofil-a		Thermo Helios Alpha spektrometre
Biyolojik Oksijen İhtiyacı		5 günlük karbonlu inkübasyon sonunda oksijen tüketimini belirlenmesi
Kimyasal Oksijen İhtiyacı		Dikromat refluks metodu ile (Hach-Lange DR 6000 spektrofotometre)
Askıda Katı Madde		Örneğin glassfiber filtreden süzülmesi ve filtre üzerindeki kalıntının 105 °C sıcaklıkta kurutulup tartılması ile
Toplam Sertlik		EDTA titrimetrik metot ile
Toplam Alkalinite		Titrimetrik metot ile
Toplam Azot, Toplam Fosfor		Hach-Lange DR 6000 spektrofotometre
Anyonlar	Katyonlar	Dionex ICS-1000 model İyon Kromatografi cihazı.
Florür	Lityum	
Klorür	Sodyum	
Nitrit-Azotu	Amonyum-	
Nitrat-Azotu	Potasyum	
Bromür	Magnezyum	
Fosfat	Kalsiyum	
Sülfat		

Tablo 3. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine göre trofik seviye indeksi (2021)

Trofik Seviye İndeks Değeri (TSI)	Trofik Seviye	
>62	Hipertrofik	
62	Ötrofik	
60*	52	Mezotrofik
44	Oligotrofik	
≤ 29	Ultraoligotrofik	

* Baraj ve göletler için geçerlidir.

$$TSI(ORTALAMA) = [TSI(SD) + TSI(CHL) + TSI(TP) + TSI(TN)] / 4$$

*SD: Secchi Diski derinliği (m)

*CHL: Klorofil-a (µg/L)

*TP: Toplam Fosfor (µg/L)

*TN: Toplam Azot (mg/L)

Trofik Seviye İndeksi Hesaplama Denklemleri:

$$TSI(SD) = 60 - 14.41 \cdot \ln(SD)$$

$$TSI(CHL) = 9.81 \cdot \ln(CHL) + 30.6$$

$$TSI(TP) = 14.42 \cdot \ln(TP) + 4.15$$

$$TSI(TN) = 54.45 + 14.43 \cdot \ln(TN)$$

2.5. Veri Değerlendirme

Proje süresince elde edilen fizikokimyasal değişkenler, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinin su kalite ve trofik seviye indeksleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. (Anonim, 2012).

3. Bulgular

Sır Baraj Gölü sıcaklık değerlerinin 9,5 ile 27 °C arasında değişim gösterdiği en yüksek değerin yaz mevsiminde 3. istasyonda yüzey suyunda, en düşük değerin ilkbahar mevsiminde dip suyunda ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0,9 ile 13,4 mg/L arasında değişim göstermiştir. En düşük değer sonbahar mevsiminde 6. istasyonda dip suyunda, en yüksek değer yine Sonbahar mevsimde 2. istasyonda yüzey suyunda gerçekleşmiştir. pH değerleri 7,1 ile 8,9 arasında değiştiği en yüksek pH İlkbaharda 1., 4. ve 6. istasyonlarda, en az pH ise Sonbaharda 3. istasyonda yüzey ve orta suyunda ölçülmüştür. En düşük elektriksel iletkenlik miktarı 107 μ S/cm olarak kış mevsiminde 3. istasyonda dip suyunda ve en üst elektriksel iletkenlik miktarı 549 μ S/cm olarak kış mevsiminde 6. İstasyonda dip suyunda ölçülmüştür. Seki diski görünürlüğü 0,3 m. ile 3,3 m. arasında değişim göstermiş ve en yüksek kış mevsiminde 6. istasyonda, en düşük ise sonbaharda 3. istasyonda ölçülmüştür. Sır Baraj Gölü'nde en az nitrat düzeyi 0,0124 mg NO₃⁻-N/L olarak kış mevsiminde 5. istasyonda dip suyunda ve en yüksek nitrat düzeyi 13,35 mg NO₃⁻-N/L olarak ilkbahar mevsiminde 3. istasyonda orta derinlikde ölçülmüş, yıl boyu

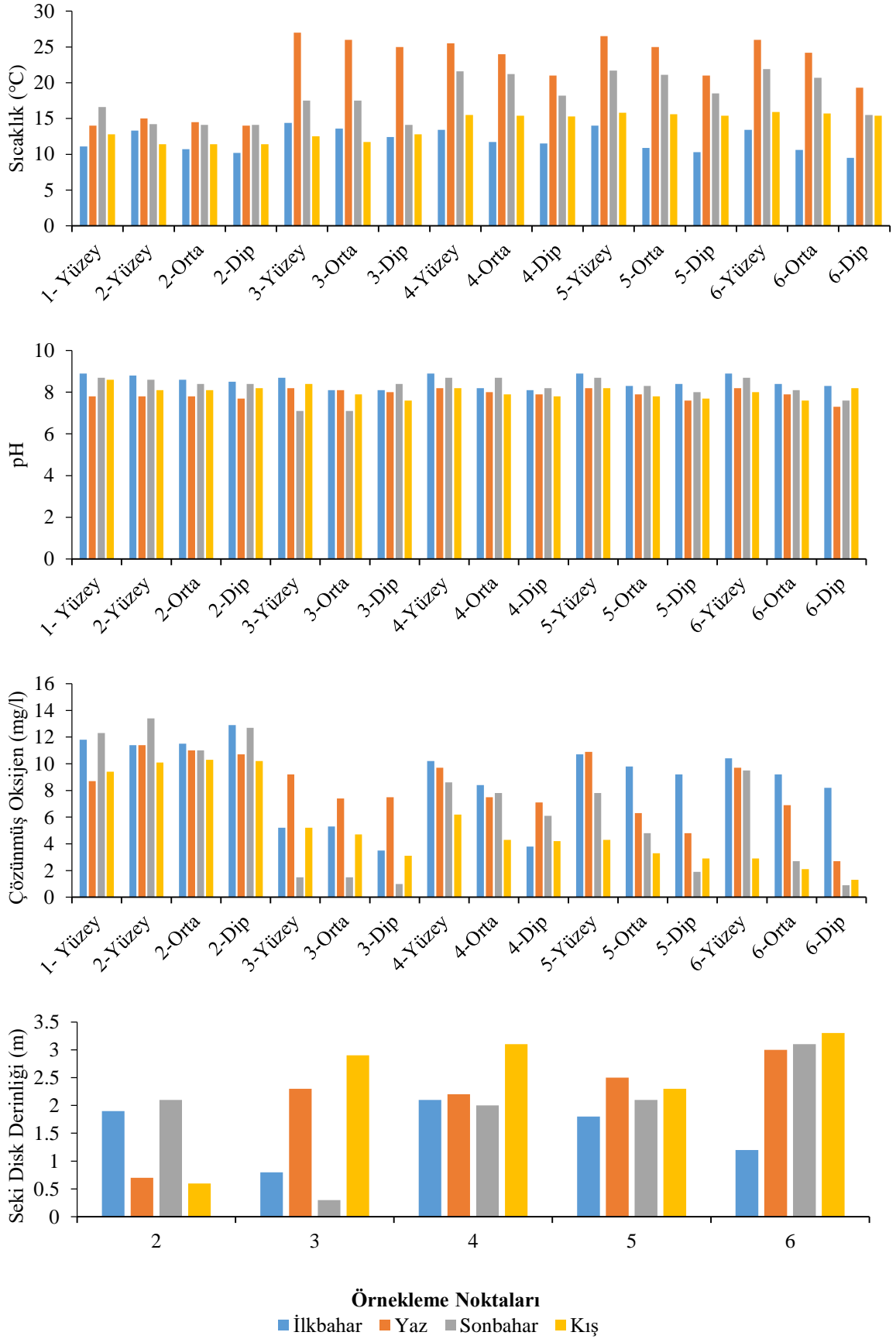
ortalama nitrat miktarı 2,96±4,57 mg NO₃⁻-N/L olarak hesaplanmıştır. Sır Baraj Gölü'n de en az toplam azot miktarı 1,72 mg N/L olarak kış mevsiminde 1. istasyonda yüzey suyunda ve en fazla toplam azot miktarı 7,76 mg N/L olarak sonbahar mevsiminde 3. istasyonda orta derinlikde ölçülmüş, yıl boyu ortalama toplam azot düzeyi yüzey sularında 3,31±0,7 mg N/L olarak hesaplanmıştır. Sır Baraj Gölü'nde en düşük toplam fosfor miktarı 0,001 mgP/L olarak ilkbahar mevsiminde 2. istasyonda yüzeyde ve en yüksek toplam fosfor miktarı 2,16 mgP/L olarak kış mevsiminde 5. istasyonda orta derinlikde ölçülmüştür. Genel olarak yıl boyu ortalama toplam fosfor miktarı 0,243±0,82 mgP/L olarak belirlenmiştir. Göl suyunda ölçülen fizikokimyasal bulguları tablo 4 ve şekil 2 ve 3' de verilmiştir.

Sır Baraj Gölünü istasyon bazında yerüstü su kalitesi kriterlerine göre değerlendirildiğinde çıkan sonuçlar istasyon 3'de gölün kirlenmeye başladığını göstermektedir (Tablo 3).

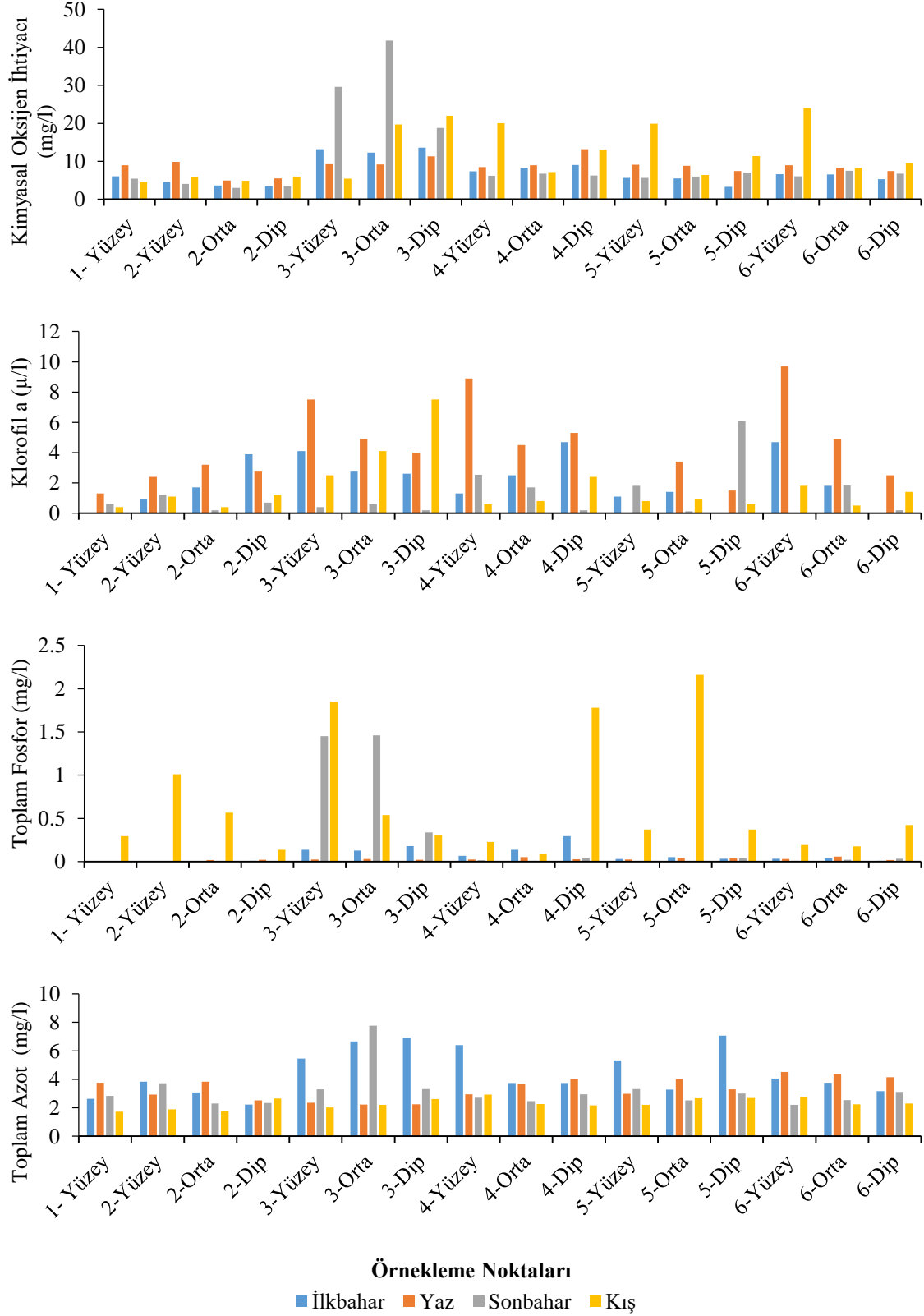
Sır Baraj Gölü'nde sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen ve secchi disk değerlerinin istasyonlara göre değişimi şekil 2'de, kimyasal oksijen ihtiyacı, klorofil a, toplam fosfor ve toplam azot değerlerinin istasyonlara göre değişimi ise şekil 3' de verilmiştir. Kıtaıçı Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Sır Baraj Gölü'nde fiziksel ve kimyasal parametrelerin ortalama değerleri ve sınıfları Tablo 4'de Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (Anonim, 2021) göre Sır Baraj Gölü trofik seviye hesaplamaları ise Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 3. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim, 2012) göre Sır Baraj Gölü istasyon bazında su kalitesi sınıfları

Su Kalite Parametreleri	İst. 1	İst. 2	İst. 3	İst. 4	İst. 5	İst. 6
pH	I	I	I	I	I	I
İletkenlik (μ S/cm)	I	I	I	II	II	II
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	I	I	III	II	II	III
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	I	I	I	I	I	I
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	I	I	I	I	I	I
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	I	I	I	I	I	I
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	I	I	II	II	II	I
Toplam Azot (mg N/L)	I	I	II	I	II	I
Toplam fosfor (mg P/L)	I	II	III	III	III	II
Florür (mg/L)	I	I	I	I	I	I



Şekil 2. Sır Baraj Gölü'nde sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen ve seki disk değerlerinin istasyonlara göre değişimi



Şekil 3. Sır Baraj Gölü'nde kimyasal oksijen ihtiyacı, klorofil a, toplam fosfor ve toplam azot değerlerinin istasyonlara göre değişimi

Tablo 4. Kıtaıçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Sır Baraj Gölü'nde fiziksel ve kimyasal parametrelerin ortalama değerleri ve sınıfları (Anonim 2012).

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			Sır Baraj Gölü							
	I	II	III	Yüzey		Orta		Dip		Genel	
				Ortalama	Sınıf	Ortalama	Sınıf	Ortalama	Sınıf	Ortalama	Sınıf
pH	6-9	6-9	6-9	8,4	I	8,1	I	8	I	8,16	I
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	> 8	6	<6	8,77	I	6,79	II	5,73	III	7,10	II
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	>1000	338	I	356	I	346	I	347	I
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	>50	9,8	I	9,4	I	9,2	I	9,5	I
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	< 0,2	1	>1	0,15	I	0,51	II	0,46	II	0,36	II
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	8	>8	1,4	I	1,3	I	1,5	I	1,40	I
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 3	10	>10	0,6	I	0,71	I	0,61	I	0,67	I
Toplam Azot (mg N/L)	< 3,5	11,5	>11,5	3,30	I	3,40	I	3,30	I	3,32	I
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	>0,2	0,242	III	0,279	III	0,206	III	0,242	III
Florür (mg/L)	< 1	1,5	>1,5	0,19	I	0,04	I	0,17	I	0,10	I

Tablo 5. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim, 2021) göre Sır Baraj Gölü trofik seviye hesaplamaları

	Yüzey	Orta	Dip	Genel
	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
Toplam fosfor (µg/L)	242,00	279,00	206,00	243,00
Klorofil a (µg/L)	2,70	2,10	2,70	2,50
Secchi disk derinlik (m)	2,00			2,00
Toplam azot (mg/l)	3,30	3,40	3,30	3,30
TSI (TP)	83,30	85,35	80,98	83,36
TSI (CHL)	40,34	37,88	40,34	39,59
TSI (SD)	50,01			50,01
TSI (TN)	71,68	72,11	71,68	71,68
Ortalama	61,33	65,11	64,33	61,16
Trofik Seviye	Ötrofik	Hipertrofik	Hipertrofik	Ötrofik

4. Tartışma

4.1. Su Kalitesi

Sır Baraj Gölü 1. istasyon olarak belirlenen giriş suyu genel parametreler bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliklerine (Anonim, 2012), göre değerlendirildiğinde; pH, iletkenlik, kimyasal oksijen ihtiyacı, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam azot, florür, amonyum azotu, toplam fosfor ve nitrat azotu bakımından I. sınıf, olarak tespit edilmiştir. 2. istasyon olarak belirlenen balık çiftliklerinden sonraki istasyonda, toplam fosfor II. Sınıf, diğer parametreler ise I. sınıf kalite

su olarak belirlenmiştir. Burada toplam fosforun II. sınıf olarak belirlenmesi balık çiftliklerinin etkisini göstermektedir. 3. istasyon olarak belirlenen Aksu Deresi'nin boşaldığı alan olan bölge en sorunlu bölge olarak tespit edilmiştir. Şehir kanalizasyonu ve çeşitli fabrika atıkları Aksu Deresi aracılığı ile buraya boşalmaktadır. Bunun sonucu olarak 3. istasyon amonyum azotu, toplam azot, toplam fosfor yönünden II. sınıf, çözünmüş oksijen yönünden III. sınıf su olarak tespit edilmiştir. 3. istasyon etkisinde kalan 4,5 ve 6. istasyonlarda su kalitesi düşmüştür (Tablo 3). Bu çalışmada bulunan fiziksel ve kimyasal parametrelere ait sonuçlar Su Kirliliği Kontrolü ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliklerine

(Anonim, 2012), göre değerlendirildiğinde Sır Baraj Gölü genel parametrelere bakıldığında; pH, elektriksel iletkenlik, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, nitrat azotu, toplam azot ve florür yönünden I. sınıf, çözünmüş oksijen ve amonyum azotu yönünden II. sınıf, toplam fosfor yönünden III. sınıf olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Su kalitesinin belirlenmesi için sudaki fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerin ölçülmesi gerekmektedir (Maraşlıoğlu vd., 2017). Bu parametrelerin ölçülmesi ile suyun kirlilik durumu ve kirlenici kaynakları hakkında fikir sahibi olmak mümkündür. Ancak, buradaki en büyük zorluk ölçülmesi gereken çok sayıda parametrenin olmasıdır (Boyacıoğlu 2006). Ceyhan havzasında bulunan barajlarda ve besleyen akarsularda Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK tarafından yapılan çalışmada Ayvalı ve Kartalkaya barajları sınıf I ve II, Kandil, Sır, Menzelet ve Kılavuzlu barajları sınıf III ve IV kalitede çıkararak önemli kirlilik problemlerinin yaşandığını göstermiştir (Anonim, 2010). Bingöl ili sınırları içinde yer alan Özlüce Baraj Gölü'nde yapılan mevsimsel su kalitesi çalışmasında da bütün parametreler I. Sınıf su kalitesinde tespit edilmiş olup sadece nitrat azotu II. Sınıf olarak bulunmuştur (Örneki vd., 2015). Aydınlar çayının (Zonguldak) su kalite sınıfının III. ve IV. kalite su sınıfı olduğu görülmektedir. Bu veriler göz önüne alındığında, Çay'ın sulama ve kullanma suyu temini yapmak, rekreasyonel amaçla suyu kullanmak ve balıkçılık faaliyetlerini gerçekleştirmek mevcut haliyle uygun görülmemektedir. Bu nedenle, Aydınlar Çayı kullanılamaz hale gelmeden önce gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir (Özdoğan vd., 2021). Kahramanmaraş ilinde şehir kanalizasyon ve fabrika atıklarının arıtma olmadan aksu deresine verildiği ve bu atıkların bakteriyolojik ve kimyasal kirlenmeye neden olduğu ve bunun devam etmesi sonucu insan sağlığının tehlikeye gireceği, ivedi şekilde sıvı, katı ve kompostlama arıtma tesislerinin kurulması gerektiği vurgulanmıştır (Toroğlu vd., 2006). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde I. Sınıf kalite olan suların içme suyu temini, hayvan

üretimi, alabalık üretimi rekreasyonel amaçlar, çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar için uygun olduğu bildirilmektedir. Bu durum dikkate alınarak, I. sınıf Kalite su kaynaklarında gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapılmasının daha uygun olacağı belirtilmiştir (Folke ve Kausky 1989). Gebekirse ve Akgöl Gölü'nde yapılan su kalitesi çalışmasında elektriksel iletkenlik parametresi yönünden Gebekirse Gölü'nün III. Akgöl'ün II. sınıf, su kalitesine sahip olduğu saptanmıştır (Minareci ve Sungur 2019). Sır Baraj Gölü'nde 4.,5. ve 6. Istasyonlarda elektriksel iletkenlik bakımından II. Sınıf su çıksada genel olarak değerlendirildiğinde I.sınıf su olarak belirlenmiştir.

4.2. Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Trofik Seviye ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği 14. maddesinin (trofik seviye belirlenmesi) 5.bendinde Su sirkülasyonunun fazla olduğu mezotrofik, oligotrofik ve ultraoligotrofik baraj göllerinde veya göletlerde balık yetiştiriciliği tesislerinin, faaliyet göstermesi ifadesi bulunmaktadır (Anonim 2012). Çalışmanın yürütüldüğü Sır Baraj Gölü; Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde belirtilen trofik seviye belirlenmesine yönelik hesaplamalar üzerinden değerlendirildiğinde, trofik seviyesinin yüzey suyunda ötrofik orta derinlikte ve dip suyunda hipertrofik, genel manada bakıldığında otrifik bir göl olduğu belirlenmiştir. Howarth vd. (2000), Yüzey sularında aşırı nutriente bağlı olarak ötrifikasyonu neden olan elementlerin azot ve fosfor olduğunu belirtmişlerdir. Weysi vd., (2014), Ekbatan Rezervuarı'nın (Hamadan, İran) trofik seviyesinin hipertrofik durumda olduğunu, rezervuar havzasında fosfor ve nitrojenin kaynağı olabilecek sanayi sahasının bulunmadığını; göldeki ötrofikasyon sürecinin ana nedeninin kırsal ve tarımsal atıksular olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle barajdaki ötrofikasyonu azaltmak için uzun vadeli yönetim yöntemlerinin kullanılmasını önerilmişlerdir. Sücüllü Baraj Gölü'nde yapılan çalışmada Yerüstü Su Kalitesi

Yönetmeliği trofik durum indeksine göre Secchi diski derinliği ve toplam fosfor bakımından ötrofik olduğu gözlenirken, çözünmüş oksijen ve Klorofil-a açısından oligotrofik karakter göstermiştir. (Aslantürk ve Çetinkaya., 2022). Karacaören I Baraj Gölü'nün (Burdur) Carlson trofik durum indeksine göre mezotrofik düzeyde olduğunu belirtmiştir (Gülle 2005). Çambaşı Göleti'nde (Ordu) TSI (Toplam Fosfor), TSI(Chl-a) ve TSI(Secchi diski derinliği), sonuçlarının birbirine çok yakın olmadığını, TSI(ORT) değerinin 52,84 olarak hesaplandığını ve gölün oligo-mezotrofik özellikte olduğunu bildirmiştir (Topkara (2011). Türkiyede bulunan ve çalışma yapılmış baraj gölleri, göller ve göletlerin % 54'ü ötrofik olmaya yakın, ötrofik veya hipertrofik % 22' side ologotrofik yapıdadırlar. Ayrıca su kütesinin trofik seviyesi fitoplankton ve zooplankton yardımıyla tespit edilebilir (Minaz ve Kubilay., 2021). Sır Baraj Gölü'nde trofik seviye Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Tablo 3). göre ötrofik olarak tespit edildiğinden dolayı alabalık yetiştiriciliği açısından taşıma kapasitesi hesaplanmamıştır. Büyükçapar ve Alp (2006) Dillon and Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modelini kullanarak, Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölünün yüzey alanını 4200 ha, yıllık su yenilenme oranını 0,51, ortalama derinliği 33,7m. ve taşıma kapasitesini 6998 ton/yıl alabalık olarak tespit etmişlerdir. Buhan ve arkadaşlarının 2022 yılında Karadeniz Bölgesinde bulunan Kılıçkaya Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada baraj gölünün alabalık üretme taşıma kapasitesini 2500 ton/yıl olarak hesaplamışlardır (Buhan ve Yüzer., 2022). Küçükylmaz vd. (2021) ise Özlüce Baraj Gölünün su yenileme oranını 3,8 ve Fosfor yüküne dayanarak hesaplanan taşıma kapasitesinde tahmini olarak 21.500 ton/yıl alabalık yetiştiriciliği yapılabileceğini öngörerek periyodik alabalık yetiştiriciliği için uygun bulmuşlardır.

5. Sonuç

Sonuç olarak 380 ton kapasiteli 4 adet su ürünleri yetiştiricilik tesisi bulunan Sır Baraj

Gölü'nde mevcut tesislerin kapasite artışına ve yeni tesis kurulumuna izin verilmemesi, su kalitesinin iyileştirilmesi için su yönetimi tebliğlerinde belirtilen gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Ancak Sır Baraj Gölü'ndeki sorun ve kirlilik daha çok balık çiftliklerinden kaynaklı olmayıp, 3. istasyonda Aksu Deresi ile göle karışan fabrika ve şehir kanalizasyon atıklarından kaynaklı olduğu gözlenmiştir. Buradaki kanalizasyon ve fabrika atıklarına çözüm bulunmalı ve bir an önce arıtma tesisleri devreye alınmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma, TAGEM tarafından desteklenen TAGEM/HAYSÜD/G/20/A6/P2/2323 numaralı araştırmanın bir bölümüdür.

Kaynaklar

Anonim. (2010) Kahramanmaraş Çevre ve Orman Müdürlüğü, ÇED ve Planlama Şube Müdürlüğü, Kahramanmaraş İl'i Çevre Durum Raporu, Kahramanmaraş.

Anonim. (2012) Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, Tarih: 30.12.2012, Sayı: 28483.

Anonim. (2021) Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, Tarih: 16.06.2021, Sayı: 31513.

APHA. (1995) Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition, America Public Health Association, Washington, DC, 1075 pp.

Aslantürk, A., Çetinkaya, O. (2022) Sücüllü Baraj Gölü'nün (Isparta) Trofik Durumunun Belirlenmesi . Acta Aquatica Turcica, 18 (1), 1-12. DOI: 10.22392/actaquatr.902891

Boyacioglu H., (2006) Surface water quality assessment using factor analysis, Water SA, 32(3), 389-393.

Buhan, E., Yüzer, M. (2022) Ekolojik Taşıma Kapasitesi: Fosfora Dayalı Yüklenme Modeli Kullanılarak Kılıçkaya Baraj Gölü için Taşıma Kapasitesi Tahmini. Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi, 7(3), 323-330.

Buyukcapar, H.M., A. Alp. (2006) The Carrying Capacity and Suitability of the Menzelet Reservoir (Kahramanmaraş-Turkey) for Trout Culture in Terms of Water Quality, *Journal of Applied Sciences*, 6 (13), 2774-2778.

Dillon, P.J., Rigler, F.H., (1974) A Test of Simple Nutrient Budget Model Predicting the Phosphorus Concentrations in Lake Water, *J.Fish.Res.Board.Can.*, 31 (14), 1771-1778 pp.

Folke, C., Kautsky, N. (1989) The Role of Ecosystem for a Sustainable Development of Aquaculture, *Ambio* 18(4), 234-243.

Gülle, İ. (2005) Karacaören I Baraj Gölü (Burdur) planktonunun taksonomik ve ekolojik olarak incelenmesi. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Howarth, R.W., Anderson, D., Cloern, J., Elfring, C., Hopkinson, C. (2000) Nutrient pollution of coastal rivers, bays and seas, *Issues in Ecology*, 7, 1-15.

Küçükylmaz, M., Koçer, M.A.T., Örneki, G.N., Karakaya, Uslu, A.A., Arısoy, G., Alpaslan, K., Türkgülü, İ., Özbey, N. (2021) Özlüce Baraj Gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini, *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 4 (1), s. 15-31.

Maraşlıoğlu, F., Gönüloğlu A., Bektaş S. (2017) Assessment of water quality in Mert Stream (Samsun, Turkey) base on some physicochemical parameters, *Ecology Symposium 2017 Proceedings Book of Full Papers'ın içinde*, Kayseri, Turkey, ss. 77-89.

Minareci, O., Sungur, Ö. (2019) Akgöl ve Gebekirse Göllerinde (Selçuk, İzmir, Türkiye) Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (4): 751-758

Minaz, M., Kubilay, A. (2021) Doğal arıtım sistemi: Yapay yüzen ada teknolojisinin Türkiye' deki göl, gölet ve baraj göllerinde uygulanma potansiyeli. *Aquatic Research*, 4(4), 376-394.

Molony, B.W. (2001) Environmental Requirements and Tolerances of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Brown Trout (*Salmo trutta*) with Special Reference to Western Australia: A Review, *Fish. Res. Rep. West. Aust.* 130, 28 pp.

Örneki, G.N., Akgün H., Küçükylmaz M., Özbey N., Şeker T. (2015) Özlüce Baraj Gölü (Bingöl) Su Kalitesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Parametreler Açısından Değerlendirilmesi. II. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 20-22 Mayıs, Eğirdir/ Isparta.

Özdoğan, N., Sefercik, U.G., Kılınc, Y., Çalışkan, E., Atalay, C. (2021) Su Kalitesinin İnsansız Hava Aracı Verileri ve Fiziko-kimyasal Parametrelerin Analizi ile Belirlenmesi: Aydınlar (Gülüş) Çayı Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 572-582.

Tekinay, A. A. (2000) Yetiştiriciliği Yapılan Deniz Ürünlerinin Neden Olduğu Çevre Kirliliği, 1 Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı, 259-260, İstanbul.

Tekinay, A.A., Öztürk, Ş., Güroy, D., Çevik, N., Yurdabak, F., Güroy, B.K., Özdemir, N. (2006) Göllerde Yapılan Balık Yetiştiriciliğinin Çevresel Etkileri, I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 07-09 Şubat, Antalya.

Topkara, S. (2011) Çambaşı Göleti (Kabadüz, Ordu) fitoplanktonu ve trofik yapısının incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Toroğlu E., S. Toroğlu, F. Alaaddioğlu., (2006) Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu

Kirliliği, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(1), 93-103.

TÜİK. (2023) Türkiye İstatistik Kurumu URL-1. (2019) dsi.gov.tr.

Weysi, K., Nourmoradi, H., Samarghandi, M.R., Samadi, M.T. (2014) Investigation on the trophic status of ekbatan reservoir: a drinking water supply reservoir in Iran. *Journal of Research in Health Sciences*, 14(1): 65-69.

**The protective role of ferulic acid against imidacloprid-induced oxidative stress
in liver and brain of *Cyprinus carpio***

Ferbal Özkan-Yılmaz^{*1} , Arzu Özlüer-Hunt² , Önder Şahin¹ ,
Metin Yıldırım³ , Mehmet Berköz⁴ 

¹ Department of Basic Sciences, Faculty of Fisheries, Mersin University, Mersin, Turkey

² Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Mersin University, Mersin, Turkey

³ Department of Biochemistry, Faculty of Pharmacy, Harran University, Şanlıurfa, Turkey

⁴ Department of Biochemistry, Faculty of Pharmacy, Van Yuzuncu Yil University, Van, Turkey

* Corresponding author e-mail: ferbal1111@hotmail.com

ABSTRACT

This study evaluated the potential protective effect of ferulic acid (FA) on stress induced by imidacloprid (IM) in *Cyprinus carpio* (mean weight 60.10±2.22 g). Therefore, *C. carpio* was exposed to sublethal IM concentration (2.80 mg/L) for 10 days. During the experimental period, fish were fed a basal (control) diet and a basal diet supplemented with 5 g/kg of ferulic acid. The fish were divided into four groups (n = 6 in each group). The control group was exposed to tap water (the absence of imidacloprid) fed with control diet. The FA group was exposed to tap water (the absence of IM) and was fed with FA supplemented diet. The liver and brain tissues of both control and treated fish were dissected. Tissues samples were obtained from an individual fish and prepared for analysis. The variations in catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) activities, and levels of malondialdehyde (MDA) with protein carbonyl (PCO) in liver and brain tissues of *C. carpio* were investigated in experimental groups. CAT activities were significantly increased whereas SOD activities were decreased in liver and brain tissues of treated fish by exposure to imidacloprid. Tissue MDA and PCO levels in the IM supplemented experimental groups were increased compared to the control. At the end of the experiment, it was determined that FA application had the effect of improving tissue enzyme activities and levels of MDA and PCO.

KEYWORDS: *Cyprinus carpio*, imidacloprid, ferulic acid, antioxidant system, protein carbonyl

How to cite this article: Özkan-Yılmaz, F., Özlüer-Hunt, A., Şahin, Ö., Yıldırım, M., Berköz, M. (2023) The protective role of ferulic acid against imidacloprid-induced oxidative stress in liver and brain of *Cyprinus carpio*. *MedFAR.*, 6(2):49-59.

1. Introduction

Neonicotinoids are the newest insecticide class developed in recent years and have replaced organophosphorus, organochlorine and pyrethroid compounds in the against agricultural pests. Imidacloprid is a new insecticide belonging to the neonicotinoid class and has a rapidly increasing use worldwide (El-Gendy et al., 2010). Imidacloprid (IM) is a neurotoxic insecticide, its mode of action is similar to that of nicotine and competes with acetylcholine for the receptor site (Tyor and Harkrishan, 2016). Various studies have shown that imidacloprid has adverse effects on non-target organisms (Desai and Parikh, 2013; Topal et al., 2017).

One of the toxic effects of pesticides and environmental chemicals is the formation of free radicals. It can cause oxidative stress and stimulate reactive oxygen species (ROS) production by creating changes in antioxidant enzyme systems. The main damages of these molecules, known ROS, are the structural changes of cellular macromolecules such as membrane lipids (lipid peroxidation), DNA and protein. These structural changes can lead to loss of biological function and pathophysiological conditions may occur (Jablonska-Trypuc, 2017). Direct or indirect environmental changes can cause varying degrees of stress in aquatic organisms, disrupting the balance between ROS production and elimination (Gonzalez et al., 2015). Organisms have a system that deactivates ROS. Intracellular and extracellular, enzyme and nonenzymic defense mechanisms are called antioxidant defense system (ASS) and antioxidants are important for the conversion of ROS into non-harming compounds and for the cell to perform its normal functions (Jablonska-Trypuc, 2017). Catalase (CAT), Superoxide dismutase (SOD) are enzymatic ASS elements capable of destroying free radicals. Like other vertebrates, fish also have enzymatic and non-enzymatic ASS (Trenzado et al., 2006).

Lipids are molecules sensitive to oxidation reactions by free radicals. Unsaturated fatty acids, especially in cell membranes, react easily. Lipid peroxidation (LPO) is the function of oxidative degradation of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) (Repetto et al., 2012). Malondialdehyde (MDA) is one of the LPO products formed as a result of oxidative damage to cell membrane phospholipids and circulating lipids, and its level is indicative of the oxidative damage caused. Measurement of these parameters can provide information about the potential of possible toxic substances to cause oxidative damage (Vlahogianni et al., 2007).

All reactions and agents that cause the production of ROS can lead to protein oxidation (Davies, 2016). Oxidative changes in proteins affect a variety of cellular functions in which proteins play a role. Cellular events including structural proteins, receptors, transduction regulation and enzymes can be affected by oxidative protein damage (Davies, 2016). As a result of the interaction of ROS with proteins, many amino acid residues such as, arginine, lysine, histidine and proline or peptide bonds are damaged, resulting in protein carbonyl oxidation (PCO) products. Protein carbonyl compounds are the most commonly measured product of protein oxidation. Oxidative protein modification resulting from the oxidant effect of free radicals and the resulting excess accumulation of oxidized proteins can cause various pathological conditions due to cell and tissue damage (Kehm et al., 2021).

The liver is an important organ in the detoxification function in organisms. It therefore faces the threat of maximum exposure to harmful compounds and their metabolic byproducts. The central nervous system is very sensitive to the effects of ROS due to its easily oxidized substances such as polyunsaturated fatty acids and its highly oxidative metabolic function (Mehta et al. 2009). The brain is among the most vulnerable organs due to its high oxygen consumption and the fact that cell membrane

lipids are rich in oxidizable polyunsaturated fatty acids (Gupta 2004). For this, both tissues are very sensitive to oxidative stress.

The aquaculture sector, which is one of the fastest growing sectors in the world, modern aquaculture practices cause various alternatives in nutritional formulations. As a result of the increasing intensification of agricultural practices, polluting agents and disease outbreaks in the aquaculture sector have increased their importance (Body et al., 2020). A wide range of chemicals are used in the aquaculture industry, including antibiotics and therapeutic drugs. Due to the risks that may occur with the accumulation of chemical substances, fish health is the most important issue in the fish farming sector and is directly related to public health.

In terms of fish health, especially researching ways to prevent diseases increases the importance of natural feed sources day by day. For these reasons, the concept of functional food has become a topical issue. Functional foods can generally be obtained by adding various components with functional properties from the outside into the food (Mohan et al., 2022). Antioxidants are one of the most used functional food ingredients today (Dawood et al., 2020). In recent years, there has been great interest in the discovery and use of new antioxidants due to their potential applications in the context of disease occurrence due to oxidative stress and imbalance between ROS production and antioxidant defense (Santos and Ramos, 2018; Dawood et al., 2020).

Phenolic compounds constitute the most important group of water-soluble antioxidants. It is found in high amounts of fruits and vegetables and has a positive effect on health. Phenolic compounds are mainly known as phenolic acids and flavonoids. Phenolic acids are the simplest phenolic compounds found in plants. It includes two subgroups; hydroxybenzoic acid and hydroxycinnamic acid. These are the precursors of flavonoids (Bourne and Rice-Evans, 1998). Ferulic acid (FA) (4-hydroxy-3-methoxycinnamic acid; $C_{10}H_{10}O_4$), a

compound found in plant tissues, is a phenolic compound formed during the metabolism of phenylalanine and tyrosine (Yu et al., 2017). FA is a powerful membrane antioxidant and has been proven to end free radical chain reactions. FA is considered one of the most important types of additives that work to raise immunity and improve the physiological condition in animals (Ahmadifar et al., 2019).

Cyprinus carpio used in this study is an economically important species in aquaculture worldwide and was chosen because of its adaptive response to water pollution (Vinodhini and Narayanan, 2008). CAT, SOD activities, MDA (for LPO) and PCO levels were investigated in liver and brain tissues of *C. carpio* after 10 days of Imidacloprid application, which is the experimental period. In addition, the potential protective effect of ferulic acid as an antioxidant in imidacloprid-induced oxidative stress was investigated.

2. Material and Methods

2.1. Chemicals

A technical formulation of the organophosphate insecticide Imidacloprid was used pure of 99%. All of chemicals and reagents were purchased from Sigma-Aldrich Chemical Corporation (USA).

2.2. Test animals and treatment

C. carpio (mean weight 60.10 ± 2.22 g) were obtained from Mersin University, Fisheries Faculty, Aquaculture Department and reassigned to laboratory where the temperature was kept at $23 \pm 1^\circ\text{C}$ (12:12 L:D). Throughout the experiments, dechlorinated tap water with pH value of 7.35, an alkalinity of 332 mg/L CaCO_3 , and oxygen concentration of 6.80 mg/L was used. The fish were allowed to acclimatize to these conditions for 4 weeks. The fish were fed at a rate of 3% body weight/day with a commercial pellet during the acclimation period. Commercial fish diet, Camli

Yem/Bioaqua, Turkey (44% crude protein, 18% crude fat, 12% moisture, 12% ash and 3% fiber), was used as the basal control diet. The pellet was ground, and ferulic acid was added at 5 g per kg to a commercial fish diet. The pellets were air-dried at 40°C in an oven and stored at 4°C during the experiment. Each diet was given to carp by hand at 3% of fish body weight (at 09:00 and 16:00 h) for 10 days. During this experiment, fish were fed unsupplemented diet (Control) or supplemented diet with ferulic acid.

Experiments were conducted in glass aquaria containing 100 L test solution. Fish were exposed to 2.80 mg/L sublethal concentrations of imidacloprid for 10 days. Sublethal concentration of imidacloprid was chosen outstanding to the earlier studies (Tyor and Harkrishan, 2016). The water was refreshed every 2 days to compensate for the insecticide lost in the exposure medium. The fish were divided into four groups (n = 6 in each group). The control group (Cont) was exposed to tap water (the absence of imidacloprid) fed with control diet. The FA group was exposed to tap water (the absence of IM) and was fed with FA supplemented diet. The IM group was exposed to imidacloprid concentration of 2.80 mg/L and was fed with control diet. The IM+FA group was exposed to 2.80 mg/L concentration of imidacloprid and was fed with FA supplemented diet.

At the end of exposure period, six fish were removed from each tank and sacrificed by transaction of the spinal cord. The liver and brain tissues of both control and treated fish were dissected. Tissues samples were obtained from an individual fish and prepared for analysis. Tissues were homogenized to 1/5 (w/v) ratio in physiological saline solution (0.8% NaCl) with homogenizer and then centrifuged at 13500 rpm for 10 min in a Sigma 2-16 K centrifuge at +4 °C, and supernatant was used for biochemical analyses.

2.3. Biochemical Assays

The CAT activities of liver tissues were determined according to the method of Aebi (1974). The enzymatic decomposition of H₂O₂ was followed directly by the decrease in absorbance at 240 nm. The difference in absorbance per unit time was used as a measure of CAT activity. The enzyme activities are given in U/mg protein. The SOD activity was measured by the inhibition of nitroblue tetrazolium (NBT) reduction due to oxygen generated by the xanthine/xanthine oxidase system (Sun et al., 1988). One unit of SOD activity was defined as the amount of protein causing 50% inhibition of the NBT reduction rate. The reduction in NBT by superoxide anion to blue formazan was measured at 560 nm. The enzyme activities are given in U/mg protein.

The levels of MDA homogenized tissue, as an index of LPO, were determined by TBA reaction using the method of Yagi (1998). Determination of carbonyl groups formed on proteins as a result of oxidative stress Levine et al. (1990) method was used. According to this method, protein carbonyl groups react with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) to form stable 2,4-dinitrophenyl (DNP) hydrazone.

The tissue protein contents were measured only to determine the specific activity of antioxidant enzymes and levels of MDA and PCO according to the method developed by Lowry et al. (1951) using bovine serum albumin as standard. Absorbance of samples were measured at 750 nm wavelength by spectrophotometer.

2.3. Statistical Analysis

Data were expressed as mean ± standard error (SE) and analyzed using with SPSS 10.0 for Windows computer program. ANOVA and Duncan's multiple range tests were used to analyze differences between groups. The differences were defined as statistically significant when P<0.05.

3. Results

In this experiment, no mortality was observed. The CAT activities in tissues of fish are given in Figure 1. Compared to the control values, there was no significant change in the CAT activities of the tissues treated with only FA. The CAT activity in liver and brain tissues of fish were

significantly increased (32%, 50% respectively) by exposing the concentration of imidacloprid (2.80 mg/L) at the end of the experiment. In addition, FA application in the IM+FA group had an improvement effect on CAT enzyme activity in liver and brain tissues compared to the IM group.

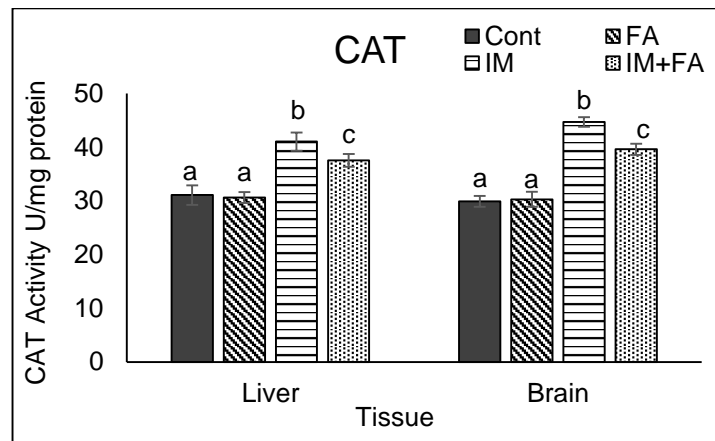


Figure 1. CAT activity in liver and brain tissues of *C. carpio* exposed to sublethal concentrations of imidacloprid (2.80 mg/L), with or without a dietary supplementation of FA. Each value is the mean \pm SE (n = 6). Multiple comparisons were made separately for each tissue, and means with different superscript in tissues are significantly different (p<0.05)

The SOD activities of liver and brain tissues in experimental fish are shown in Figure 2. Only the FA treated group did not significantly change the SOD activities of the tissues compared to the control values. IM administration with a sublethal concentration of 2.80 mg/L caused a significant decrease in

enzyme activity of 30% in the liver and 32% in the brain (p<0.05). With this, However, when the IM+FA group was compared with the IM group, it was found that the addition of FA improved brain tissue SOD activity in fish.

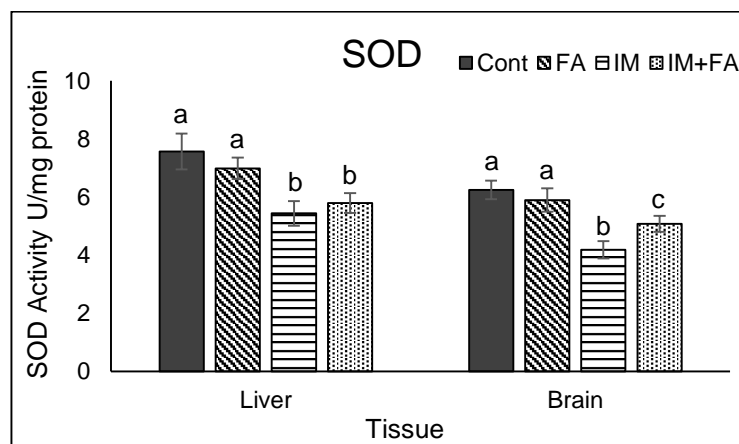


Figure 2. SOD activity in liver and brain tissues of *C. carpio* exposed to sublethal concentrations of imidacloprid (2.80 mg/L), with or without a dietary supplementation of FA. Each value is the mean \pm SE (n = 6). Multiple comparisons were made separately for each tissue, and means with different superscript in tissues are significantly different (p<0.05)

The MDA levels in tissues are given in Figure 3. The tissue MDA level of the FA applied group decreased compared to the control group. The liver and brain tissue MDA levels of the fish in the IM-administered experimental group were significantly increased by 92% and 107%,

respectively, compared to the control group ($p < 0.05$) (Figure 3). In the IM+FA group, supplemented FA administration significantly decreased the MDA content in the tissues compared to the IM group, without reaching the control values.

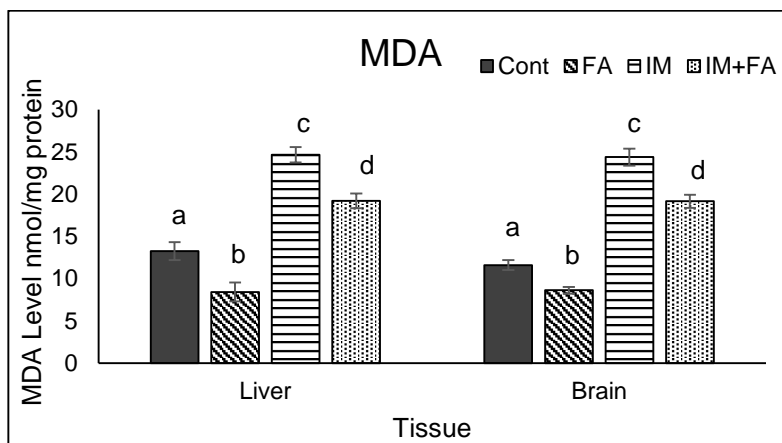


Figure 3. MDA level in liver and brain tissues of *C. carpio* exposed to sublethal concentrations of imidacloprid (2.80 mg/L), with or without a dietary supplementation of FA. Each value is the mean \pm SE (n = 6). Multiple comparisons were made separately for each tissue, and means with different superscript in tissues are significantly different ($p < 0.05$)

The levels of PCO in tissues are given in Figure 4. Compared to the control values, there was no significant change in the PCO levels of the tissues treated with only FA. Liver and brain tissue PCO levels were significantly increased by 77% and 90%, respectively, compared to the control group,

with the effect of IM administration ($p < 0.05$) (Figure 4). In the IM+FA group, supplemented FA administration significantly decreased the MDA content in the tissues compared to the IM group, without reaching the control values.

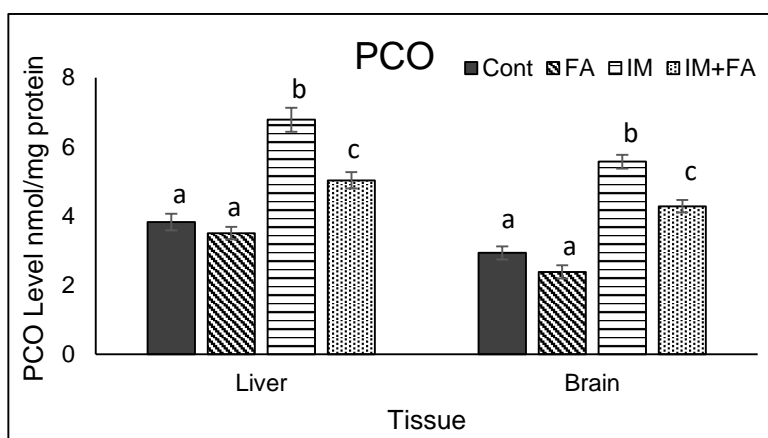


Figure 4. PCO level in liver and brain tissues of *C. carpio* exposed to sublethal concentrations of imidacloprid (2.80 mg/L), with or without a dietary supplementation of FA. Each value is the mean \pm SE (n = 6). Multiple comparisons were made separately for each tissue, and means with different superscript in tissues are significantly different ($p < 0.05$)

4. Discussion

In this study, CAT enzyme activities in liver and brain tissues of *C. carpio* increased with the effect of 2.8 mg/L sublethal concentration of imidacloprid. SOD activities were decreased in both tissues. Various studies have reported different effects on antioxidant enzymes in fish treated with imidacloprid. Ge et al. (2015), determined that liver tissue CAT and SOD activities of *Danio rerio* increased significantly in the first days with the effect of different concentrations of imidacloprid (0.3, 1.25, and 5 mg/mL), but decreased towards the end of the exposure time. It has been reported by researchers that there is an increase in radical production with the effect of a stress factor and that enzyme synthesis may be increased to protect against oxidative stress (Ge et al., 2015). Shukla et al. (2017), reported findings of an increase in CAT enzyme activities and a decrease in SOD activity in *D. rerio* liver and brain tissues with the effect of IM medium concentration. The SOD-CAT system is important and is the first defense against oxidative stress. It is known that the SOD enzyme protects against free radical-induced damage by converting the produced superoxide radicals to hydrogen peroxides. Generally, a simultaneous induction response in SOD and CAT activities is observed when exposed to contaminants (Pandey et al., 2003). Increased SOD activity in organisms indicates that ROS levels are in the range that they can withstand oxidative stress. As the exposure time increases, SOD activity is inhibited due to the increased amount of ROS (Shao et al., 2012). The activity of antioxidant enzymes can be induced or inhibited under the pressure of contaminants. Under oxidative stress, differences in enzyme activities can be observed. At the beginning of stress, activities increase, but if the stress lasts for a long time, enzyme inhibition occurs (Berrahal et al., 2007). This situation may vary depending on the stress intensity and the sensitivity of the species (Awoyemi et al., 2014). In this study, the increase in CAT and

SOD enzyme activities indicates the possibility that superoxide radicals and hydrogen peroxide formation may be increased in the liver and brain tissue of *C. carpio* with the effect of IM concentration. At the end of the exposure period (10th day), CAT activity increased, SOD activity decreased compared to the control group and even inhibited, indicating that the CAT enzyme is required to eliminate excess H₂O₂ in the cell (Ge et al., 2015; Shukla et al., 2017).

In this study, the levels of MDA in the brain and liver tissues of *C. carpio* exposed to imidacloprid was found to be higher than the control group. Some authors have published similar results. Ge et al. (2015) described elevated MDA levels in the liver of *D. rerio* depending on the time exposure to imidacloprid. It has been reported that lipid peroxidation in liver and brain tissues increases with the effect of imidacloprid concentrations applied in *Oncorhynchus mykiss* (Topal et al., 2017). Lipid peroxidation is the oxidative state of polyunsaturated fatty acids (PUFA) found in membranes. Fish have a high PUFA content in their tissue content and may be sensitive to lipid peroxidation (Stephan et al., 1995). Imidacloprid toxicity caused an increase in the level of free radicals, and as a result, the level of lipid peroxidation may have increased. In fact, this increase may have occurred as a result of changes in the antioxidant defense system (Ademuyiwa et al., 2009). Tissues are susceptible to peroxidation in terms of the substrates they contain. The increase in MDA levels of tissues may be the result of the toxicity of ROS induced by imidacloprid (Ge et al., 2015).

In this study, PCO level, which is an indicator of protein oxidation in liver and brain tissue of *C. carpio*, increased under the influence of 2.8 mg/L imidacloprid medium concentration. Similar results were found in previous studies. Vieira et al. (2018) reported that PCO levels increased with the effect of imidacloprid in different tissues of *Prochilodus lineatus*. Similarly, it has been

reported that protein carbonyl level increased in liver, kidney and gill tissues of *Channa punctata* exposed to deltamethrin, endosulfan and paraquat insecticides (Parvez and Raisuddin, 2005). Covalent modification of proteins that react directly with ROS or its byproducts is known as protein oxidation (Kehm et al., 2021). The physical and chemical properties, including conformation, structure, solubility, and enzyme activities, can undergo changes by oxidative modifications of proteins. Oxidative modification of proteins occurs as a result of oxidative stress (Berlett and Stadtman, 1997). The increase in PCO level in tissues of *C. carpio* following exposure to imidacloprid may be the result of excessive ROS production (El-Shenawy et al., 2010).

In this study, it was determined that FA administration reduced IM toxicity. Toxicity-reducing effects were detected on CAT and SOD enzyme activities and MDA and PCO levels in liver and brain tissues. In previous studies, Ferulic acid has been shown to protect from lipid peroxidation with its phenolic hydroxyl group (Maurya and Devasagayam, 2010) and to have antioxidant properties through free radical scavenging (Ghosh et al., 2017). The results displayed decreased SOD, CAT activities and increased MDA concentration during IM application while dietary FA regulated the antioxidative responses. Similar results observed *C. carpio* fingerlings (Ahmadifar et al., 2019) and *Oreochromis niloticus* (Dawood et al., 2020), when FA used in diet for functional foods. The functionality of FA is due to its composition of hydroxyl group that helps in forming the phenoxy radicals which freely rid cells of the ROS that cause LPO and oxidative stress.

The antioxidant effect of phenolic compounds is due to their properties such as scavenging free radicals (Rice-Evans et al., 1995), compounding with metal ions (metal chelation), inhibiting or reducing singlet oxygen formation, and generally the resistant stability of the phenol radical (Rice-Evans et al., 1995). These compounds can donate the hydrogen in the hydroxyl groups of their

aromatic rings to prevent lipids and other biomolecules (protein, carbohydrate, nucleic acids) from being oxidized by free radicals. Phenolic compounds are considered among important antioxidants because they are reducing agents, hydrogen donors, singlet oxygen scavengers and metal chelators (Bourne and Rice-Evans et al., 1998). In this study, the amelioration of imidacloprid-induced state of supplemented FA, oxidative stress by reducing lipid peroxidation and protein oxidation, and regulating the antioxidant defense system in tissues can be attributed to the above-mentioned antioxidant properties.

In conclusion, it was determined that sublethal concentrations of imidacloprid caused oxidative damage in *C. carpio* liver and brain tissues and ferulic acid had a protective feature against this damage. Brain tissue was found to be more sensitive than liver tissue. Increases or decreases in the antioxidant enzyme system and the increase in MDA and PCO levels can be evaluated as an indicator that it can be used as an indicator in the biomonitoring of the aquatic ecosystem. FA could be able to improve IM-induced oxidative stress by decreasing lipid peroxidation and protein oxidation and altering antioxidant defense system in tissues. Thus, dietary supplementation of FA may be useful in aquaculture and might be good candidate for immunological response that is occupationally exposed to insecticides. Suggesting that FA may be beneficial in preventing IM-induced oxidative stress.

Conflict of interest

The authors declare that they have no actual, potential or perceived conflict of interest for this research article.

Ethical approval

The ethics committee approval was obtained from Mersin University Animal Experiments Local Ethical Committee by decision number 2017/07 dated 27/03/2017.

Acknowledgements

This work was supported by Mersin University, Scientific Projects Unit. (Project Number: 2017-2-TP2-2522).

References

- Ademuyiwa, O., Agarwal, R., Chandra, R., Behari, J.R. (2009) Lead induced phospholipidosis and cholesterogenesis in rat tissue. *Chemico-Biological Interactions* 179(2-3): 314-320.
- Aebi, H. (1974) Catalase, in: Bergmeyer U, (Ed.), *Methods of Enzymatic Analysis*. New York and London, pp. 673-677.
- Ahmadifar, E., Moghadam, M.S., Dawood, M.A.O., Hoseinifar, S.H. (2019) *Lactobacillus fermentum* and/or ferulic acid improved the immune responses, antioxidative defence and resistance against *Aeromonas hydrophila* in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology* 94: 916-923
- Awoyemi, O.M., Bawa-Allah, K.A., Otitolaju, A.A. (2014) Accumulation and anti-oxidant enzymes as biomarkers of heavy metal exposure in *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*. *Applied Ecology and Environmental Sciences* 2(5): 114-122.
- Berlett, B.S., Stadtman, E.R. (1997) Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. *The Journal of Biological Chemistry* 272(33): 20313-20316.
- Berrahal, A.A., Nehdi, A., Hajjaji, N., Gharbi, N., El-Fazâa, S. (2007) Antioxidant enzymes activities and bilirubin level in adult rat treated with lead. *Comptes Rendus Biologies* 330: 581-588.
- Bourne, L.C., Rice-Evans, C., (1998) Bioavailability of ferulic acid. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 25: 222-227.
- Boyd, C.E., D'Abramo, L.R., Glencross, B.D., Huyben, D.C., Juarez, L.M., Lockwood, G.S., McNevin, A.A., Tacon, A.G.J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C.S., Valenti, W.C. (2020) Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51: 578-633.
- Davies, M. (2016) Protein oxidation and peroxidation. *Biochemical Journal* 473(7): 805-825.
- Dawood, M.A.O., Metwally, A.E., El-Sharawy, M.E., Ghazlan, A.M., Abdel-Latif, H.M.R., Doan, H.V., Mervat, A.M.A. (2020) The influences of ferulic acid on the growth performance haemato-immunological responses, and immune-related genes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress. *Aquaculture* 525: 735320.
- Desai, B., Parikh. P. (2013) Biochemical alterations on exposure of imidacloprid and curzate on fresh water fish *Oreochromis mossambicus* and *Labeo rohita*. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology* 7(2): 53-59.
- El-Gendy, K.S., Aly, N.M., Mahmoud, F.H., Kenawy, A., El-Sebae, A.H. (2010) The role of vitamin C as antioxidant in protection of oxidative stress induced by imidacloprid. *Food and Chemical Toxicology* 48: 215-221.
- El-Shenawy, N.S., El-Salmy, F., Al-Eisa, R.A., El-Ahmary, B. (2010) Amelioratory effect of vitamin E on organophosphorus insecticide diazinon-induced oxidative stress in mice liver. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 96: 101-7.
- Ge, W., Yan, S., Wang, J., Zhu, L., Chen, A., Wang, J. (2015) Oxidative stress and DNA damage induced by imidacloprid in zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 1856-1862.
- Ghosh, S., Basak, P., Dutta, S., Chowdhury, S., Sil, P.C. (2017) New insights into the ameliorative effects of ferulic acid in pathophysiological conditions. *Food and Chemical Toxicology* 103: 41-55
- Gonzalez, P.M., Malanga, G., Puntarulo, S. (2015) Cellular oxidant/antioxidant network: Update on the environmental effects over marine organisms. *The Open Marine Biology Journal*, 9: 1-13.
- Gupta, R.C. (2004) Brain regional heterogeneity and toxicological mechanisms of organophosphates and carbamates. *Toxicology Mechanisms and Methods* 14: 103-143.
- Jablonska-Trypuc, A. (2017) Pesticides as inducers of oxidative stress. *Reactive Oxygen Species* 3(8): 96-110.

- Kehm, R., Baldensperger, T., Raupbach, J., Hohn, A. (2021) Protein oxidation - Formation mechanisms, detection and relevance as biomarkers in human diseases. *Redox Biology* 42: 101901
- Levine, R.L., Williams, J.A., Stadtman, E.R., Shacter, E. (1994) Carbonyl assays for determination of oxidatively modified proteins. *Methods in Enzymology*, 233: 346-357.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193: 265-275.
- Maurya, D.K., Devasagayam, T.P.A. (2010) Antioxidant and prooxidant nature of hydroxy cinnamic acid derivatives ferulic and caffeic acids. *Food Chemical Toxicology* 48: 3369-3373.
- Mehta, A., Verma, R.S., Srivastava, N. (2009). Chlorpyrifos induced alterations in the levels of hydrogen peroxide, nitrate and nitrite in rat brain and liver. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 94: 55-59.
- Mohan, K., Rajan, D.K., Muralisankar, T., Ganesan, A.R., Marimuthu, K., Sathishkumar, P. (2022). The potential role of medicinal mushrooms as prebiotics in aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture* 14: 1300-1332.
- Pandey, S., Parvez, S., Sayeed, I., Haque, R., Bin-Hafeez, B., Raisuddin, S. (2003) Biomarkers of oxidative stress: a comparative study of River Yamuna fish *Wallago attu* (Bl. and Schn.). *Science of The Total Environment* 309: 105-115.
- Parvez, S., Raisuddin, S. (2005) Protein carbonyls: novel biomarkers of exposure to oxidative stress-inducing pesticides in freshwater fish *Channa punctata* (Bloch). *Environmental Toxicology and Pharmacology* 20: 112-117.
- Repetto, M., Semprine, J., Boveris, A. (2012) Lipid peroxidation: chemical mechanism, biological implications and analytical determination. In: Catala, A., (Ed.), *Lipid peroxidation*, New Delhi, Intech, 1-28.
- Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Bolwell, P.G., Bramley, P.M., Pridham, J.B. (1995) The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radical Research* 22: 375-383.
- Santos, L., Ramos, F. (2018) Antimicrobial resistance in aquaculture: Current knowledge and alternatives to tackle the problem. *International Journal of Antimicrobial Agents* 52: 135-143.
- Shao, B., Zhu, L.S., Dong, M., Wang, J., Wang, J.H., Xie, H., Zhang, Q.M., Du, Z.Q., Zhu, S.Y. (2012). DNA damage and oxidative stress induced by endosulfan exposure in zebra fish (*Danio rerio*). *Ecotoxicology* 21: 1533-1540.
- Shukla, S., Jhamtani, R.C., Dahiya, M.S., Agarwal, R. (2017) Oxidative injury caused by individual and combined exposure of neonicotinoid, organophosphate and herbicide in zebrafish. *Toxicology Reports* 4: 240-244.
- Stephan, G., Guillaumeb, J., Lamoura, F. (1995). Lipid peroxidation in turbot (*Scophthalmus maximus*) tissue: effect of dietary vitamin E and dietary n-6 or n-3 polyunsaturated fatty acids. *Aquaculture* 130: 251-268
- Sun, Y., Oberley, L.W., Ying, L.A. (1988) Simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clinical Chemistry* 34: 497-500.
- Topal, A., Alak, G., Ozkaraca, M., Cilingir-Yeltekin, A., Comakli, S., Acil, G., Kokturk, M., Atamanalp, M. (2017) Neurotoxic responses in brain tissues of rainbow trout exposed to imidacloprid pesticide: Assessment of 8-hydroxy-2-deoxyguanosine activity, oxidative stress and acetylcholinesterase activity, *Chemosphere* 175: 186-191.
- Trenzado, C., Hidalgo, M.C., Garcia-Gallego, M., Morales, A.E., Furne, M., Domezain, A., Domezain, J., Sanz, A. (2006). Antioxidant enzymes and lipid peroxidation in sturgeon *Acipenser naccari* and trout *Oncorhynchus mykiss*. A comparative study. *Aquaculture* 254: 758-767.
- Tyor, A.K, Harkrishan K. (2016) Effects of imidacloprid on viability and hatchability of embryos of the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 4(4): 385-389.
- Vieira, C.E.D., Perez, M.R., Acayaba, R.D., Raimundo, C.C.M., Dos Reis Martinez, C.B. (2018) DNA damage and oxidative stress induced by imidacloprid exposure in different tissues of the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Chemosphere*, 195: 125-134.

Vinodhini, R., Narayanan, M. (2008). Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). International Journal of Environmental Science and Technology 5(2): 179-182.

Vlahogianni, T., Dassenakis, M., Scoullou, M.J., Valavanidis, A. (2007) Integrated use of biomarkers (superoxide dismutase, catalase and lipid peroxidation) in mussels *Mytilus galloprovincialis* for assessing heavy metals' pollution in coastal areas from the Saronikos Gulf of Greece. Marine Pollution Bulletin 54: 1361-1371.

Yagi, K. (1998) Simple procedure for specific enzyme of lipid hydroperoxides in serum or plasma. Methods in Molecular Biology 108: 107-110.

Yu, L., Wu, F., Liu, W., Tian, J., Lu, X., Wen, H. (2017) Semisynthetic ferulic acid derivative: An efficient feed additive for Genetically Improved Farmed Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Research 48: 5017-5028.

Keşiş, Sıhke ve Gövelek Göllerinin (Van, Türkiye) Su Kalitesinin Belirlenmesi

Muhammet DEMİR 

Van İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Van, Türkiye
Corresponding author e-mail: muhammet.demir1453@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma, Kasım 2022- Ağustos 2023 tarihleri arasında, Van ilinde bulunan Keşiş gölü ile Sıhke ve Gövelek gölet sularının fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde ortalama, çözülmüş oksijen 8.30 ± 1.60 mg/L, su sıcaklığı 12.68 ± 2.22 °C, bulanıklık 12.25 ± 6.01 NTU, elektriksel iletkenlik 476.56 ± 62.55 µS/cm, tuzluluk ‰ 0.23 ± 0.03 mg/L, pH 8.92 ± 0.31 , TÇK 233.32 ± 28.31 mg/L, Cl₂ 42.25 ± 28.21 mg/L, Ca⁺² 46.78 ± 15.17 mg/L, Mg⁺² 24.87 ± 8.55 mg/L, Ca+Mg 138.74 ± 3.96 mg/L, CO₃²⁻ 11.11 ± 8.96 mg/L, HCO₃⁻ 133.39 ± 27.10 mg/L, NO₂⁻ 0.01 ± 0.01 mg/L, NO₂-N 0.01 ± 0.01 mg/L, NO₃⁻ 2.51 ± 1.79 mg/L, NO₃-N 0.63 ± 0.52 mg/L, NH₃ 0.32 ± 0.27 mg/L, NH₃-N 0.27 ± 0.23 mg/L, NH₄ 0.35 ± 0.29 mg/L, PO₄⁻³ 0.29 ± 0.25 mg/L, P 0.07 ± 0.05 mg/L, SO₄ 112.27 ± 11.76 mg/L, K 4.16 ± 0.85 mg/L, Na 33.49 ± 14.46 mg/L, B 0.86 ± 1.17 mg/L, Toplam sertlik 21.68 ± 0.62 mg/L, Organik madde 3.38 ± 2.02 mg/L, SAR 0.97 ± 0.46 mg/L, Fe⁺² 0.066 ± 0.082 mg/L, Mn⁺² 0.007 ± 0.002 mg/L, Cu 0.003 ± 0.001 mg/L, Ni DLA ve Zn 0.003 ± 0.002 mg/L, Cr⁺⁶, Ni ve Co DLA olarak tespit edilmiştir. Su kalite sınıflarına göre değerlendirildiğinde, pH dışındaki parametrelerin tarımsal sulamada kullanılabilecek kalitede olduğu, amonyak değeri dışındaki parametrelerin ise balıkçılık açısından uygun olduğu belirlenmiştir.

KEYWORDS: Göl, gölet, su kalitesi, su kirliliği, Van.

Determination of Water Quality Characteristics of Keşiş, Sıhke and Gövelek Ponds (Van, Turkey)

ABSTRACT

This study was conducted between November 2022 and August 2023 to investigate the physical and chemical properties of Keşiş lake and Sıhke and Gövelek pond waters in Van province. In the measurements, the average dissolved oxygen was 8.30 ± 1.60 mg/L, water temperature was 12.68 ± 2.22 °C, turbidity was 12.25 ± 6.01 NTU, electrical conductivity was 476.56 ± 62.55 µS/cm, salinity was 0.23 ± 0.03 mg/L, pH was 8.92 ± 0.31 . TDS 233.32 ± 28.31 mg/L, Cl₂ 42.25 ± 28.21 mg/L, Ca⁺² 46.78 ± 15.17 mg/L, Mg⁺² 24.87 ± 8.55 mg/L, Ca+Mg 138.74 ± 3.96 mg/L, CO₃²⁻ 11.11 ± 8.96 mg/L, HCO₃⁻ 133.39 ± 27.10 mg/L, NO₂⁻ 0.01 ± 0.01 mg/L, NO₂-N 0.01 ± 0.01 mg/L, NO₃⁻ 2.51 ± 1.79 mg/L, NO₃-N 0.63 ± 0.52 mg/L, NH₃ 0.32 ± 0.27 mg/L, NH₃-N 0.27 ± 0.23 mg/L, NH₄ 0.35 ± 0.29 mg/L, PO₄⁻³ 0.29 ± 0.25 mg/L, P 0.07 ± 0.05 mg/L, SO₄ 112.27 ± 11.76 mg/L, K 4.16 ± 0.85 mg/L, Na 33.49 ± 14.46 mg/L, B 0.86 ± 1.17 mg/L, total hardness 21.68 ± 0.62 mg/L, organic matter 3.38 ± 2.02 mg/L, SAR 0.97 ± 0.46 mg/L, Fe⁺² 0.066 ± 0.082 mg/L, Mn⁺² 0.007 ± 0.002 mg/L, Cu 0.003 ± 0.001 mg/L, Ni DLA and Zn 0.003 ± 0.002 mg/L, Cr⁺⁶, Ni and Co DLA. has been made. When evaluated according to water quality classes, parameters other than pH were determined to be of quality that can be used in agricultural irrigation, and parameters other than ammonia value were determined to be suitable for fishing.

Keywords: Lake, pond, water quality, water pollution, Van.

1. Giriş

Su tüm canlılar için yaşam kaynağıdır. Birçok eski medeniyetlerin su kaynaklarının çevresinde kurulması, suyun medeniyetlerin ilerlemesi açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Canlıların sağlığı, insanların kültürlerinin gelişimi açısından su bir hazinedir. Dünya genelinde en çok aranan değerler arasında yer almasına rağmen, son zamanlarda küresel açıdan dünya nüfusunun hızla artmasıyla mevcut su nüfusa paralel olarak artmaması ve aşırı bir şekilde tüketilmesi ve insanların suyu kirletmelerinden dolayı meydana gelen sorunlar, doğadaki su kaynaklarını verimli bir şekilde kullanılmasını mecburi kılmıştır (Şen, 2017).

Canlıların yaşamı dışında su memleketlerin yükselmesinde ve ilerlemesinde önemli bir rol üstlenmiştir. Su uygarlıkların ekonomik ve endüstri ilerleme ile birlikte, uygarlıkların kurulacağı alanların belirlenmesinde etkili olmuştur. Nüfusun artmasıyla birlikte suya olan ihtiyaçta devamlı artmıştır. Bunun sonucunda yetersiz kalan su kaynakları nedeniyle çevre problemleri ortaya çıkmış ve su daha da önemli bir değere sahip olmuştur (Çetinkaya 2003; Yılmaz ve Peker 2013).

1960'lı yıllarda 28 milyon nüfusa sahip olan memleketimizde bir kişinin 4.000 m³ su kullanım hakkı varken, 2000'li yıllarda 70 milyon civarında nüfusa sahip olduğunda bir kişinin su kullanım hakkı 2.000 m³ 'ten altına düşmüştür. 85 milyondan fazla nüfusa sahip memleketimizde günümüzde 1 kişinin 1.500 m³ civarında su kullanım hakkı olmuş. 2030 yılında 100 milyon civarında olacağı tahmin edilen nüfusa, kişi başı 1.400 m³ düşecektir (Şen, 2016). Bu durum olası bir kuraklık ve normal yağış senaryoları dikkate alınmadan hesaplanmıştır. Günümüzde başta küresel ısınma olmak üzere, diğer olumsuzluklar sebebiyle su kaynaklarında azalmalar meydana gelmektedir. Bu az miktardaki su kaynakları bilimsel ve akla dayalı yöntemler ile yönetilmez ise su kıtlığı ve kuraklık beklemektedir (Ceylan vd., 2009; Şen, 2016).

Tarımda kuraklık, hayvansal ve tarım alanlarında ürün veriminin azalmasına ve gıda ürünlerini sağlamak konusunda sorunların ortaya çıkması, su miktarlarının düşmesi, sularda oksijen sıkıntıları, su ürünleri stok yoğunlukları gibi problemlerden dolayı balık ölümlerinin meydana gelmesine sebebiyet verebilmektedir (Kabay, 2019; Teng vd., 2017). Tarımdaki kuraklığı düşürebilmek için iyi planlamalar ile önceden hazırlık yapılmalıdır (Kaplukan, 2013). Kuraklığı etkileyen en önemli parametrelerin başında küresel ısınma olduğu belirtilmektedir (Akbaş, 2014). İklimlerde meydana gelen değişimler sonucunda, küresel ısınmanın etkisiyle 20. ve 21. yüzyıl arasında oluşan küresel ısınma sebebiyle yer kabuğu sıcaklığı yaklaşık 0.7-0.8 °C artmıştır. Gerekli önlemler alınmazsa bu sıcaklık değerleri giderek artacaktır. Bunun sonucu olarak buzulların erimesiyle deniz seviyeleri yükselecek ve doğal afetler meydana gelecektir (Şen, 2016). Meydana gelecek kuraklığın etkisiyle tarım alanındaki üretim önemli ölçüde etkilenecek ve çok sayıda bitki ve hayvan türü yaşam şartlarının bozulması sebebiyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalacaktır (Yönten, 2007; Karaman ve Gökalp, 2010; Şen, 2016).

Göl ve göletler, doğal yapıda ya da insanlar tarafından, çukur yapısında olan arazilerin, önüne set çekilerek ya da set çekilmeksizin dolmasıyla oluşurlar. Göl ve göletler oluşum yapılarına göre farklı şekilde adlandırıldılar. Doğal olaylar sonucunda oluşmuş olanlara; tektonik, volkanik, buzul, karstik, heyelan set, kıyı delta göl ve göletleri şeklinde adlandırılmaktadır. İnsan eliyle oluşturulmuş olanlar içme, sulama ve elektrik üretmek için farklı ebatlarda yapılan göletler olarak yeryüzü kara parçasında bulunmaktadır (Duran, 2016).

Türkiye'de bulunan havzalardan biri olan Van Gölü havzasında birçok göl, gölet, baraj, akarsu, çay ve dere bulunmaktadır. Van Gölü, Erçek Gölü, Morgedik Barajı, Sarımemet Barajı, Koçköprü Barajı, Zerneç Barajı, Sıhke, Gövelek, Morçipek, Yeni Emek, Emek, Yumruklu, Çamurlu, A.

Tulgalı, Hıdırmence, Süphan, Keşiş, Sağmal, Sırmalı, Oymaklı, Dolutaş, Dönerdere, Değirmigöl göl ve göletleri, Zilan, Deliçay, Bendimahi, Karasu, Engil, Norduz, Müküs, Mamedik çayları gibi birçok su kaynağı bulunmaktadır. *Alburnus tarichi*, *Alburnus timarensis*, *Barbus ercisanus*, *Capoeta kosswigi* ve *Oxynoemacheilus ercisanus* gibi havzada endemik olarak bulunan türler yanında göl, gölet, akarsu ve barajlara *Cyprinus carpio*, *Oncorhynchus mykiss*, *Gambusia holbrooki* aktarılmıştır (Şen vd., 2018; Elp vd., 2016).

Bu çalışmada, Van Gölü Havzasında bulunan, çevredeki yöre halk tarafından tarımsal faaliyetlerde kullanılan Keşiş (Gürpınar) Gölü ile Gövelek (İpekyolu) ve Sıhke (İpekyolu) Göletlerinin su kalitesi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yapılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler, ilgili yönetmeliklerde belirtilen değerlere göre yorumlanarak, göl ve göletler hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır (YSKYY, 2015; ASSKY, 2014; İSY, 2019; TS 266, 2005; SKKY, 2015; AB, 1998; WHO, 1993).

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanının Durumu

Çalışmaya konu olan, Keşiş Gölü ile Gövelek ve Sıhke Göletlerinin (Şekil 1) konumlarına ait bazı veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Çalışma alanımızı oluşturan su kaynaklarında aynalı ve pullu sazan (*Cyprinus carpio*, L., 1758) balık türleri mevcut olup yıl boyu ticari avcılığı yasaktır. Üreme dönemleri dışında amatör avcılık serbesttir.

2.2. Numune Alma ve Analiz Yöntemleri

Çalışma çerçevesinde tarımsal sulama amaçlı kullanılan bazı göl ve göletlerin bir takım fiziksel ve kimyasal parametrelerini bulmak için; sulama dönemi başlamadan önce ve sulama döneminde ve sulama sonrasında dönemde (Mayıs, Temmuz,

Kasım) olmak üzere 3 kez su numuneleri dipsavak çıkışının olduğu yerde numune alma metotlarına göre 1 litrelik su örneği alma kapları kullanılarak alınmıştır (Ayyıldız, 1983).

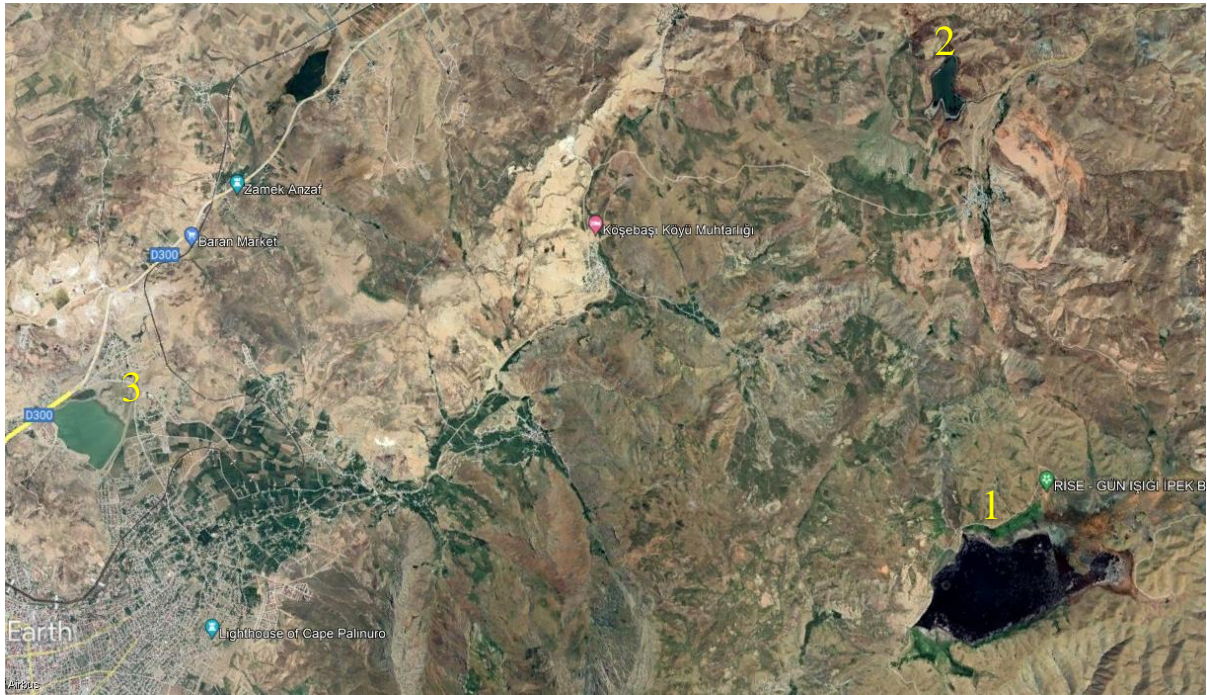
Su numuneleri Kasım 2022-Temmuz 2023 tarihleri arasında 3 dönem (sonbahar, ilkbahar ve yaz) şeklinde çalışma alanı olarak belirlenen Keşiş Gölü ile Gövelek ve Sıhke Göletleri'nden alınmıştır (Şekil 1). Kış ayında, kar ve çamurdan dolayı göl ve göletlere ulaşım olmadığından gidilememiştir. Su örneklerinden; sıcaklık, çözülmüş oksijen miktarı (ÇO), toplam çözülmüş katı madde (TÇK), tuzluluk (%), elektriksel iletkenlik (Eİ) ve pH ölçümlerinin analizleri HACH 2100 Q portatif multimetre cihazı ile bulanıklık analizleri ise HACH 2100 Q turbidimetre cihazı ile kimyasal parametrelerden sodyum ve potasyum analizleri BWB alev fotometre (flame fotometre) cihazı ile karbonat, bikarbonat, kalsiyum, klorür, magnezyum, kalsiyum+magnezyum, toplam sertlik ve organik madde (permanganat value) analizleri titrimetrik metotla (APHA, 1995), çinko, bakır, nikel, kobalt, demir, mangan, molibden analizleri ICP-MS cihazı (Agilent Technologies 7700 Series ICP-MS), sülfat ve bor shimano 2V spektrofotometre cihazı ile, SAR TS EN ISO 17294-1 analiz metodu ile $SAR = [Na]/([Ca]+[Mg])/2$ (Richards, 1954) formülü kullanılarak Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Laboratuvarında, nitrit, nitrat, amonyum, amonyak, fosfat, fosfor ve askıda katı madde (AKM) analizleri HACH LANGE DR 5000 spektrofotometre cihazı ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Su Ürünleri fakültesi Laboratuvarında ölçümleri yapılmıştır (HACH, 2005). Göl ve gölet suyunun sonuçları YSKYY (2015), ASSKY (2014), İSY (2019), TS 266 (2005), SKKY (2015), AB (1998) ve WHO (1993) kalite değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 2, 3, 4, 5 ve 6). Sulama suyu kalitesi potansiyel tuzluluk, toplam sertlik indeksi ve elektriksel iletkenlik indeksi gibi değerlendirme kriterleri kullanılarak yorumlanmıştır.

Tablo 1. Göl ve Göletlerin kıyı uzunluğu, yüzey alanı ve konum bilgileri

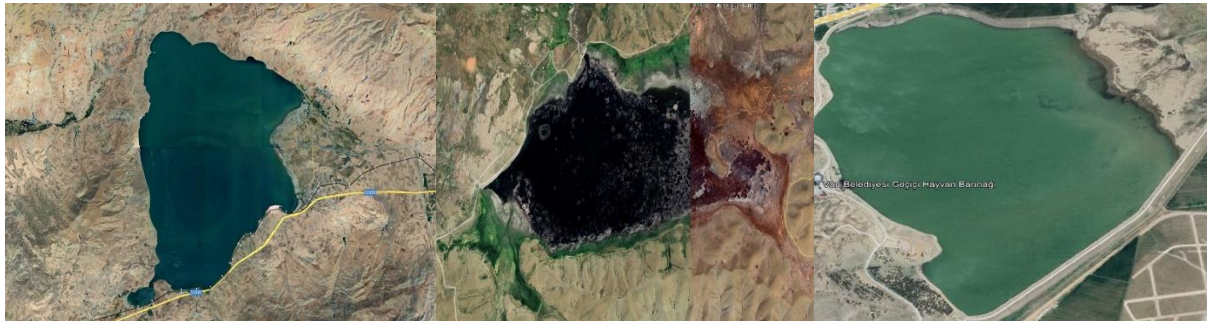
Göl ve Göletler	İlçe	Kıyı uzunluğu (km ²)	Yüzey alanı (km ²)	Koordinatlar	
				Enlem	Boylam
Gövelek	Özalp	1.25	0.74	38°33'08.39"K	43°37'14.58"D
Sihke	İpekyolu	1.40	1.61	38°32'00.38"K	43°25'09.69"D
Keşiş	Gürpınar	4.30	6.15	38°28'07.58"K	43°35'59.55"D

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular; Alabalık ve Sazan Türü Balıkların Yaşadığı Suların Korunması ve İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik (ASSKY), Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY), Kıtaici Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre

Kalite Kriterleri, İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS 266), İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Artırılması Hakkında Yönetmelik (İSY), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), Avrupa Birliği Su Çevre Direktifi (AB) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre değerlendirilmiştir.



Keşiş Gölü (1), Gövelek Göleti (2) ve Sihke Göleti (3)



1- Keşiş Gölü

2- Gövelek Göleti

3- Sihke Göleti

Şekil 1. Keşiş Gölü (1), Gövelek Göleti (2) ve Sihke Göleti (3) (Google Earth Pro, 2023)

3. Bulgular ve Tartışma

Van ilinde bulunan Keşiş Gölü ile Gövelek ve Sıhke Göletlerinde mevsimsel olarak (kış mevsimi hariç) yerinde yapılan ölçümler sonucunda bulunan değerler Tablo 2’de, laboratuvar ortamında yapılan ölçümler sonucunda bulunan değerler Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6’da verilmiştir. Ayrıca, göletlere ait ölçümü ve analizi yapılan tüm verilerin en az ve en yüksek değerleri ile ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 7’de belirtilmiştir.

Göl ve göletlerde mevsimsel olarak (kış mevsimi hariç) yapılan analizlerde; ortalama su sıcaklığı, Gövelek’te $11.82 \pm 7.63^\circ\text{C}$, Sıhke’de $15.20 \pm 5.53^\circ\text{C}$ ve Keşiş’te $11.03 \pm 8.17^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve göletlerde ortalama $12.68 \pm 2.22^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve gölet sularında ölçülen ortalama sıcaklık değerleri, YSKYY ve SKKY’ye göre 1. sınıf su değerleri arasında, ASSKY’ye göre hedef değerler arasında yer almıştır. Bölgede yapılan başka çalışmalarda ortalama su sıcaklık değeri, Eber Gölü’nde 13.8°C (Gümüş ve Akköz, 2020), Nemrut Krater Gölü’nde ortalama 18.10°C (Sepil, 2020), Sarımemet 18.4°C , Koçköprü 17.4°C ve Zerne 19.1°C (Demir, 2023a) olarak bildirmiştir. Bu çalışmada, ortalama su sıcaklık değerleri, diğer çalışmalardan daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, su sıcaklığının farklı zamanlarda ölçülmesinden, farklı iklim ve jeolojik koşullardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çözünmüş oksijen ortalama değeri, Gövelek’te 9.50 ± 3.09 mg/L, Sıhke’de 8.92 ± 1.42 mg/L ve Keşiş’te 6.48 ± 2.90 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve göletlerde çözünmüş oksijen değerleri ortalama 8.30 ± 1.60 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve gölet sularında ölçülen ortalama çözünmüş oksijen değeri, YSKYY’ye göre, 1. sınıf su kalitesi olduğu, ASSKY’ye göre çözünmüş oksijen değeri 6 mg/L’nin altında olmaması gerektiği bildirilmiştir. Van Gölü havzasında yapılan başka çalışmalarda göletlerin ortalama çözünmüş oksijen değeri, Yumruklu

Göleti’nde 8.15 mg/L (Atıcı, 2020) ve Kabaklı Göleti’nde $4.62-13.01$ mg/L arasında (Kaya ve Şen, 2022) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir. Bunun nedeni, çözünmüş oksijen su sıcaklığı ile ters orantılıdır. Su analiz ölçümlerinin yapıldığı zamanda göletlerdeki su sıcaklık değerlerinin birbirine yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tuzluluk ortalama değeri, Gövelek’te 0.21 ± 0.03 , Sıhke’de 0.27 ± 0.02 ve Keşiş’te 0.22 ± 0.09 olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.23 ± 0.03 olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda tuzluluk değeri, Kabaklı Göleti’nde 0.29 mg/L (Kaya ve Şen, 2022) ve Aygır Gölü’nde 0.21 ± 0.003 mg/L (Çavuş, 2018), olarak bildirilmiştir. Elde edilen ortalama tuzluluk değeri, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzer değerler göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik ortalama değeri, Gövelek’te 433.67 ± 60.91 $\mu\text{S/cm}$, Sıhke’de 548.33 ± 23.12 $\mu\text{S/cm}$, Keşiş’te 447.67 ± 176.74 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve göletler ortalama 476.56 ± 62.55 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin ortalama elektriksel iletkenlik değerleri, SKKY ve YSKYY’ye göre, 2. sınıf sular arasında, İSY (2019)’de ise A1 sınıf suları arasında yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda elektriksel iletkenlik değeri, Değirmigöl 515 $\mu\text{S/cm}$, Yumruklu 579 $\mu\text{S/cm}$, Dönerdere 488 $\mu\text{S/cm}$ (Atıcı, 2020), Nemrut Krater Gölü’nde 434.20 $\mu\text{S/cm}$ (Sepil, 2020), Kabaklı Göleti’nde 578.0 $\mu\text{S/cm}$ (Kaya ve Şen, 2022) olarak bildirmiştir. Suların biyolojik açıdan verimliliği ile iletkenlik arasında pozitif bir bağ bulunmaktadır (Çetinkaya, 2003). Çalışmada elde edilen elektriksel iletkenlik değeri, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

pH ortalama değeri, Gövelek’te 9.27 ± 0.53 , Sıhke’de 8.78 ± 0.18 ve Keşiş’te

8.71±0.79 olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve göletler de ortalama 8.92±0.31 olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin ortalama pH değerleri, TS 266'ya göre, parametrik değerden düşük, YSKYY'ye göre, Sıhke ve Keşiş 3. sınıf, Gövelek ise 4. sınıf kalite suları içerisinde, İSY'de ise A1 sınıf suları içerisinde, ASSKY'ye göre, Gövelek zorunlu değerlerden yüksek, Sıhke ve Keşiş zorunlu değerler içerisinde, SKKY'ye göre, Gövelek, 5. sınıf, Sıhke ve Keşiş 4. sınıf kalite suları içerisinde yer almaktadır. Ülkemizde yapılan farklı limnolojik çalışmalarda (Elp, 2002; Gülle, 2005; Çavuş, 2018) ve bu çalışmada göl ve göletlerimizin az miktarda alkali yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Suyun içerisindeki pH değeri nötre yaklaştıkça kalitesi artar (Çetinkaya, 2003). Genellikle kirletici maddeler tarafından kirletilmeyen göl sularının pH değerlerinin 6-9 arasında olduğu bildirilmiştir (Tanyolaç, 2000). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda pH değeri, Dönerdere'de 8.88 ve Değirmigöl'de 9.00 (Atıcı, 2020), Kabaklı Göleti'nde 8.58 (Kaya ve Şen, 2022) olduğu bildirilmiştir. Su sıcaklığının yükseldiği zamanlar özellikle pH düzeyini etkilemekte ve ekolojik toleransı düşük canlılar için tehdit oluşturacak durum söz konusu olabilecektir. Elde edilen pH, değerleri, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir. Su analiz ölçümlerinin yapıldığı zamanda göletlerdeki su sıcaklık değerlerinin birbirine yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Askıda katı madde (AKM) ortalama değeri, Gövelek'te 35.57±28.02 mg/L, Sıhke'de 14.03±16.35 mg/L ve Keşiş'te 15.13±9.54 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve göletler de ortalama 21.58±12.13 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin ortalama AKM değerleri, ASSKY'ye göre, Sıhke ve Keşiş uygun değerler arasında, Gövelek uygun olmayan değerler arasında yer aldığı, SKKY'ye göre, Sıhke ve Keşiş 1. sınıf, Gövelek 2. sınıf, yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda AKM değeri, Batman Baraj Gölü'nde 6-10 mg/L arasında, Dicle

Barajı'nda 6-12 mg/L arasında (Yıldız vd., 2008), Yumruklu 6.5 mg/L ve Dönerdere 18.5 mg/L (Atıcı, 2020) olarak bildirmiştir. Su içinde askıda kalan ve uzun süre içinde çökebilene çok küçük çaplı organik ve inorganik katı maddelere askıdaki katı maddeler denir. Askıda katı maddeler suda partiküller halinde bulunur (Günay, 2018). Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerlerden yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, yağışlar, heyelan, sel, evsel atık, tarımsal atık gibi etkenler ile göletlere giren organik ve inorganik maddelerin fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bulanıklık ortalama değeri, Gövelek'te 16.63±12.84 NTU, Sıhke'de 14.73±15.83 NTU ve Keşiş'te 5.40±3.24 NTU olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve göletler de ortalama 12.25±6.01 NTU olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin ortalama bulanıklık değerleri, İSY'ye göre, A1 sınıf suları içerisinde yer almaktadır. Ülkemizde yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bulanıklık değeri, Yumruklu 6.3 NTU, Dönerdere 13.7 NTU (Atıcı, 2020), Aksu Çayı'nın 3 farklı noktasında yapılan ölçümlerde ortalama 4,9 NTU (Dede ve Sezer, 2017), Batman Baraj Gölü'nde 0.3-3.3 NTU arasında (Varol, 2010) ve Nemrut Krater Gölünde ortalama 3.03 NTU (Sepil, 2020) olarak bildirmiştir. Bulanıklık suyun ışık geçirimsizliğini gösteren bir ölçüttür. Artan bulanıklık, çökelen katı madde miktarı ve düşük çözünmüş oksijenin balıkların yaşam kalitesini düşürdüğü bilinmektedir (Günay, 2018). Elde edilen bulanıklık değerlerinin farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarında belirtilen değerlerden yüksek çıkması, su analizinin yapıldığı tarihlerde yağmur, kar suları gibi etkenler ile göletlere katı maddelerin taşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

AKM değeri, bulanıklık değeri ile doğru orantılı olduğu söylenebilir. Elde edilen bulanıklık ve AKM değerleri, genelde farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

Toplam çözünmüş katıların (TÇK) ortalama değeri, Gövelek'te 217.60±37.34

mg/L, Sıhke'de 266.00±11.53 mg/L ve Keşiş'te 216.37±85.76 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Tüm göl ve ortalama 233.32±28.31 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yüksek TÇK değerinin yüksek olması, bitki hücrelerinin içindeki çözünmüş

maddelerin oluşturduğu su alma isteğini etkileyerek fizyolojik olayları engellemektedir (Obiefuna ve Sheriff, 2011). Elde edilen TÇK değerleri, bitkinin fizyolojini etkileyecek düzeyde olmadığı görülmüştür.

Tablo 2. Göl ve göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri

Göl ve Göletler	Mevsimler	Sıcaklık (°C)	ÇO (mg/L)	TÇK (mg/L)	Eİ (µS/cm)	Tuzluluk (‰)	pH	Bulanıklık (NTU)	AKM (mg/L)
Gövelek	Sonbahar	3.05	12.76	193.03	398.00	0.19	9.86	13.00	26.52
	İlkbahar	15.40	9.13	191.20	399.00	0.19	8.96	6.00	13.20
	Yaz	17.00	6.62	244.00	504.00	0.24	8.9	30.90	67.00
	Ortalama	11.82	9.50	217.60	433.67	0.21	9.27	16.63	35.57
	SD	±7.63	±3.09	±37.34	±60.91	±0.03	±0.51	±12.84	±28.02
Sıhke	Sonbahar	9.10	9.26	277.00	570.00	0.28	8.62	5.00	5.10
	İlkbahar	16.60	10.14	254.00	524.00	0.25	8.92	6.20	4.10
	Yaz	19.90	7.36	267.00	551.00	0.27	8.61	33.00	32.90
	Ortalama	15.20	8.92	266.00	548.33	0.27	8.78	14.73	14.03
	SD	±5.53	±1.42	±11.53	±23.12	±0.02	±0.18	±15.83	±16.35
Keşiş	Sonbahar	2.08	8.70	312.00	646.00	0.32	8.18	3.10	8.16
	İlkbahar	12.90	7.53	190.80	391.00	0.19	8.32	4.00	11.23
	Yaz	18.10	3.20	146.30	306.00	0.15	9.62	9.10	26.00
	Ortalama	11.03	6.48	216.37	447.67	0.22	8.71	5.40	15.13
	SD	±8.17	±2.90	±85.76	±176.94	±0.09	±0.79	±3.24	±9.54

ÇO: Çözünmüş oksijen, TÇK: Toplam çözünmüş katılar, Eİ: Elektriksel iletkenlik, AKM: Askıda katı madde

Klorür (Cl₂) ortalama değeri, Gövelek'te 23.30±3.13 mg/L, Sıhke'de 74.67±13.72 mg/L ve Keşiş'te 28.78±9.20 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Tüm göl ve göletler de ortalama 42.25±28.21 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin klorür değeri, WHO (1993)'ya göre, tavsiye edilen limitin altında yer aldığı, İSY'ye göre A1 değerinde yer almaktadır. Ülkemizde yapılan bazı bilimsel çalışmalarda klorür değeri, Aygır Gölü'nde 17,3 mg/L (Çavuş, 2018), Dolutaş 26.6 mg/L, Değirmigöl 29.6 mg/L, Yumruklu 23.7 mg/L, Dönerdere 26.6 mg/L (Atıcı, 2020) olarak bildirilmiştir. Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda belirtilen değerler ile benzer çıkmıştır.

Kalsiyum (Ca²⁺) ortalama değeri, Gövelek'te 30.87±10.32 mg/L, Sıhke'de 61.07±27.69 mg/L ve Keşiş'te 48.40±14.98 mg/L olarak ölçülmüştür. Tüm göl ve göletler de ortalama 46.78±15.17 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda kalsiyum değeri, Batman Baraj Gölü'nde 20.58-59.22 mg/L arasında (Varol, 2010), Deliçay da ortalama 36.2 mg/L

(Seyhan, 2016) ve Aygır Gölü'nde 54,3 mg/L (Çavuş, 2018) olarak bildirilmiştir. Elde edilen kalsiyum değerleri, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda değerler ile benzerlik göstermektedir.

Magnezyum (Mg²⁺) ortalama değeri, Gövelek'te 33.64±2.95 mg/L, Sıhke'de 16.56±13.02 mg/L ve Keşiş'te 24.40±12.52 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo). Tüm göl ve göletler de ortalama 24.87±8.55 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Ülkemizdeki bazı bilimsel çalışmalarda Magnezyum değeri, Kabaklı Göleti'nde 24.47 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Yedikır Baraj Gölü'nde 5-21 mg/L (Maraşlıoğlu, 2007), Aygır Gölü'nde 40,6 mg/L (Çavuş, 2018), Dönerdere, Yumruklu, Dolutaş ve Değirmigöl'de ortalama 45 mg/L (Atıcı, 2020) olarak bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda değerler ile benzerlik göstermektedir.

Kalsiyum+Magnezyum (Ca²⁺+ Mg²⁺) ortalama değeri, Gövelek'te 139.09±21.40 mg/L, Sıhke'de 134.61±4.44 mg/L ve Keşiş'te 142.51±57.12 mg/L olarak

ölçülmüştür (Tablo 3). Tüm göl ve göletler de ortalama 138.74 ± 3.96 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7).

Karbonat (CO_3^{2-}) ortalama değeri, Gövelek'te 21.43 ± 16.96 mg/L, Sihke'de 5.27 ± 4.82 mg/L ve Keşiş'te 6.63 ± 5.45 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Tüm göl ve göletler de ise ortalama 11.11 ± 8.96 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda karbonat değeri, Kabaklı Göleti'nde 13.78 mg/L (Kaya ve Şen, 2022) ve Aygır Gölü'nde 9.80 mg/L (Çavuş, 2018) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

Bikarbonat (HCO_3^{2-}) ortalama değeri, Gövelek'te 140.30 ± 23.18 mg/L, Sihke'de 103.50 ± 15.60 mg/L ve Keşiş'te 156.36 ± 40.07 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Tüm göl ve göletler de ortalama 133.39 ± 27.10 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bikarbonat değeri, Kabaklı Göleti'nde 182.54 mg/L (Kaya ve Şen, 2022) ve Aygır Gölü'nde 256.9 mg/L (Çavuş, 2018) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen bikarbonat değerleri, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerlerden düşük çıkmıştır. Sulardaki karbonat ve bikarbonat değerlerin farklılık göstermesinin nedeni suyun

içerisindeki farklı kayaç ve toprak yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toplam sertlik ortalama değeri, Gövelek'te 21.74 ± 3.33 mg/L, Sihke'de 21.03 ± 0.69 mg/L ve Keşiş'te 22.27 ± 8.94 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Tüm göl ve göletler de ortalama 21.68 ± 0.62 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda suyun sertlik değeri, Kabaklı Göleti'nde 161.77 mg/L (Kaya ve Şen, 2022) olduğu bildirilmiştir. Göl ve gölet sularının mg CaCO_3/L sertlik derecesi sınıflanmasına göre, yumuşak sular (Samsunlu, 2005) içerisinde, Almanya'daki suların sınıflandırılmasına göre ise, Gövelek, Sihke ve Keşiş sert sular sınıfında yer almaktadır (Oğur ve Tekbaş 2005). Suyun sertliği bölgeden bölgeye değişmektedir. Yeraltı suları yerüstü sularına göre daha serttir. Suların sertliği, kireçtaşı ve kalkerli yerler ile ilişkisi yakındır. Yumuşak sular geçirgenliği az olup, dibindeki kayaçlar genellikle granit yapıdadır (Gray, 2015). Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerlere göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, göletlerin bulunduğu toprak ve kaya yapısından bulunan Ca^{+2} ile Mg^{+2} değerlerinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3. Göl ve göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mg/L)

Göl ve Göletler	Mevsimler	Cl_2	Ca^{+2}	Mg^{+2}	$\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Toplam Sertlik
Gövelek	Sonbahar	19.83	20.20	30.84	114.56	12.30	114.68	17.93
	İlkbahar	24.14	31.60	36.72	148.8	11.00	146.40	23.24
	Yaz	25.92	40.8	33.36	153.92	41.00	159.82	24.06
	Ortalama	23.30	30.87	33.64	139.09	21.43	140.30	21.74
	SD	± 3.13	± 10.32	± 2.95	± 21.40	± 16.96	± 23.18	± 3.33
Sihke	Sonbahar	84.14	41.80	24.96	133.44	10.80	92.72	20.87
	İlkbahar	58.93	92.80	1.56	130.88	3.00	96.38	20.44
	Yaz	80.94	48.60	23.16	139.52	2.00	121.39	21.79
	Ortalama	74.67	61.07	16.56	134.61	5.27	103.50	21.03
	SD	± 13.72	± 27.69	± 13.02	± 4.44	± 4.82	± 15.60	± 0.69
Keşiş	Sonbahar	34.44	62.40	37.44	199.68	12.90	200.08	31.22
	İlkbahar	18.16	50.20	23.28	142.40	4.00	147.62	22.26
	Yaz	33.73	32.60	12.48	85.44	3.00	121.39	13.34
	Ortalama	28.78	48.40	24.40	142.51	6.63	156.36	22.27
	SD	± 9.20	± 14.98	± 12.52	± 57.12	± 5.45	± 40.07	± 8.94

Cl_2 :Klorür, Ca^{+2} :Kalsiyum, Mg^{+2} :Magnezyum, $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$: Kalsiyum+Magnezyum, CO_3^{2-} :Karbonat, HCO_3^- :Bikarbonat

Nitrit (NO_2^-) ortalama değeri, Gövelek'te 0.01 ± 0.01 mg/L, Sihke'de 0.02 ± 0.01 mg/L ve Keşiş'te 0.01 ± 0.01 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler ortalama 0.01 ± 0.01 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin nitrit değeri, ASSKY'ye göre, Gövelek, ve Keşiş hedef değerler arasında, Sihke zorunlu değerlerden yüksek, AB ve TS 266'ya göre, değerlerden düşük, İSY'e göre, A1 sınıf suları içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrit değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.36 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.018 mg/L (Çavuş, 2018), Akköprü Deresi'nde 0.070 mg/L, Güzelkonak Deresi'nde 0.021 mg/L (Bayram, 2016), Karasu Çayı'nda 0.024 mg/L (Atıcı, 2017), Dolutaş 0.000 mg/L, Değirmigöl 0.004 mg/L, Yumruklu 0.009 mg/L, Dönerdere 0.081 mg/L (Atıcı,2020) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda değerlerden düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, bu göletlerde organik kirliliğin daha az olduğunu ve evsel, endüstriyel atıklar ve hayvansal atıkların çalışma konusu göletlere daha az karıştığını göstermektedir.

Nitrit Azotu (NO_2^- -N) ortalama değeri, Keşiş'te tespit edilemedi. Gövelek'te 0.01 ± 0.01 mg/L ve Sihke'de 0.01 ± 0.01 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.01 ± 0.01 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Nitrit azot değeri, YSKYY'ye göre, 1. sınıf kalite sular içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrit azotu değeri, Aygır Gölü'nde 0.006 mg/L (Çavuş, 2018), Dolutaş 0.000 mg/L, Değirmigöl 0.001 mg/L, Yumruklu 0.003 mg/L, Dönerdere 0.025 mg/L (Atıcı,2020) olduğu bildirilmiştir.

Nitrat (NO_3^-) ortalama değeri, Gövelek'te 1.88 ± 0.48 mg/L, Sihke'de 1.11 ± 0.28 mg/L ve Keşiş'te 4.53 ± 0.86 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler de ortalama 2.51 ± 1.79 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin nitrat değeri, SKKY'e göre, 1. sınıf kalite suları içerisinde, İSY'ye göre, A1 sınıf suları içerisinde, AB ve

TS 266'ya göre, düşük olduğu görülmüştür. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrat değeri, Kabaklı Göleti'nde 4.98 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 1.2 ± 0.1 mg/L (Çavuş, 2018), Dolutaş 2.0 mg/L, Değirmigöl 4.5 mg/L, Yumruklu 7.9 mg/L, Dönerdere 16.6 mg/L (Atıcı, 2020) olduğu bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen Nitrat değerleri farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda göre çoğunlukla daha düşük olmasının sebebi, tarımsal faaliyetlerde kullanılan nitrat gübrelerinin ve hayvansal atıkların, Yumruklu, Dönerdere ve Değirmigöl'e göre daha az karıştığını göstermektedir.

Nitrat Azotu (NO_3^- -N) ortalama değeri, Gövelek'te 0.42 ± 0.06 mg/L, Sihke'de 0.25 ± 0.05 mg/L ve Keşiş'te 1.22 ± 0.08 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler ortalama 0.63 ± 0.52 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Nitrat azot değeri, YSKYY'ye göre 1. sınıf kalite suları içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrat azotu değeri, Kabaklı Göleti'nde 1.14 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.028 mg/L (Çavuş, 2018), Dolutaş 0.4 mg/L, Değirmigöl 1.1 mg/L (Atıcı, 2020) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda değerler ile benzerlik göstermektedir.

Amonyum (NH_4) ortalama değeri, Gövelek'te 0.30 ± 0.12 mg/L, Sihke'de 0.08 ± 0.03 mg/L ve Keşiş'te 0.66 ± 0.08 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.35 ± 0.29 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin amonyum değeri, İSY'ye göre, Gövelek ve Sihke A1, Keşiş A2 sınıf sular içerisinde, ASSKY'ye göre ise, zorunlu değerler içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda amonyum değeri, Kabaklı Göleti'nde 1.85 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.063 ± 0.001 mg/L (Çavuş, 2018) ve Balıklıgöl'de (Şanlıurfa) $0.2-0.87$ mg/L (Dişli, 2002) olduğu bildirilmiştir. Göl ve göletlerden elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda değerler ile farklılık göstermektedir. Bu durum, doğada bulunan

birçok organik malzemenin ve bitkisel proteinin çürümesi ve bozulması miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Amonyak (NH_3) ortalama değeri, Gövelek'te 0.27 ± 0.12 mg/L, Sihke'de 0.06 ± 0.03 mg/L ve Keşiş'te 0.51 ± 0.03 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.32 ± 0.27 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin amonyak değeri, ASSKY'ye göre, Gövelek ise zorunlu değerler arasında, Sihke ve Keşiş zorunlu değerlerden yüksek çıkmıştır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda amonyak değeri, Kabaklı Göleti'nde 1.76 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.059 mg/L (Çavuş, 2018) olduğu bildirilmiştir. Doğal yapılı sularda amonyak 0.1 mg/L'den daha düşükken, kanalizasyon ve sanayi atıklarının içerisine karıştığı sularda NH_3 miktarı yüksek olabilmektedir (Atabey, 2015). Bu durum, göletlerin çevresinde bulunan hayvan işletmelerindeki katı ve sıvı atıkların, tarımsal faaliyetler kullanılan gübrelerin, kanalizasyonun suyunun göletlere karışma miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Amonyak Azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) ortalama değeri, Gövelek'te 0.24 ± 0.08 mg/L, Sihke'de 0.08 ± 0.03 mg/L ve Keşiş'te 0.62 ± 0.07 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler ortalama 0.27 ± 0.23 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda amonyak azotu değeri Kabaklı Göleti'nde 0.11 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.04 mg/L (Çavuş, 2018), Dolutaş 0.27 mg/L, Değirmigöl 0.45 mg/L (Atıcı, 2020), Akdeğirmen Baraj Gölü'nün (Afyonkarahisar) 0.65 mg/L (Şahin, 2015) olduğu bildirilmiştir.

Fosfat (PO_4^{3-}) ortalama değeri, Gövelek'te 0.55 ± 0.38 mg/L, Sihke'de 0.05 ± 0.02 mg/L ve Keşiş'te 0.29 ± 0.25 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.26 ± 0.38 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda fosfat değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.23 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.094 mg/L (Çavuş, 2018), Değirmigöl 0.40 mg/L, Yumruklu 0.03 mg/L (Atıcı, 2020) ve Hazar (Elazığ) Gölü'nde $0.05\text{-}1.99$ mg/L (Çoban, 2007) olduğu bildirilmiştir. Kentsel kökenli

kanalizasyon sularındaki fosfatların ise % 32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır. Bu verilere göre, tarım alanlarındaki yoğun yağışlardan sonra oluşan yüzey akışlarla fosfor taşınmasının, oransal olarak diğer kirletici kaynaklara göre çok daha az olduğu söylenebilir. Fosfatın ilişkide olduğu parametreler çözünmüş oksijen, sülfat, sülfid ve potasyumdur. Bölgede tarım aktivitelerinde kullanılan gübre ve zirai ilaçlar Nitrat ve Fosfat kaynağını oluşturmaktadır (Tepe ve Body, 2001). Bu göletlerdeki fosfat en önemli kaynağı, tarımsal faaliyetlerde kullanılan evsel atıklardır.

Fosfor (P) ortalama değeri, Gövelek'te 0.12 ± 0.05 mg/L, Sihke'de 0.02 ± 0.01 mg/L ve Keşiş'te 0.08 ± 0.04 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.07 ± 0.05 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin fosfor değeri, YSKYY'ye göre, Sihke 1. sınıf, Gövelek ve Keşiş 2. sınıf kalite suları içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda fosfor değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.08 mg/L (Kaya ve Şen, 2022) ve Değirmigöl 0.13 mg/L, Yumruklu 0.01 mg/L (Atıcı, 2020) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler fosfat ve fosfor değerleri, genelde farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerlere benzerlik göstermektedir. Bu durum, göletler etrafında yapılan tarımsal ve hayvancılık faaliyetlerinin, suyun içindeki canlı ve ölü organik madde miktarlarının, toprak yapısı ve bitki örtüsünün benzerliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sülfat (SO_4^-) ortalama değeri, Gövelek'te 112.32 ± 8.64 mg/L, Sihke'de 124.00 ± 19.26 mg/L ve Keşiş'te 100.48 ± 57.90 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Tüm göl ve göletler de ortalama 112.27 ± 11.76 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin sülfat değeri, WHO'nun belirlediği tavsiye limitinden düşük değerde, İSY'ye göre, A1 sınıf suları içerisinde, SKKY'e göre 1. sınıf suları içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda sülfat değeri, Kabaklı Göleti'nde 47.24 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 11.7 ± 0.5 mg/L (Çavuş,

2018), Doluş 24.5 mg/L, Değirmigöl 15.5 mg/L, Yumruklu 21.0 mg/L (Atıcı, 2020) ve Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 137.0 mg/L (Tepe, 2009) olarak bildirilmiştir. Tarım faaliyetlerinde kullanılan kimyasallar, evsel ve endüstriyel atıklar sülfat kirliliğine neden

olabilmektedir. Sülfat değerleri 250 mg/L'den yüksek olursa ortamda ciddi bir kirlilik var demektir. (Nisbet & Verneaux, 1970). Çalışmada elde edilen değerlere baktığımızda göl ve göletlerde sülfat kaynaklı ciddi bir kirlilik görülmemektedir.

Tablo 4. Göl ve göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mg/L)

Göl ve Göletler	Mevsimler	NO ₂ ⁻	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ -N	NH ₃	NH ₃ -N	NH ₄	PO ₄ ⁻³	P
Gövelek	Sonbahar	0.00	0.00	1.46	0.35	0.17	0.18	0.19	0.21	0.08
	İlkbahar	0.01	0.01	1.79	0.40	0.25	0.21	0.28	0.49	0.11
	Yaz	0.02	0.01	2.40	0.50	0.40	0.33	0.42	0.96	0.18
	Ortalama	0.01	0.01	1.88	0.42	0.27	0.24	0.30	0.55	0.12
	SD	±0.01	±0.01	±0.48	±0.06	±0.12	±0.08	±0.12	±0.38	±0.05
Sihke	Sonbahar	0.01	0.01	1.34	0.25	0.05	0.03	0.06	0.04	0.02
	İlkbahar	0.02	0.00	0.80	0.20	0.07	0.05	0.08	0.03	0.01
	Yaz	0.02	0.01	1.20	0.30	0.11	0.09	0.11	0.07	0.02
	Ortalama	0.02	0.01	1.11	0.25	0.08	0.06	0.08	0.05	0.02
	SD	±0.01	±0.01	±0.28	±0.05	±0.03	±0.03	±0.03	±0.02	±0.01
Keşiş	Sonbahar	0.00	0.00	4.24	1.20	0.69	0.53	0.73	0.21	0.06
	İlkbahar	0.01	0.00	3.85	1.15	0.56	0.48	0.58	0.19	0.05
	Yaz	0.00	0.00	5.50	1.30	0.62	0.51	0.66	0.37	0.12
	Ortalama	0.01	0.00	4.53	1.22	0.62	0.51	0.66	0.26	0.08
	SD	±0.01	±0.00	±0.86	±0.08	±0.07	±0.03	±0.08	±0.10	±0.04

NO₂⁻:Nitrit, NO₂⁻-N:Nitrit azotu, NO₃⁻:Nitrat, NO₃⁻-N:Nitrat azotu, NH₃:Amonyak, NH₃-N:Amonyak azotu, NH₄:Amonyum
PO₄⁻³:Fosfat, P:Fosfor

Potasyum (K) ortalama değeri, Gövelek'te 3.25±0.90 mg/L, Sihke'de 4.94±0.98 mg/L ve Keşiş'te 4.28±1.17 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Tüm göl ve göletler de ortalama 4.16±0.85 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda potasyum değeri, Aygır Gölü'nde 1.72±0.07 mg/L (Çavuş, 2018) ve Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 6.0 mg/L (Tepe, 2009) olarak bildirilmiştir. Potasyum balık beslemesinde etkili bir rolü vardır. doğal sularda potasyum 1-10 mg/L arasında bulunur ve potasyum belirtilen limit değerin üzerinde olması balıklarda zehirlenme etkisi yapar (Özdemir, 1994). Elde edilen değerler baktığımızda, potasyum balıklar için uygun değerler arasında yer almaktadır.

Sodyum (Na) ortalama değeri, Gövelek'te 23.00±11.53 mg/L, Sihke'de 49.98±11.30 mg/L ve Keşiş'te 27.48±9.04 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Tüm göl ve göletler de ortalama 33.49±14.46 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin sodyum değeri, İSY'ye göre, A1 sınıf suları içerisinde, WHO'nun belirlediği tavsiye

limitinden düşük değerde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda sodyum değeri, Aygır Gölü'nde 1.72±0.07 mg/L (Çavuş, 2018), Balıklıgöl'de (Şanlıurfa) 2.54-7.04 mg/L (Dişli, 2002), Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 58.0 mg/L (Tepe, 2009) olarak bildirilmiştir.

Bor (B) ortalama değeri, Gövelek'te 0.33±0.23 mg/L, Sihke'de 2.21±0.68 mg/L ve Keşiş'te 0.05±0.02 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.86±1.17 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve göletlerin bor değeri, YSKYY'e göre, Sihke 2. sınıf Gövelek ve Keşiş 1. sınıf su kalite değerleri içerisinde, TS 266'ya göre, Sihke parametrik değerin üzerinde, Gövelek ve Keşiş parametrik değerin altında yer almaktadır. İSY'ye göre Sihke A2, Gövelek ve Keşiş A1 değerleri içerisinde, WHO'ya göre Keşiş tavsiye limitinin altında, Gövelek ve Sihke üstünde yer almaktadır. AB'ye göre, Sihke belirtilen değerin üstünde, Gövelek ve Keşiş altında, SKKY'ye göre, Gövelek, ve Keşiş 1 sınıfı, Sihke 4. sınıf kalite sular içerisinde yer

almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bor değeri, Uluabat Gölü'nde 0.86 mg/L (Zünbüngil, 2015) ve Adıgüzel Baraj Gölü'nde 0.659 mg/L (Minareci ve Çakır, 2018) olarak bildirilmiştir. Elde edilen tüm göl ve göletin ortalama değeri farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

Organik madde ortalama değeri, Gövelek'te 4.99 ± 3.87 mg/L, Sihke'de 1.12 ± 0.39 mg/L ve Keşiş'te 4.04 ± 3.94 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Tüm göl ve göletler de ortalama 3.38 ± 2.02 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda organik madde değeri, Karanfilliçay (Denizli-Muğla) Deresi'nde 2.2-14.5 mg/L (Bulut vd., 2010), Köprüçay (Antalya) Nehri'nde 1.25 mg/L (Çiçek ve Ertan, 2012) olarak bildirilmiştir. Elde edilen değerler, Gövelek hariç, farklı su

kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir. Mikrobiyolojik faaliyetler ile bozulan organik maddelerden NH_3 oluşmaktadır. Organik madde arttıkça sularındaki amonyak miktarı da artar.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ortalama değeri, Gövelek'te 0.70 ± 0.41 , Sihke'de 1.50 ± 0.34 ve Keşiş'te 0.72 ± 0.37 olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.97 ± 0.46 olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve gölet sularındaki SAR değeri, SKKY'ye göre, 1. sınıf su kalite değerleri içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda potasyum değeri, Aygır Gölü'nde 0.57 mg/L (Çavuş, 2018), Çavuşcu (Konya) Gölü sulama kanalında 0.22-1.37 (Dönmez, 2010) olarak bildirilmiştir.

Tablo 5. Göl ve göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mg/L)

Göl ve Göletler	Mevsimler	SO_4^-	K	Na	B	Organik Madde	SAR	Alkalinite
Gövelek	Sonbahar	112.32	2.73	34.96	0.59	8.32	1.14	T2-A1
	İlkbahar	103.68	2.73	11.96	0.15	5.89	0.34	T2-A1
	Yaz	120.96	4.29	22.00	0.25	0.75	0.62	T2-A1
	Ortalama	112.32	3.25	23.00	0.33	4.99	0.70	T2-A1
	SD	± 8.64	± 0.90	± 11.53	± 0.23	± 3.87	± 0.41	-
Sihke	Sonbahar	135.36	5.85	63.02	2.99	1.52	1.90	T2-A1
	İlkbahar	134.88	3.90	43.00	1.78	0.95	1.31	T2-A1
	Yaz	101.76	5.07	43.93	1.85	0.90	1.30	T2-A1
	Ortalama	124.00	4.94	49.98	2.21	1.12	1.50	T2-A1
	SD	± 19.26	± 0.98	± 11.30	± 0.68	± 0.34	± 0.34	-
Keşiş	Sonbahar	159.84	5.46	37.49	0.03	8.59	0.92	T2-A1
	İlkbahar	97.44	3.12	19.89	0.06	1.83	0.29	T2-A1
	Yaz	44.16	4.26	25.07	0.07	1.70	0.94	T2-A1
	Ortalama	100.48	4.28	27.48	0.05	4.04	0.72	T2-A1
	SD	± 57.90	± 1.17	± 9.04	± 0.02	± 3.94	± 0.37	-

T2-A1: Orta tuzlu ve az sodyumlu sulardır. T1-A1: Az tuzlu ve az sodyumlu sulardır.

SO_4^- : Sülfat, K: Potasyum, Na: Sodyum, B: Bor, SAR: Sodyum adsorbsiyon oranı

Demir (Fe^{+2}) ortalama değeri, Gövelek'te 0.160 ± 0.143 mg/L, Sihke'de 0.013 ± 0.006 mg/L ve Keşiş'te 0.024 ± 0.005 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.066 ± 0.082 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve gölet sularındaki demir değeri, Gövelek, Sihke ve Keşiş, YSKYY'ye göre, 1. sınıf, İSY'ye göre A1 sınıf kalite suları içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel

çalışmalarda demir değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.018 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.003 mg/L (Çavuş, 2018), Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 0.19 mg/L (Tepe, 2009), Bendimahı Çayı'nda (Van) 0.025 mg/L (Bulum, 2015) ve Dolutaş 0.12 mg/L, Değirmigöl 0.065 mg/L, Yumruklu 0.02 mg/L, Dönerdere 0.02 mg/L (Atıcı, 2020) olarak bildirilmiştir. Demir, doğal ortamdaki kayalarda bol miktarda

bulunan bir metaldir. Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalarda değerlere göre farklılık göstermektedir.

Mangan (Mn^{+2}) ortalama değeri, Gövelek'te 0.008 ± 0.004 mg/L, Sihke'de 0.008 ± 0.004 mg/L ve Keşiş'te 0.005 ± 0.005 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Tüm göl ve göletler ortalama 0.007 ± 0.002 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve gölet sularındaki mangan değeri, İSY'ye göre, Gövelek ve Sihke A1 ve Keşiş A2,

YSKYY'ye göre, 1. sınıf sular içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda mangan değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.018 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.000 mg/L (Çavuş, 2018) ve Dolutaş 0.500 mg/L, Değirmigöl 0.300 mg/L, Yumruklu 0.100 mg/L, Dönerdere 0.100 mg/L (Atıcı,2020) olarak bildirilmiştir. Hava ile buluşan mangan oksitlenmektedir. Sularındaki mangan canlılar tarafından kullanılabilir şekildedir (Gray, 2015).

Tablo 6. Göl ve göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mg/L)

Göl ve Göletler	Mevsimler	Co	Cr	Fe	Mn	Cu	Ni	Zn
Gövelek	Sonbahar	DLA	DLA	0.047	0.003	0.004	DLA	0.003
	İlkbahar	DLA	DLA	0.320	0.010	0.003	DLA	0.003
	Yaz	DLA	DLA	0.112	0.010	0.001	DLA	0.001
	Ortalama	DLA	DLA	0.160	0.008	0.003	DLA	0.002
	SD	$\pm 0,000$	$\pm 0,000$	± 0.143	± 0.004	± 0.002	± 0.000	± 0.001
Sihke	Sonbahar	DLA	DLA	0.008	0.005	0.002	DLA	0.006
	İlkbahar	DLA	DLA	0.020	0.002	0.002	DLA	0.002
	Yaz	DLA	DLA	0.012	0.010	0.001	DLA	0.001
	Ortalama	DLA	DLA	0.013	0.008	0.002	DLA	0.003
	SD	$\pm 0,000$	$\pm 0,000$	± 0.006	± 0.004	± 0.001	± 0.000	± 0.003
Keşiş	Sonbahar	DLA	DLA	0.030	0.002	0.007	DLA	0.007
	İlkbahar	DLA	DLA	0.020	0.002	0.002	DLA	0.003
	Yaz	DLA	DLA	0.022	0.010	0.003	DLA	0.005
	Ortalama	DLA	DLA	0.024	0.005	0.004	DLA	0.005
	SD	$\pm 0,000$	$\pm 0,000$	± 0.005	± 0.005	± 0.003	± 0.000	± 0.002

DLA: Dedeksiyon Limitinin Altında

Co: Kobalt, Cr:Krom, Fe:Demir, Mn:Mangan, Cu: Bakır, Ni: Nikel, Zn:Çinko

Bakır (Cu) ortalama değeri, Gövelek'te 0.003 ± 0.002 mg/L, Sihke'de 0.002 ± 0.001 mg/L ve Keşiş'te 0.004 ± 0.003 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.003 ± 0.001 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve gölet sularındaki bakır değeri, TS 266, WHO ve AB'ye göre, belirtilen değerlerin altında, YSKYY'ye göre 1. sınıf, İSY'ye göre, A1 sınıf kalite suları içerisinde, ASSKY'ye göre, hedef değerler arasında yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bakır değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.002 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.004 mg/L (Çavuş, 2018), Bendimahı Çayı'nda (Van) 0.009 mg/L (Bulum, 2015) ve Güzelkonak Deresi'nde 0.000 mg/L (Bayram, 2016) olarak bildirilmiştir. Bakır

madenlerinden gelen atık sular, farklı su kaynaklarına karıştığında canlılar için risk teşkil etmektedir (Atabey, 2015). Çalışma alanı olan göl ve göletlerin çevresinde ya da yakınında herhangi bir bakır madeni bulunmamaktadır.

Çinko (Zn) ortalama değeri, Gövelek'te 0.002 ± 0.001 mg/L, Sihke'de 0.003 ± 0.003 mg/L ve Keşiş'te 0.005 ± 0.002 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Tüm göl ve göletler de ortalama 0.003 ± 0.002 mg/L olarak ölçülmüştür (Tablo 7). Göl ve gölet sularındaki çinko değeri, ASSKY'ye göre, zorunlu değerler arasında, YSKYY'ye göre, 1. sınıf, İSY'ye göre, A1 sınıf kalite suları içerisinde yer almaktadır. Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda çinko değeri, Bendimahı Çayı'nda (Van) 0.17 mg/L

(Bulum, 2015), Güzelkonak Deresi'nde 0.037 mg/L (Bayram, 2016) ve Kabaklı Göleti'nde 0.09 mg/L (Kaya ve Şen, 2022), olarak bildirilmiştir. Çinko hava, su ve

toprakta doğal olarak bulunan bir maddedir. Elde edilen değerler, farklı su kaynaklarında yapılan çalışmalardaki değerlerden küçük çıktığı tespit edilmiştir.

Tablo 7. Göl ve göletlerin su kalitesi parametrelerinin ortalama, standart sapma (SD), minimum (min.) ve maksimum (max.) değerleri

Parametre	Min	Mak	Ort.	SD	Parametre	Min	Max	Ort.	SD
Sıcaklık (°C)	2.08	19.90	12.68	±2.22	NH ₃ -N (mg/L)	0.03	0.53	0.27	±0.23
ÇO (mg/L)	3.20	12.76	8.30	±1.60	NH ₄ (mg/L)	0.06	0.73	0.35	±0.29
TÇK (mg/L)	146.30	312.00	233.32	±28.31	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	0.03	0.96	0.29	±0.25
Eİ (µS/cm)	306.00	646.00	476.56	±62.55	P (mg/L)	0.01	0.18	0.07	±0.05
Tuzluluk (%)	0.15	0.32	0.23	±0.03	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	44.16	159.84	112.27	±11.76
pH	8.18	9.86	8.92	±0.31	K (mg/L)	2.73	5.85	4.16	±0.85
AKM (mg/L)	4.10	35.57	21.58	±12.13	Na (mg/L)	11.96	63.02	33.49	±14.46
Bulanıklık (NTU)	3.10	33.00	12.25	±6.01	B (mg/L)	0.03	2.99	0.86	±1.17
Cl ₂ (mg/L)	18.16	84.14	42.25	±28.21	T. Sertlik (mg/L)	13.34	31.22	21.68	±0.62
Ca ²⁺ (mg/L)	20.20	92.80	46.78	±15.17	Organik Madde	0.75	8.59	3.38	±2.02
Mg ²⁺ (mg/L)	1.56	37.44	24.87	±8.55	SAR	0.29	1.90	0.97	±0.46
Ca+Mg	85.44	199.68	138.74	±3.96	Co (mg/L)	DLA	DLA	DLA	DLA
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	2.00	41.00	11.11	±8.96	Cr ⁶⁺ (mg/L)	DLA	DLA	DLA	DLA
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	92.72	200.08	133.39	±27.10	Fe ²⁺ (mg/L)	0.008	0.320	0.066	±0.082
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.00	0.02	0.01	±0.01	Mn ²⁺ (mg/L)	0.002	0.010	0.007	±0.002
NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	0.00	0.01	0.01	±0.01	Cu (mg/L)	0.001	0.007	0.003	±0.001
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.80	5.50	2.51	±1.79	Ni (mg/L)	DLA	DLA	DLA	DLA
NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	0.20	1.30	0.63	±0.52	Zn (mg/L)	0.001	0.007	0.003	±0.002
NH ₃ (mg/L)	0.05	0.69	0.32	±0.27					

4. Sonuç

Araştırma çalışması, Van il sınırları içerisinde yer alan, İpekyolu ve Gürpınar ilçelerinde bulunan Keşiş gölü ile Gövelek, Sıhke göletlerinde yürütülmüştür. Çalışma sonucunda göl ve göletlerde belirlenen noktalarda alınan su parametrelerinde yapılan analiz ölçümleri sonucunda tüm göl ve göletlerde elde edilen ortalama değerlere göre; su sıcaklığı YSKYY ve SKKY'ye göre 1. sınıf ve ASSKY'nin belirlediği zorunlu değerler içerisinde, çözünmüş oksijen YSKYY'ye göre 1. sınıf, ASSKY'ye göre belirtilen değer üzerinde, pH SKKY'ye göre 4. sınıf YSKYY'ye göre 3. sınıf, İSY'ye göre A1 kalite suları içerisinde, ASSKY'ye göre zorunlu değerler içerisinde, elektriksel iletkenlik SKKY ve YSKYY'e göre 2. sınıf kalite suları içerisinde, nitrat ve nitrit TS 266 ve AB'ye göre uygun değerlerde, İSY'ye göre A1 kalite suları içerisinde, nitrit ASSKY'ye hedef değerler içerisinde, fosfor YSKYY'ye göre 2. sınıf kalite sular içerisinde, bakır SKKY ve YSKYY'e göre 1. sınıf kalite suları içerisinde, TS 266, WHO ve AB'ye göre uygun değerlerde, İSY'e göre A1 kalite suları içerisinde, ASSKY'ye göre

hedef değer içerisinde, sülfat İSY'e göre A1 kalite suları içerisinde, WHO'ya göre uygun değerde, bor SKKY'ye göre 2. sınıf, YSKYY'e göre ise 1. sınıf kalite suları içerisinde, TS 266 ve AB'ye göre uygun değerlerde, İSY'ye göre A1 kalite suları içerisinde, sodyum İSY'ye göre A1 kalite suları içerisinde, çinko SKKY'ye göre 1. sınıf sular içerisinde, WHO'ya göre uygun değerde, İSY'ye göre A1 kalite suları içerisinde, ASSKY'ye göre hedef değer içerisinde, amonyum İSY'ye göre A1 kalite suları içerisinde, amonyak ASSKY'ye göre hedef değer üstünde, demir YSKYY'ye göre 1. sınıf, İSY'e göre A1, mangan YSKYY'ye göre 1. sınıf sular içerisinde, WHO'ya göre uygun değerde, SAR SKKY'e göre 1. sınıf kalite suları içerisinde, klorür SKKY'e göre 1. sınıf, İSY'ye göre ise A1 kalite suları içerisinde, WHO'ya göre uygun değerde, askıda katı madde YSKYY'e göre 1. sınıf kalite suları içerisinde, ASSKY'ye göre hedef değerler içerisinde, bulanıklık İSY'ye göre A2 kalite suları içerisinde bulunmuştur.

Sonuç olarak; Çalışma konusu göl ve göletlerin ortalama değerleri, su kalite sınıflarına göre değerlendirildiğinde, pH dışındaki parametreler, tarımsal sulamada

kullanılabilecek kalitede olduğu, amonyak değeri dışındaki parametreler ise balıkçılık açısından uygun olduğu belirlenmiştir. Göl ve göletlere Tarım ve Orman İl Müdürlüğü tarafından belli aralıklar ile sazan balığı aktarılmakta olup, hali hazırda amatör balıkçılık, tarımsal amaçlı olarak kullanılmaktadır (Demir, 2023b). Göl ve göletlerin çevresinde yapılan tarım amaçlı çalışmalar genelde havaların ısınmasıyla başlar. Bu dönemde tarımsal arazilerin yoğun şekilde sulanması, yağışların az olması ve yüksek sıcaklıktan kaynaklanan buharlaşmanın nedeniyle göl ve göletlerin su seviyesinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Arazi sulamalarında, su israfını engellemek için vahşi (salma) sulama yöntemi yerine modern sulama sistemleri kullanılmalıdır. Ayrıca, bu konuda, çiftçiler bilinçlendirilmeli ve teşvik edilmelidir.

Kaynaklar

AB, (1998) Avrupa Birliği, insan tüketimi amacıyla kullanılacak su kalitesini 98/83/EC Konsey Direktifi.

<https://suar.com.tr/uygulamalar/icme-suyu/icme-suyu-standartlari/avrupa-birligi-icme-suyu-standartlari/>. Erişim tarihi: 10.11.2023.

Akbaş, A. (2014) Türkiye üzerindeki önemli kurak yıllar. Coğrafi Bilimler Dergisi 12 (2), 101-118.

APHA. (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health, USA, 1008p.

ASSKY, (2014) Alabalık ve Sazan Türü Balıkların Yaşadığı Suların Korunması ve İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete 12.1.2014 tarihli ve 28880 sayılı, Ankara.

Atabey, E. (2015) Elementler ve sağlığa etkileri, Hacettepe Üniversitesi Mezotelyoma ve Medikal Jeoloji Araş. ve Uygulama Merkezi Yayınları, Yayın No: 1, Ankara, s.619.

Atıcı, A. A. (2017) Karasu Çayı (Van) kum alım faaliyetlerinin su kalitesi ve inci kefalı (*Alburnus Tarichi*, Guldenstaedt 1814) populasyonu üzerine etkileri (doktora tezi basılmamış). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Atıcı, A. A. (2020) Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Doluş Göletlerinin (Van, Türkiye) su kalite özelliklerinin belirlenmesi. Cilt: 5 Sayı: 3, 348

Ayyıldız, M. (1983) Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri (ikinci baskı). A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 879, Ders Kitabı No: 244, Ankara.

Bayram, M.S. (2016) Van Gölü'ne dökülen Güzelkonak (Arpıt) Deresi'nin (Gevaş-Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 107s.

Bulum, B.Ö. (2015) Bendimahi Çayı'nın (Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 126s.

Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükpara, R., Savaşer S. (2010) Karanfilliçay Deresi suyunun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerinin mevsimsel değişimi ve akuakültür açısından değerlendirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21: 1-7.

Ceylan, A., Turgut, E., İnal, İ., Mollamahmutoğlu, A., Aydoğan, A. (2009) Türkiye'de son yıllarda gözlenen kuraklık hadiselerinin değerlendirilmesi. Su kaynakları, 2, 1-11.

Çavuş, A. (2018) Aygır Gölü su kalitesi ve yönetimi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye, 215s.

Çetinkaya, O. (2003) Su kalitesi ders notları, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü. Van, Türkiye, 76s.

Çiçek, N. L., Ertan, Ö. O. (2012) Köprüçay Nehri (Antalya)'nin fiziko-kimyasal özelliklerine göre su kalitesinin belirlenmesi. Ekoloji, 21 (84): 54-65.

Çoban, F. (2007) Hazar Gölü su kalitesinin araştırılması (yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Dede, Ö., Sezer, M. (2017) Aksu çayı su kalitesinin belirlenmesinde Kanada su kalitesi indeksi (CWQI) modelinin uygulanması. Journal

of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (3): 909-917.

Demir, M. (2023a) 2021 yılında görülen kuraklığın Van ilindeki bazı su kaynakları ve balıkçılığa etkileri. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (KUZFAD). Sayı: 2, 94 – 104.

Demir, M. (2023b) Van ilinde su ürünleri üretiminin mevcut durumu. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Dergisi (COMU-JMSF). Cilt: 6 Sayı: 1, 15 – 23.

Dişli, M. (2002) Şanlıurfa Balıklıgölü'nün su kalitesi yönüyle değerlendirilmesi (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Dönmez, Z. K. (2010) Ilgın Çavuşçu Gölü sulama kanalında su kalitesi parametrelerinin incelenmesi (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Duran, C. (2016) Taşköprü İlçesindeki (Kastamonu) göl/göletlerin kırsal rekreasyona uygunluğu. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9(46), 295-301.

Elp, M. (2002) Koçköprü Baraj Gölü'nde (Van) yaşayan siraz (*Capoeta capoeta*, Guldensteadt, 1772) ve İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) populasyonları üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 144s.

Elp, M., Atıcı, A. A., Şen, F., Duyar, H. A. (2016) Van Gölü Havzası balıkları ve yayılım bölgeleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 26 (4): 563-568.

Gray, N. F. (2015) Metaller, 9. içme suyu kalitesi. (Ed. Mustafa Işık), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 519.

Gülle, İ. (2005) Karacaören I Baraj Gölü (Burdur) planktonunun taksonomik ve ekolojik olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel araştırma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35(3-4), 201-208.

Gümüş, N. E., Akköz, C. (2020) Eber Gölü (Afyonkarahisar) Su Kalitesinin Araştırılması. Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 6(2), 153-163. <https://doi.org/10.17216/limnofish.638567>.

Günay, A. (2018) Su Kimyası ve Kimyasal Temel İşlemler. Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü. Balıkesir. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa b, 2005.

HACH. (2005). DR 5000 Spectrometer procedures manuel, Erişim tarihi: 10 Haziran 2020, http://tr.hach.com/quick_search-download.search.jsa?keywords=kullan%C4%B1m.

İSY, (2019) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete 6.7.2019 tarihli ve 30823 sayılı, Ankara.

Kabay, T. (2019) Tarımsal kuraklık. 3. international symposium on natural hazards and disaster management, Van, Türkiye, 25 - 27 Ekim 2019, ss.128-133.

Kapluhan, E. (2013) Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 27, 487 – 510.

Karaman, S., Gökalp, Z. (2010) Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 3 (1): 59-66.

Kaya, N., Şen, F. (2022) Kabaklı Göleti (Diyarbakır) suyunun su kalitesi özellikleri. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (KUZFAD). Cilt: 2 Sayı: 2, 174 – 184.

Maraşlıoğlu, F. (2007) Yedikır Baraj Gölü (Amasya-Türkiye) fitoplanktonu ve mevsimsel değişimi üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Minareci, O., Çakır, M. (2018) Adıgüzel Baraj Gölü'nde (Denizli/Türkiye) deterjan, fosfat, bor ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(1), 61-67.

Nisbet, M., Verneaux, J. (1970) Composants chimiques des eaux courantes: discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annales de Limnologie, 6(2), 161-190.

Obiefuna, G.I., Sheriff, A. (2011) assessment of shallow ground water quality of pindiga area, yola area, ne, nigeria for irrigation and domestic purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3: 2: 131-141.

Oğur R., Tekbaş Ö.F. (2005) Su analizleri. Aydan Matbaacılık.

Özdemir, N. (1994) Tatlı ve tuzlu sularda alabalık üretimi. Fırat Üniversitesi Yayınları, No:35 sayfa 228, Elazığ.

Richards, L.A. (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USD A Handbook No: 60.

Samsunlu, A. (2005) Çevre Mühendisliği Kimyası. Birsen Yayınevi, İstanbul.

Sepil, A. (2020) Nemrut Krater Gölü (Bitlis) su kalitesi, gölde yaşayan *Aphanius mento* (Heckel, 1843)'nin larval ontogenisi ve osmoregülatör kapasitesinin belirlenmesi. (Doktora Tezi). Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Seyhan, Y. (2016) Deliçay (Haydarbey Çayı)'nın su kalite kriterlerinin incelenmesi (yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

SKKY. (2015) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Erişim tarihi: 14 Kasım 2023, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>.

Şahin, C. (2015) Düzağaç Akdeğirmen Baraj Gölü (Sincanlı, Afyonkarahisar) sığ bentik zon'daki chironomidae faunasının su kalitesi ile ilişkilendirilmesi üzerine bir araştırma (yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

Şen, F. (2016) Türkiye'de su kaynakları yönetimi, söz sahibi kurumlar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve su ürünleri uygulamaları, 2023-2071 vizyonu ile tarım (Ed: Kızılkaya S., Öztürk H., Djan F., Değirmen Ş.,). 2. Cilt, Semih Ofset. Ankara, s: 208-241.

Şen, F. (2017) Türkiye'de su kaynakları yönetimi, söz sahibi kurumlar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve su ürünleri uygulamaları, 2023-2071 vizyonu ile tarım, (Ed. Sabri Kızılkaya, Hüseyin Öztürk, Fatih Doğan, Şahin Değirmen, Nail Süngü), Semih Sistem Ofset Basım Yayım, Ankara, 208-241.

Şen, F., Atıcı, A. A., Elp, M. (2018) Van Gölü Havzası endemik balık türleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 28:63-70.

Tanyolaç, J. (2000) Limnoloji. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.

Teng, P. P. S., Lassa, J., Anthony, M. C. (2017) Climate change and fish availability. World Scientific. Cosmos, Vol. 12, No 1 29-42.

Tepe, Y. (2009) Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi. Ekoloji Dergisi, 18(70), 38-46.

Tepe, Y., Boyd, C.E. (2001) A sodium-nitrate-based, water-soluble, granular fertilizer for sport fish ponds, North American Journal of Aquaculture, 63, 328-322.

TSE. (2005) Türk Standardı 266 (TS 266). İnsani tüketim amaçlı sular, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 5s.

Varol, M. (2010) Dicle Nehri ve üzerindeki baraj göllerinin fiziksel, kimyasal ve algolojik özellikleri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 237.

WHO, (1993) World Health Organization. Guidelines for Drinkingwater Quality. <https://suar.com.tr/uygulamalar/icme-suyu/icme-suyu-standartlari/dunya-saglik-orgutu-icme-suyu-standartlari/>. Erişim tarihi: 10.11.2023.

Yıldız, K., Şen, B., Baykal, T., Akbulut, A., Açıkgöz, İ., Udoh, A. U., Alp, M. T., Canpolat, Ö., Koçer, M. A., Çağlar, M (2008). Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki önemli sulak alanların alg florasının sistematik olarak incelenmesi (Dicle Havzası), TÜBİTAK Proje No: TBAG-2436 (101T045).

Yılmaz, L., Peker, S (2013). Su kaynaklarının Türkiye açısından ekono-politik önemi ekseninde olası bir tehlike: Su savaşları, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Ankara, 3(1): 57-74.

Yönten, A. (2007) Küresel ısınmanın azaltılması politikaları ve stratejileri-Türkiye için yaklaşım (Y. Lisans Tezi), Dokuz Eylül Ün. SBE, Kamu Yönetimi ABD, İzmir, 170 s.

YSKYY. (2015) Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete 5.4.2015 tarih ve 29327 sayı, Ankara.

Zünbülçil, B., (2015) Uluabat Gölü Sulakalan Bölgesi Epifitik Diyatomeleleri İle Su Kalitesi Arasındaki İlişkiler (yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



Mersin University
Faculty of Fisheries
medfar@mersin.edu.tr