

T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ÇILDIR GÖLÜ'NÜN SUYUNDA, SEDİMENTİNDE, HAVUZ BALIĞINDA
(*Carassius gibelio* Bloch, 1782), KAMIŞ (*Phragmites australis* L.) VE TILKI
KUYRUĞU (*Ceratophyllum demersum* L.) BİTKİLERİNDE BAZI AĞIR
METALLERİN DERİŞİM DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Gökçen ÇEVİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GEY

2012
KARS

Bu tez çalışması 2011 FEF-14 numaralı proje ile Kafkas Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Merkezi tarafından desteklenmiştir.

T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ÇILDIR GÖLÜ'NÜN SUYUNDA, SEDİMENTİNDE, HAVUZ BALIĞINDA
(*Carassius gibelio* Bloch, 1782), KAMIŞ (*Phragmites australis* L.) VE TİLKİ
KUYRUĞU (*Ceratophyllum demersum* L.) BİTKİLERİNDE BAZI AĞIR
METALLERİN DERİŞİM DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Gökçen ÇEVİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GEY

2012
KARS

T.C. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Mehmet Gökçen ÇEVİK' in Yrd.Doç. Dr. Hüseyin GEY' in danışmalığında yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “Çıldır Gölü'nün Suyunda, Sedimentinde, Havuz Balığında (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), Kamış (*Phragmites australis* L.) ve Tilki Kuyruğu (*Ceratophyllum demersum* L.) Bitkilerinde Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Yönetmenliği uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

29/06/2012

	Adı ve Soyadı
Başkan	:Yrd.Doç.Dr. Hüseyin GEY
Üye	:Doç.Dr. Süleyman GÜL
Üye	:Doç.Dr. Temel ÖZTÜRK

İmza

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../2012 gün ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç.Dr. Muzaffer ALKAN

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çıldır Gölü' nün suyunda, sedimentinde ve bu gölden avlanan *Carassius gibelio* (Havuz Balığı) ile gölün çevresinde ve içinde yetişen *Phragmites australis* L. (Kamış) ve *Ceratophyllum demersum* L. (Tilki Kuyruğu) bitkilerinde bulunan bazı ağır metallerin (Fe, Cu, Mn, Zn, Pb) düzeyleri incelenmiştir. Daha önce Çıldır Gölü'nde yapılan araştırmalardan farklı olarak bu çalışmada *Phragmites australis* ve *Ceratophyllum demersum* bitkilerinde ağır metal analizleri yapılmıştır. Bu çalışma Çıldır Gölü ekosisteminin ağır metal düzeyinin belirlenmesi bakımından önemlidir.

Bu tez konusunu bana vererek ve projelendirerek çalışmamın her aşamasında değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GEY'e, çalışmamın metal analizlerini gerçekleştiren Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Nesrin YILDIZ' a, çalışmam sırasında yardımcı olan Hamit USLU' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, çalışmamın başından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz minnetlerimi sunarım.

KARS – 2012

Mehmet Gökçen ÇEVİK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
RESİMLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1.GİRİŞ	1
2. İNCELENEN METALLERİN ÖZELLİKLERİ	5
2.1 Bakır (Cu)	5
2.2 Kurşun (Pb)	7
2.3 Çinko (Zn)	8
2.4 Demir (Fe)	9
2.5 Manganez (Mn)	10
3. METALLERİN SUCUL ORTAMDA DOLANIMLARI	12
4. İNCELENEN BALIK VE SUCUL BİTKİLER HAKKINDA KISA BİLGİ	15
4.1 <i>Carassius gibelio</i> (Havuz Balığı)	15
4.2 <i>Ceratophyllum demersum L.</i> (Tilki Kuyruğu)	16
4.3 <i>Phragmites australis L.</i> (Kamış)	18
5. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA KISA BİLGİ	19
6. MATERYALVE METOT	21
6.1 Çalışma İstasyonları	21
6.2 Örneklerin Toplanması	22
6.3 Örneklerinin Değerlendirilmesi	22
6.4 Balık Örneklerinin Özütlenmesi	23
6.5 Bitki Örneklerinin Özütlenmesi	23

6.6 Sediment Örneklerinin Özütlenmesi	24
6.7 Su Örneklerinin Özütlenmesi	24
6.8 Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	25
7. BULGULAR	26
7.1 <i>Carassius gibelio</i> Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	26
7.1.1 <i>Carassius gibelio</i> ' nun Kas Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri	26
7.1.2 <i>Carassius gibelio</i> ' nun Karaciğer Organındaki Ağır Metal Düzeyleri	28
7.1.3 <i>Carassius gibelio</i> ' nun Solungaç Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri	29
7.2 <i>Phragmites australis L.</i> Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	31
7.2.1 <i>Phragmites australis L.</i> Kök Kısımlarındaki Ağır Metal Düzeyleri	31
7.2.2 <i>Phragmites australis L.</i> Gövde Kısımlarındaki Ağır Metal Düzeyleri	33
7.2.3 <i>Phragmites australis L.</i> Yaprak Kısımlarındaki Ağır Metal Düzeyleri	34
7.3 <i>Ceratophyllum demersum L.</i> Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	35
7.4 Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	37
7.5 Su Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri	38
7.6 Balık, Sediment ve su Örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) Değerleri	40
8. TARTIŞMA VE SONUÇ	41
9. KAYNAKLAR	48
10. ÖZGEÇMİŞ	55

ÖZET

Bu çalışmada, Çıldır Gölü' nde Havuz balığı (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), Kamış (*Phragmites australis* L.), Tilki Kuyruğu (*Ceratophyllum demersum* L.), ortam sedimentinde ve suyunda ağır metallerin (Fe, Cu, Zn, Mn and Pb) birikim düzeyleri incelenmiştir.

Örnekler 2010 yılının Ağustos ve Kasım aylarında toplanıp Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile analiz edilmiştir.

Bulgularımıza göre Havuz balığının (*Carassius gibelio*) kas dokusunda; Fe 4.60-7.20, Mn 0.30-0.73, Zn 3.30-5.00, Cu 0.02-0.05, Pb 0.04-0.36 mg/kg, karaciğer organında Fe 5.85-9.82, Mn 0.31-0.96, Zn 3.90-7.63, Cu 0.02-0.03, Pb 0.20-0.36 mg/kg, solungaç dokusunda Fe 11.84-20.74, Mn 1.55-2.66, Zn 9.52-10.60, Cu 0.04-0.12, Pb 0.03-0.24 mg/kg, Kamışın (*Phragmites australis* L.) kök kısmında; Fe 14.87-22.28, Mn 3.75-7.64, Zn 18.78-32.88, Cu 0.04-0.06, Pb 1.14-1.53 mg/kg, gövde kısmında Fe 4.88-7.43, Mn 0.90-2.15, Zn 5.67-9.25, Cu 0.03-0.04, Pb 1.15-1.36 mg/kg, yaprak kısmında Fe 6.94-7.89, Mn 2.39-4.49, Zn 10.25-19.38, Cu 0.02-0.04, Pb 1.45-1.55 mg/kg, Tilki Kuyruğunda (*Ceratophyllum demersum* L.) Fe 18.36-27.47, Mn 17.59-25.75, Zn 64.52-83.10, Cu 0.02-0.011, Pb 1.20-1.58 mg/kg, sedimentte Fe 49.63-51.28, Mn 13.06-19.07, Zn 77.86-91.02, Cu 0.49-0.75, Pb 1.41-1.80 mg/kg ve suda Fe 16.17-19.12, Mn 0.20-0.34, Zn 2.22-2.86, Cu 0.38-1.00, Pb 1.58-2.72 mg/kg arasında değiştiği saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlar, ulusal ve uluslararası kuruluşlarca belirlenen ağır metallerin birikim düzeyleri ile karşılaştırıldı ve incelenen metallerin düzeylerinin çevre ve halk sağlığı yönünden herhangi bir risk oluşturmadığı bulunmuştur.

2012, 68 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Carassius gibelio*, *Phragmites australis*, *Ceratophyllum demersum*, Su, Sediment, Ağır Metal, Çıldır Gölü, Türkiye

ABSTRACT

In this research, the concentration levels of heavy metals (Fe, Cu, Zn, Mn and Pb) in goldfish (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), reed (*Phragmites australis* L.), foxtail (*Ceratophyllum demersum* L.), water and sediment examples were determined in the ıldır Lake.

Samples were collected in August and November, 2010, were analysed by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS).

The following results were found in the muscle of goldfish ; Fe 4.60-7.20, Mn 0.30-0.73, Zn 3.30-5.00, Cu 0.02-0.05, Pb 0.04-0.36 mg/kg, liver organ of Fe 5.85-9.82, Mn 0.31-0.96, Zn 3.90-7.63, Cu 0.02-0.03, Pb 0.20-0.36 mg/kg, gill tissues of Fe 11.84-20.74, Mn 1.55-2.66, Zn 9.52-10.60, Cu 0.04-0.12, Pb 0.03-0.24 mg/kg, root of reed ; Fe 14.87-22.28, Mn 3.75-7.64, Zn 18.78-32.88, Cu 0.04-0.06, Pb 1.14-1.53 mg/kg, stem of Fe 4.88-7.43, Mn 0.90-2.15, Zn 5.67-9.25, Cu 0.03-0.04, Pb 1.15-1.36 mg/kg, leaf of Fe 6.94-7.89, Mn 2.39-4.49, Zn 10.25-19.38, Cu 0.02-0.04, Pb 1.45-1.55 mg/kg, foxtail in Fe 18.36-27.47, Mn 17.59-25.75, Zn 64.52-83.10, Cu 0.02-0.011, Pb 1.20-1.58 mg/kg, sediment in Fe 49.63-51.28, Mn 13.06-19.07, Zn 77.86-91.02, Cu 0.49-0.75, Pb 1.41-1.80 mg/kg and water in Fe 16.17-19.12, Mn 0.20-0.34, Zn 2.22-2.86, Cu 0.38-1.00, Pb 1.58-2.72 mg/kg respectively.

Our findings have been compared with the extreme values of heavy metals of national and international intitutions and finding metals levels don't make up any risk in terms of environmental and social health.

2012, 68 sayfa

Keywords: *Carassius gibelio*, *Phragmites australis*, *Ceratophyllum demersum*, Water, Sediment, Heavy Metal, ıldır Lake, Turkey

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

1. Simgeler

ppm : Milyonda bir kısım

Fe : Demir

Cu : Bakır

Zn : Çinko

Mn : Manganez

Cd : Kadmiyum

Pb : Kurşun

µg : Mikrogram

mg : Miligram

kg : Kilogram

2. Kısaltmalar

N : Örnek sayısı

S.d. : Standart sapma

EPA : Çevre Koruma Ajansı

APDC : Amonyum Pirolidin Ditiyokarbamat

MIBK : Metil İsobutil Keton

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 6.1.1 örnekle rin alınığı istasyonları gösteren ıldır Gölü haritası

21

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa No

Resim 4.1.1 *Carassius gibelio* (Havuz Balığı)

16

Resim 4.2.1 *Ceratophyllum demersum* L. (Tilki Kuyruğu)

17

Resim 4.3.1 *Phragmites australis* L. (Kamış)

18

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1 Doğada bulunan önemli iz elementlerden bazıları	11
Çizelge 6.3.1 Çalışmamızda incelenen Havuz balığına (<i>Carassius gibelio</i>) ait metrik değerler	22
Çizelge 7.1.1.1 <i>Carassius gibelio</i> ' nun kas dokusundaki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	26
Çizelge 7.1.1.2 <i>Carassius gibelio</i> ' nun kas dokusundaki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	27
Çizelge 7.1.2.1 <i>Carassius gibelio</i> ' nun karaciğer organında ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	28
Çizelge 7.1.2.2 <i>Carassius gibelio</i> karaciğer organındaki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	29
Çizelge 7.1.3.1 <i>Carassius gibelio</i> ' nun solungaç dokusundaki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	30
Çizelge 7.1.3.2 <i>Carassius gibelio</i> ' nun solungaç dokusundaki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	30
Çizelge 7.2.1.1 <i>Phragmites australis</i> ' in kök kısmında ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	31
Çizelge 7.2.1.2 <i>Phragmites australis</i> ' in kök kısmında ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	32
Çizelge 7.2.2.1 <i>Phragmites australis</i> ' in gövde kısmında ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	33
Çizelge 7.2.2.2 <i>Phragmites australis</i> ' in gövde kısmında ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	33
Çizelge 7.2.3.1 <i>Phragmites australis</i> ' in yaprak kısmında ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	34
Çizelge 7.2.3.2 <i>Phragmites australis</i> ' in yaprak kısmında ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	35
Çizelge 7.3.1 <i>Ceratophyllum demersum</i> ' da ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	36

Çizelge 7.3.2 <i>Ceratophyllum demersum</i> ' da ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	36
Çizelge 7.4.1 Sediment örneklerindeki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	37
Çizelge 7.4.2 Sediment örneklerindeki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	38
Çizelge 7.5.1 Su örneklerindeki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	38
Çizelge 7.5.2 Su örneklerindeki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)	39
Çizelge 7.6.1 Analizi yapılan balık örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) değerleri	40
Çizelge 7.6.2 Analizi yapılan sediment örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) değerleri	40
Çizelge 7.6.3 Analizi yapılan su örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) Değerleri	40

1. GİRİŞ

Dünya coğrafyasında kuzey yarım kürede yer alan üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada görünümünde olan ülkemiz iç sular bakımından da zengindir. Bu sular, akarsular ve durgun sular olmak üzere iki büyük gruba ayrılırlar. Akarsulara dere, çay ve nehirler; durgun sulara ise göl, gölet ve barajlar dâhildir. Ancak durgun suların en önemli bölümünü göller oluşturur[1,2]. Göllerden içme ve kullanma suyu sağlamanın yanında, su ürünlerinden ve doğal güzellikleriyle de turistik amaçlarla yararlanılmaktadır. Böylesine çok amaçlı kullanıma ve doğal zenginliklere sahip, fakat korumasız olan göllerin kirletilmesi önemli bir çevre sorununu oluşturmaktadır. Aslında çevre sorunları, antropojenik, yani insan kökenli girişimlerin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü sanayi devrimine kadar doğal kaynaklarla dünya nüfusu arasında sağlıklı bir denge vardı ve bu denge otoepürasyon (doğanın kendi kendini temizlemesi) ile sağlanıyordu. Ancak II. Dünya Savaşı'ndan sonra, dengesiz nüfus artışı, düzensiz kentleşme ve tarımsal etkinlikler, hızlı sanayileşme ve aşırı tüketim sonucu oluşan atık maddelerin miktarı ve çeşidinin giderek yoğunluğunu artırması otoepürasyonu önlemektedir[3].

Hava, toprak ve su arasında kurulmuş doğal bir denge bulunur. Herhangi birinde görülen kirlilik, diğerlerine de etkiler ve doğal dengenin bozulmasına neden olur. Hava ve suda kirlilik olması toprakta da kirlilik olmasını gerektirir[4]. Hava ve su kirliliğinin canlılar üzerindeki etkisi kısa sürede görülür ve buna göre kirliliği önleyici tedbirlere başvurulur. Ancak, toprak ve bitkilerde meydana gelen kirliliğin etkisi daha uzun süre sonra ortaya çıkar. Bu etkiden kurtulmak içinde uzun bir zaman, yoğun emek ve büyük finans gerektirir.

Ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistemin içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım halini almıştır. Doğal dengeyi bozan kirletici unsurlar şu şekilde gruplandırılabilir; organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı[5,6].

Kirlilik; kirletici çeşitlerine göre fiziksel, biyolojik ve kimyasal kirlilik olarak üç grupta incelenebilir. Doğaya bilerek ya da bilmeyerek atılan kimyasal maddelerle, endüstriyel atıkların karışımı sonucunda ortaya çıkan kirlilik kimyasal kirliliktir. Kimyasal kirliliğe neden olan kirleticilere boyalar, deterjanlar, pestisitler ve petrol ürünleri örnek olarak verilebilir. Günümüzde kimyasal bir kirlilik olarak kabul edilen ağır metal kirliliği, çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeni ile diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar[7].

Metaller içerisinde yoğunluğu 5 g/cm^3 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır. Ağır metallere örnek olarak Cu, Fe, Zn, Pb, Hg, Co, Mn, Cr, Se, Ni, ve Cd sayılabilir[8]. Doğada bulunan bu elementler belli bir doza kadar canlı yaşamı için gereklidir. Ağır metallerden bir kısmı iz elementler veya eser elementler olarak da adlandırılabilirler. Ağır metaller deniz suyundaki konsantrasyonları 1 ppm'den düşüktür. Ancak doğal kaynaklardan; jeolojik ve volkanik faaliyetler, erozyon, yangın veya insan faaliyetleri sonucunda; maden arama, işleme, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar ile derişimleri artar[9,10].

Doğal olarak, metallerin toprak, akarsu, göl ve denizlerde az miktarlarda bulunduğu bilinmektedir. Ağır metaller ortamda normal sınırlar içinde bulduklarında organizmaların metabolizmaları için gerekli olmaktadır. Canlıların yaşamsal aktiviteleri için katalizör görevi yaparlar. Bazı ağır metaller biyolojik sistemler için alınması gereken temel besin unsurları olmasına karşın gereğinden fazla alındıklarında ya da uzun süre ağır metalle kirlenmiş ortamda kalındığında zehirleyici hatta öldürücü etki yapmaktadır[11,12].

Ağır metaller çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenemezler. Bu nedenle organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler, kompleks yapılar şeklinde absorbe olarak özellikle sedimentlerde birikme eğilimindedirler[14]. Bu sebeple ağır metal kirliliği araştırmalarının yoğunlaştığı bir diğer konu ise bu maddelerin sedimentlerdeki miktarlarıdır. Sedimentlerin çoğu bu kirleticileri depolar ve uzun süre bünyesinde muhafaza eder. Bu nedenle kontamine sedimentlerin çevre üzerine etkileri

ve bu etkilerin araştırılması uzun bir süreci kapsamaktadır[15]. Kontamine olmuş sedimentler ekosistemin yalnızca bir bölümü olmakla birlikte, bazı sucul ekosistemlerde kontamine sedimentler ekosistem sağlığını tehdit eden büyük bir stres kaynağıdır. Kontamine olmuş sedimentlerden, sedimentin içinde ve üzerinde yer alan su kesimine kirleticilerin salınması, su ve su canlıları üzerinde çevresel bir tehlike ve risk faktörü oluşturmaktadır[16].

Sucul ekosistemlerdeki kirletici unsurların ve kirlenme derecesinin belirlenmesinde sadece su ve sediment örnekleri yeterli olmayıp bölgedeki sucul bitkilerden de yararlanılması sonuçların doğrulanması açısından gereklidir[17].

Suda bulunan ağır metaller balıklarda beslenme ve absorpsiyon yolu ile birikebilmektedir. Bu birikim oranı ise balığın yaşına, bulunduğu yere ve beslenme durumuna göre değişir. Canlı organizmaların vücutlarında biriken ağır metaller besin zinciri yoluyla organizmadan organizmaya giderek artan miktarlarda geçmekte ve sonunda insanlarda çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır [18].

Doğu Anadolu bölgesinin Van Gölü'nden sonra ikinci büyük gölü Çıldır Gölü' dür. Gölde yılın dört mevsiminde balık avlanmaktadır ve kışın bile buz tutan gölün kalın buz tabakası kırılarak balıkçılık yapılmaktadır. Dolayısıyla gölde balıkçılık yöre halkı için önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Böylesine ekonomik öneme sahip gölün, çevresindeki tarım alanlarında bilinçsizce kullanılan gübre ve tarım ilaçları ve son yıllarda artan rekreasyonel ve turizmle ilgili etkinlikler, DSİ tarafından gölü beslemek amacı ile yapılan derivasyon tünellerinin diğer havzalardaki kirlilik yükünü göle taşınması, kirlenmesine yol açan başlıca etmenler olarak gözlenmektedir. Ayrıca, elektrik üretimi için gölden yararlanılması da göldeki su seviyesinin düşmesine neden olmaktadır.

Bu nedenlerle bu çalışmada; Çıldır Gölü' nün suyunda, sedimentinde ve bu gölden avlanan *Carassius gibelio* (Havuz Balığı) ile gölün çevresinde ve içinde yetişen *Phragmites australis L.* (Kamış) ve *Ceratophyllum demersum L.* (Tilki Kuyruğu)' da bulunan bazı ağır metal düzeylerini belirlemek ve insan sağlığı açısından tehlikeli olup

olmadığını saptamak amaçlanmıştır. Böylece bu bölgelerin kirlilik durumu da tespit edilerek, bundan sonra alınacak önlemler ve yapılacak düzenlemelere katkıda bulunmak düşünülmüştür.

2. İNCELENEN METALLER HAKKINDA KISA BİLGİ

Ağır metallerin farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak sucul ortamdaki konsantrasyonları ile sucul canlılardaki biyolojik birikim ve artışları değişiklik gösterebilir. Bu yüzden, söz konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, kaynakları, toksisiteleri, ortamdaki değişimleri ve biyolojik birikim ve artış mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekir[19].

2.1 Bakır (Cu)

Bakır, ilk olarak 1870'lerde kanda bulunan normal bir bileşen olarak tanınmıştır, eser bir element olup metabolizmamızda önemli bir role sahiptir. Dünya çapında yılda yaklaşık olarak 15.10^6 ton bakır kullanılmaktadır. Bunun üçte biri geri dönüşümlü metallere, kalan kısmı ise cevherlerden ve çıkarılan bakırın işlenmesinden elde edilir[20].

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri, elektrik ve elektronik vs.) değişik amaçlı kullanılmaktadır[21,22]. Bakır genel kimyasal özelliklerinden dolayı doğaya yayılım açısından Atmofil (hava sever) grupta yer almasına rağmen, havada bulunan bakır derişimi üretim yapan sanayi birimine uzaklığına bağlıdır. Bakır Lithofil (kaya sever) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılıbilir bu nedenle de çevresel açıdan iki grubun arasında değerlendirilir[23].

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir[24]. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti-bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Örneğin % 1 – 20 arasında $CuSO_4$ içeren kireç sütü karışımı

“Bordo-Karışımı” olarak bilinir ve üzüm tarımında fungusit olarak kullanılır. Hastanelerde kapı kolları ve elle sıkça temas edilen bölgeler bakır alaşımlarından imal edilen malzemelerden yapılır ve bu malzemenin antiseptik özelliğinden yararlanılarak mikropların yayılması engellenir.

Bakır sülfat dünya çapında, belediyelere ait depolarda oluşabilecek algleri engellemek ve yok etmekte, toprak sulama araçlarında, yüzme havuzlarında ve endüstriyel soğutma sistemlerinde kullanılır. Ayrıca hayvan besinlerinde gelişmeyi hızlandırıcı ve katkı maddesi olarak ve kümes hayvanlarında meydana gelebilecek hastalıkların kontrolü için kullanılır. Bakır, ilaçlarda pek kullanılmaz fakat diş hekimliğinde kullanılan metalik amalgamların, özellikle cıva amalgamları, önemli bir bileşendir. Ayrıca kadınlara kullanılan spirallerin (intra uterine device) yapımında kullanılır[20].

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin insanlarda ortama 50 – 120 mg bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hastalıkları ve sinir sisteminde bozukluklar saptanmıştır[25].

Tarımsal yüzey akışlarından çözülebilir bakır bileşikleri, son derece zararlı olabilir. Bunlar sucul ekosistemlere girdiklerinde genellikle yaklaşık bir günde sudaki parçacıklara bağlanır ve bu şekilde ortam koşullarına bağlı olarak çevreye daha az bir tehdit oluşturur. Bakırın kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yüksek düzeylerde bakır içeren su, kusma, ishal, mide bulantısı ve kramplara sebep olmaktadır. Bakır, en çok karaciğer, böbrek, mide, akciğer, barsak, kalp, beyin ve adrenal bezde birikim yapar[17]. İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan sınır değeri 2mg/L'dir. Gün içinde alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda 12mg/gün, erkeklerde 10mg/gün, 6–10 yaş grubu çocuklarda ise 3 mg/gündür[25].

2.2 Kurşun (Pb)

Kurşunun tarihi yaklaşık 8000 yıl öncesinde gümüş üretimi esnasında keşfedilmesiyle başlamıştır. Daha sonra Roma imparatorluğu zamanında su boruları ve saklama haznelerinde kullanılmıştır. Hatta bazı tarihçi ve bilim adamlarına göre Roma imparatorluğu'nun çöküşü, kurşun kullanımı nedeniyle yönetici sınıfında meydana gelen düşünme kapasitesinin düşmesi, doğum oranının azalması ve yaşam süresinin kısılmasına bağlanmaktadır[26].

Günümüzde kurşun saf metal olarak levha, yapı metalleri, tel ve kablo imalatında, bileşik olarak ise; boya imalatında kurşun klorür, nemlenmeye karşı astar boya olarak sülüğen, patlayıcı fitili olarak kurşun dioksit, kauçuk sanayinde kurşun beyazı, motorlarda patlama engelleyici olması nedeniyle benzinde tetraetil ve tetrametil olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır[27].

İnsan vücudundaki kurşun miktarı yaklaşık olarak 125–200 mg civarındadır. İnsan günde yaklaşık 1–2 mg kadar kurşunu atabilmektedir. Birçok insanın maruz kaldığı günlük miktar 300–400 mg' ı geçmektedir. Yapılan araştırmalar günümüz insanının vücudunda atalarımızınkinden 500–1000 kat daha fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir[26]. Kurşun düşük dozlardaki maruz kalmalarda bile zararlı etki gösterebilmektedir. Yakın zamana kadar zararsız olduğu düşünülen düşük dozda kurşunun büyüme ve sinirsel gelişimi baskılayıcı ve zarar verici özellikte olduğu son zamanlarda kabul edilmektedir[27]. Bilindiği kadarıyla kurşunun insan vücudunda esansiyel bir görevi yoktur. Kurşun su, hava ve yiyecekler vasıtasıyla insan vücuduna geçerek birçok istenmeyen etkiye neden olur. Bunlardan bazıları şunlardır.

- Hemoglobinin biyosentezinde aksama ve anemi
- Kan basıncında artış
- Karaciğer hasarı
- Hafif Abortus (Yavru atma) ve çocuk düşürme
- Sinir sisteminde aksama
- Beyin hasarı
- Sperm hasarı yüzünden erkeklerin döl veriminde azalma

- Çocuklarda öğrenme yetilerinde azalma
- Annenin plasentasından çocuğa geçebilme özelliği nedeniyle doğmamış çocukların beyinlerinde ve sinir sistemlerinde ciddi hasarlar meydana getirebilir[28].

Kurşunun su canlılarında bilinen esansiyel bir görevi olmadığı gibi çoğu zaman düşük konsantrasyonlarda bile toksik özelliğe sahiptir. Kurşun su canlılarının yaşadığı ortamda bulunduğu takdirde canlının yapısına geçerek çeşitli istenmeyen etkilere neden olur[29].

2.3 Çinko (Zn)

Günümüzde çinko; çelik, alüminyum ve bakırdan sonra Dünya’da miktar olarak yıllık tüketimi en fazla olan metaldir. Kimyasal yönden aktif olması ve diğer metallerle kolayca alaşım yapabilmesi nedeniyle çinko, endüstride birçok alaşımın ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır. Kuvvetli elektropozitif özelliğinden dolayı diğer metallerin özellikle demir çelik ürünlerinin aşınmaya karşı korunmasında kullanılmaktadır. Üretilen çinko metalinin ana ürün olarak tüketildiği belli başlı beş alan bulunmaktadır. Bunlar; galvanizleme, pres döküm alaşımları, pirinç ve bronz alaşımları, çinko oksit ve haddelenmiş çinko alaşımlarıdır[30].

Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90’lık kısmı bitkilerin büyümesi için kullanılır. Çinko insanlar, bitkiler ve hayvanlar için önemli ve yaşamsal bir elementtir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi veya degradasyonu (bozulma) gibi önemli metabolik prosesler için gereklidir. Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz gibi 70’den fazla metabolik enzim fonksiyonu için ko-enzim bileşeni olarak gereklidir. Uygun miktarda çinko, kadmiyum, cıva, kurşun ve kalay gibi ağır metallerin zehirleyici etkilerini azaltmaktadır[26,31,32].

Çinko insan vücuduna yetersiz miktarda alındığı takdirde iştah kaybı, tatma ve koklama duyularında azalma, yara iyileşmesinde gecikme, bağışıklık sisteminde zayıflama, gençlerde büyüme sorunları, deri sorunları ve en önemlisi doğan bebeklerde doğum esnasında ve sonrasında sağlık sorunları meydana getirir[26,31,32].

Çinko metali ve bileşikleri diğer birçok metalden daha az toksisiteye sahiptir. Çinkonun toksisitesi kendinden ziyade yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmına bağlıdır[26]. Çinkonun gerekenden fazla alınması durumunda iştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi, derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, karın ağrısı, ishal, sindirimde sıkıntı gibi rahatsızlıklar ortaya çıkar[26,31]. Aşırı dozda elementel çinko alındığında ise uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi problemler ortaya çıkar[26].

Çinko balıklar, hayvanlar ve diğer canlılar için çok düşük miktarlarda esansiyel bir iz elementtir. Yüksek konsantrasyonlarda ise akuatik organizmalar için toksiktir[29].

Çinko enzim aktivitesi için önemlidir ve protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemlidir. DNA ve RNA polimerlerindeki aktivitesinden dolayı hayati öneme sahiptir. Çinko iyonları hücre zarının yapısal bileşenlerine bağlanarak temel yapı ve fonksiyonlarına yardım eder. Balığın gonad gelişimi açısından oldukça önemlidir. Çinko ayrıca kadmiyum gibi diğer tehlikeli ağır metallerin toksik etkisi ve alımında koruyucu ve engelleyici özelliği açısından oldukça önemlidir[29].

2.4 Demir (Fe)

Demir dünyada en çok bulunan elementlerden birisi olup yer kabuğunda %4.2 oranında bulunur. Tüm metaller içinde en çok kullanılanıdır ve tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur[31].

Normal olarak çözülemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yeraltı sularında genel bir problemdir[31].

Demir, canlılarda birçok enzimin yapısına giren, özellikle omurgalı hayvanların oksijen taşınmasında önemi olan bir metaldir. Doğada diğer metallere göre yüksek oranlarda bulunurken element halinde bulunmaz. Element halindeki demire sadece meteorların yapısında rastlanır. Buna karşın bileşikleri doğada bol ve yaygındır. Tabiatta oksit, sülfür ve karbonat bileşikleri şeklinde bulunur.

İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla, alınan aşırı miktardaki demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir ve kan dolaşım sistemine girebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir. İnsanlarda demir zehirlenmesinin başlangıç değeri; vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligramdır[31].

2.5 Manganez (Mn)

Kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Saf manganez kırmızı-gri renkli olup, doğal olarak bulunmaz, ancak oksijen, sülfür ve klor gibi diğer elementlerle bileşik halinde bulunur. Yaşam için gerekli olup, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suyu ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımına olur. Nehir, göl ve yeraltı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Su, hava ve gıda yoluyla düşük miktarlarına herkes maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Bilinçsizce pestisit kullanımı da yine aşırı dozlarda alınmasına sebep olur. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülür, bu belirtilerin kombinasyonu “magnetizm” olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan manganezin insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir[33].

Manganezin sularında bazı bakterilerin çoğalmasına yardım ettiği gibi, boruların tıkanmasına demirden fazla neden olur. Yiyeceklerde manganez miktarı önemli derecede değişiklik gösterir. Süt ürünlerinde düşük konsantrasyonlarda, etlerde 0–0,8 mg/kg, balıkta 0–0,1 mg/kg bulunur. İnsan ve hayvanda manganez eser elementtir. Ancak alınan manganezin % 3’ü absorbe edilir. Kalp, damar hastalıklarında ölüme mani olmak için içme sularında manganez bulunması önerilmektedir[30].

Çizelge 1.1 Doğada bulunan önemli iz elementlerden bazıları[34]

Element	Kaynaklar	Etki ve Önemleri
Arsenik	Madencilik yan ürün, pestisitler, kimyasal atıklar	Toksik, muhtemelen kanserojen
Kadmiyum	Endüstriyel, madencilik ve metal kaplamacılık	Biyokimyasal olarak çinkoyla yer değiştirir, toksik
Krom	Metal kaplamacılık	Cr (VI) olarak muhtemelen kanserojen
Bakır	Metal kaplamacılık endüstriyel atık, madencilik	Hayvanlar için toksik değil, alg ve bitkiler için toksik
Florür	Doğal, endüstriyel, içme suyuna katkı	1 mg/L civarında çürümesini, 5mg/L civarında ise kemik hasarını önler
İyot	Endüstriyel, doğal ve deniz suyunda	Guatr hastalığını önler
Demir	Demir kaynakları, asit maden suyu	Çok toksik değil
Kurşun	Endüstriyel, madencilik, sıvı yakıt ve kurşun kaplamacılık	Toksik, yabancı hayata zarar.
Manganez	Mangan kaynakları, endüstriyel atık	Çok toksik değil
Cıva	Endüstriyel atıklar, madencilik, kömür	Akut ve kronik toksisite
Molibden	Endüstriyel atık, doğal kaynaklar	Bitkiler için gerekli hayvanlar için biraz toksik
Gümüş	Doğal jeolojik kaynaklar, fotografik işlemler için elektro kaplamacılık	Derinin mukoz membranların ve gözlerin mavi-gri renksizleşmesine sebep olur
Çinko	Endüstriyel atıklar, metal kaplamacılık	Esansiyel element

3. METALLERİN SUCUL ORTAMDA DOLANIMLARI

Tüm canlılar yaşam etkinliklerini normal olarak sürdürebilmeleri için belirli düzeylerde ortamlarında bulunan demir, bakır, çinko gibi ağır metallere gereksinim duymaktadır. Adı geçen bu metaller organik moleküllerle daha çok proteinlerle birleşerek metal-protein komplekslerini oluştururlar. Bunun yanında birçok enzim yapısında bulunurlar. Örneğin demir ve bakır iyonları organizmalarda oksijen taşınımı yanında diğer birçok enzim etkinliklerine doğrudan doğruya metalloprotein olarak katılırlar. Bununla beraber bazı metaller (Örneğin, kobalt gibi B₁₂ vitamininin yapı taşı) vitaminlerin yapı taşlarını oluştururlar. Moda ve Hori Guchi (1972) deneysel olarak 0.03 ppm çinkonun kırmızı alglerden *Porphyra*'da optimum büyümeyi sağladığını saptamıştır. Ayrıca, demirin de fitoplanktonların büyümelerinde en az azot ve fosfat kadar gerekli olabileceği rapor edilmiştir[35].

Su, insanların içme, kullanma, sanayi ve tarımsal amaçlı gereksinimlerini karşıladıktan sonra nitelik yönünden değişikliklere uğrar ve atık suya dönüşür. Böylece su bünyesinde çevreye ve insan sağlığına zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri içerir ve bunları kolayca bir bölgeden diğer bir bölgeye taşınmasına da aracılık eder. Dünya'daki suyun %95'i tuzlu sudur ve tatlı suyun da büyük bir kısmı buzullarda ve yeraltındadır (%0,4). Buna göre kullanılabilir su miktarı % 0,1'dir. Bu durum kullanılan suyun atık suya dönüşümünde başta kısıtlı olan su kaynakları olmak üzere çevrede olumsuz etkilerin ne ölçüde önemli olduğunu ortaya koymaktır. Türkiye'de su kıtlığı olmamakla beraber kişi başına yıllık içilebilir tatlı su miktarlarında düşüş gözlenmektedir. 1985 yılında 8509 metreküp olan bu miktar, 1990 yılında 3026 metreküp olarak saptanmıştır. Bu değer 2025 yılında 2186 metreküpe düşeceği tahmin edilmektedir[30]. Buna neden olarak nüfusun ve sanayileşme-kentleşme oranının kalite yönünden bozulması, ayrıca Dünya'da 1000 metreküp olan yıllık yağış ortalamasının ülkemizde 643 metreküp olması da gösterilmektedir. Bilim ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte bir taraftan çok yönlü kullanım diğer taraftan suyun dolanımında yapılan etkiler sonucu su kaynaklarının kirliliği giderek artmıştır. Özellikle sanayileşme, kentleşme ve tarımsal uygulamalar sonucu oluşan artık ve atıklar, su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bu kirlenme yalnızca su kaynakları ile sınırlı kalmamakta, besin zincirine girerek gıda kirlenmesine de neden olmaktadır[30].

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve hayvancılık uygulamaları kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri değişmiş sular, madenler ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular, atık su kapsamında değerlendirilmekte ve tanımlanmaktadır. Endüstriyel atık sulardaki kirleticilerin bir kısmı, hızla biyolojik yıkılmaya uğradığından çevre kirlenmesinde olumsuz etkileri oldukça azdır. Ancak petrokimya, tekstil, maden, boya vb. gibi endüstri kollarında çıkan atık suların çevre kirlenmesinde olumsuz etkileri oldukça fazladır. Çünkü bu endüstriyel atık suların bileşiminde aromatik ve alifatik hidrokarbonlar, ağır metaller, pestisitler vb. benzerleri bulunmaktadır. Petrokimya ve tarımsal kimya endüstrisinde giderek artan miktarlarda üretilen yapay organik kimyasal maddeler yerlerini aldıkları doğal maddelere kıyasla daha güçlü biyolojik indirgenmeye uğrarlar[30].

Metaller, pestisitler, radyoaktif maddeler vb. bir taraftan sucul çevre olan akarsu, göl ve denizlerde kirlilik oluştururken, diğer taraftan da bu ekosistemlerdeki canlılara gıda zinciri yoluyla taşınarak besin kirlenmesine neden olmaktadır. Ayrıca atık sular, yağışlarla yeraltı ve yüzeysel sulara taşınarak tatlı su kaynaklarının da kirlenmesine neden olmaktadır. Özellikle suda çözünme, kirleticilerin çevreye dağılımlarını daha da arttırmaktadır. Buna bağlı olarak, ekosistemdeki canlı türlerinin sayısında azalma ve biyosferin dengesinde bozulma meydana gelmektedir[30].

Durgun sular olan göllerdeki kirliliğin boyutları göle giren kirleticilerin miktarına ve niteliğine göre değişir. Bu kirleticilerin büyük bir kısmı akarsular, endüstriler ve drenaj yoluyla ayrıca, atmosferle taşınmaktadır. Özellikle dışarıya akışı olmayan göller başta olmak üzere tüm havzadaki kirlilikler, örneğin ağır metaller, zor parçalanabilir pestisitler gibi bozunmayan kirleticilerin giderek kirlilik potansiyellerini arttırmaları sonucu sucul çevrede olumsuz etkiler yapabilmektedirler. Toksik özellikleri olan bakır, kurşun, krom, çinko ve cıva gibi metallerin çeşitli alanlarda kullanımları sonucunda ortaya çıkan atıkları çeşitli yollarla sucul ortama ulaşmakta ve gıda zincirinin en alt basamaklarından başlayarak fitoplankton, zooplankton, mollusk ve balıklar tarafından giderek artan düzeylerde biriktirebilmektedirler[30].

Toksik özellikleri ve kanserojen etkileri olan krom, cıva, kurşun, kadmiyum kobalt, nikel, bakır, çinko gibi metaller doğada genellikle sülfür, oksit, karbonat ve silikat mineralleri şeklinde bulunmaktadır. Bunların suda çözünürlükleri oldukça düşüktür.

Ancak çok küçük miktarlarda bile genellikle kuvvetli zehir etkisine sahip olan ağır metaller, kirlenmiş sularda metal katyon, tuz ve kısmen anyon şeklinde bulunurlar. Bunlar hem kirlenmiş suların kendiliğinden temizlenmesini engelleyebilir, hem de suların arıtılmış halde sulamada kullanılmasını ve arıtma çamurlarının gübre olarak kullanılmasını sınırlandırabilirler. Örneğin demir, ağır metaller arasında en zehirsiz metaller olarak sayılırlar. Buna karşın, sulardaki yüksek demir konsantrasyonu mikrofloranın büyük ölçüde değişmesine neden olmaktadır. Demir oksit, demir hidroksit ve iki değerlikli demir bileşikleri fazla zararlı değildir. Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH'yı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine neden olmaktadır[30].

4. İNCELENEN BALIK VE SUCUL BİTKİLER HAKKINDA KISA BİLGİ

Araştırma materyallerimizden olan *Carassius gibelio* (Havuz Balığı), *Ceratophyllum demersum* L. (Tilki Kuyruğu), *Phragmites australis* L. (Kamış) hakkında kısa bilgi aşağıda verilmiştir.

4.1 *Carassius gibelio* (Havuz Balığı)

Cyprinidae familyasına mensuptur. Köylü sazani, Taş sazani veya Turba sazani adları da verilen Havuz balığına[36] Çıldır'da yöresel olarak korsan adı verilmiştir. Bu balığın gerek vücut şekli ve gerekse dorsal ve anal yüzgeçlerinin 3. basit ışınlarının testere şeklinde dişlenmiş olmasıyla *Cyprinus carpio* türüne benzerse de, ağzının bıyiksız, kuyruk yüzgeçlerinin daha az girintili ve farinks dişlerinin tek sıralı olmasıyla kolayca ayrılmaktadır. Ağız küçük ve terminaldir. Dorsal yüzgecin kaidesi oldukça uzun ve serbest kenarı özellikle erginlerde hafif yuvarlaktır.

Renk çok değişken olmakla beraber, çoğu kez sırtı yeşil-kahverengi, yan tarafları sarı veya kırmızımsı, karın bölgesi ise, sarı-beyazdır. Sazanlarda olduğu gibi, durgun sığ sularda da yaşar. Bitkilerin yoğun olduğu kıyı zonlarını ve zemini tercih eden bir balıktır. Soğuk periyotta, havuz ve gölcüklerin dibindeki yumuşak çamura gömülerek kışı geçirirler. Çok dayanıklı balıklardan olduğu için çeşitli ortamlarda yaşama olanağı bulabilmektedir. Suda erimiş oksijen miktarı Alabalıklar için kritik olarak dikkate alınan minimum değer 1/10'una kadar düşse bile, yine de yaşamlarını sürdürebilirler.

Bu balıkların anavatanı Asya olmakla beraber, sonradan çeşitli amaçlarla Avrupa ülkelerine taşınmışlardır. Genellikle Doğu ve Orta Avrupa, Azak Denizi ve Karadeniz bölgesindeki göllerde yayılma gösteren bu tür, Anadolu'da Çoruh nehri, Samsun civarı, Trakya bölgesi ve Sapanca gölünde bilinmektedir. Havuz balığı omnivor bir beslenme göstermektedir. Eti kılçıklı olmasına karşın, lezzetli olduğu için ekonomik değeri vardır.



Resim 4.1.1 *Carassius gibelio* (Havuz Balığı)

4.2 *Ceratophyllum demersum* L. (Tilki Kuyruğu)

Ceratophyllum demersum L. (Tilki kuyruğu) submers (su altı) çok yıllık bitkidir. Çatallı koyu yeşil yapraklar ile kaplı sert sarmal dallı bir gövdeye sahiptir. Yapraklar bazen kireç ile kaplı olup bu da onlara kırılğan bir yapı kazandırır. Gövde uçlarında kalın ve çalı tarzı yaprak gelişimi görülür. Besin açısından zengin sularda, bu makrofit çamura sıkıca tutunmuş ya da yüzeye yakın serbestçe yüzen yoğun koloniler oluşturma eğilimindedir.

Köksüzdür. Yüzey altında serbestçe yüzer ya da bazen özellikle akarsuda modifiye yapraklar yoluyla tabana tutunur. Kolayca kırılan ve serbest dallanan gövde 3–4 m uzunluğa ulaşabilir. Yaprakları 1.5–4 cm uzunluğunda, tek kenarlı küçük dişlere sahip yassı ya da lineer 2 (bazen 4) çatala ayrılırlar. Yapraklar genelde sert ya da kırılğandır. Gövde ucunda yoğunlaşan 5–12 yapraklı sarmallar halinde düzenlenirler. Küçük, su altı çiçekleri yaprak tabanında lokalize olurlar. Petaller küçük yeşil yapılardır.

Erkek ve dişi çiçekler aynı bitkide ayrı ayrı meydana gelirler. Erkek çiçekler gövdenin karşılıklı bölümlerinde çiftler halinde oluşurken, dişi çiçekler yalnızdır. Haziran-Eylül'de çiçeklenme olur. Küçük (4–7 mm), sert, tek tohumlu, yumurta şekilli meyve 3

uzun dikene (spine) sahiptir (12 mm; meyve ucunda 1 ve tabanda 2). Tohum ve bitki parçalarıyla çoğalırlar.

Göllerde ve yavaş akan dere ve ırmaklarda yaşarlar. Sert suya (yüksek kalsiyum miktarı) ve düşük ışık düzeyine toleranslıdırlar. Bitki genç balıklar, küçük su hayvanları ve su böcekleri için önemli bir yaşam ortamı sağlar. Bazı su kuşları tohumları ya da yaprakları yer, ancak Tilki kuyruğu önemli bir besin kaynağı olarak düşünülmez[38].



Resim 4.2.1 *Ceratophyllum demersum* L. (Tilki Kuyruğu)

4.3 *Phragmites australis* L. (Kamış)

Sürünücü toprak altı gövdeleri bulunan iri yapılı çok yıllık emergens (kenar bitkileri) bitkileridir. Kökleri 75 cm' den daha derine iner. Gövde sağlamdır, çok boğumlu olup üç metreye kadar uzayabilir. Yaprak kınları düz yüzevidir, kenarları birbirine binmiştir, taban bölgelerine doğru daralmıştır. Kenarları pürüzlüdür, uzun ve belirgin olarak uca doğru daralır. Başaklar 3–6 çiçeklidir. Başakçık kavuzları eşit boyda değildir; pürüzsüzdür, alt kavuz yumurtamsı-mızraksı, uzun sivri uçlu ve 9 mm

boyundadır. En alttaki dış kavuz üst kavuzun iki katı boydadır. Başakçık eksenini üzerindeki tüyler 7–9 mm'dir.

Geniş yayılışlı bir Avrupa- Sibiryaya elementidir[39]. Genellikle göller, ırmaklar, sulama kanalları, bataklıklar ve deniz kıyılarında gelişirler.

Gölün her tarafında geniş yayılış göstermekle birlikte özellikle su derinliğinin fazlaştığı yerlerde topluluklar halinde bulunur. Bazen aralarına güneş ışınlarının giremediği kesimlerde bazı su altı bitkilerinin girmesine engel olamazlar. 100–300 cm derinliklerde yayılmakta ve su çekilmiş nemli yerlerde dahi varlığını sürdürebilmektedir.

Ekonomik önemi olan bir türdür. Halk tarafından beyaz kamış, kamış otu ve süpürge kamışı olarak bilinir. Atlar ve sığırlar için iyi bir besin kaynağıdır. Anadolu'da damları örtmek için kullanılır. Rizomları yenilebilir, yaprakları sebze olarak kullanılır. Süslemecilikte, sepet ve sandal yapımında değerlendirilir. %50 oranında selüloz içerir ve 0.8–3.0 mm uzunluğunda, 5.0–30.5 µm kalınlığında fibrillere sahiptir[40].



Resim 4.3.1 *Phragmites australis* L. (Kamış)

5. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA KISA BİLGİ

Bu çalışma Doğu Anadolu bölgesinin ikinci büyük gölü olan Çıldır Gölü'nde yürütülmüştür. Bu göl volkanik bir alanda Kısır Dağı ile Akbaba Dağı arasında oluşmuş bir lav-set gölüdür. Ardahan ve Kars İlleri sınırları içerisinde kalan Çıldır Gölü, 41° 00' kuzey enlemi ile 43° 12' doğu boylamı üzerinde yer almaktadır. Çıldır'ın Kars il merkezine uzaklığı 76 km'dir. Genişliği kuzeyde 15 km, uzunluğu ise yaklaşık 18 km olup deniz seviyesinden yüksekliği 1959 metredir ve yüzey alanı 124 km² dir.

Göl; kar suları, kaynak suları ve özellikle yağışlı dönemlerde dağlardan akan derelerle beslenir. Gülyüzü Köyü'ndeki Büyük Çay, Gölebakan Köyü'nden gelen Yan Dere, Doğruyol Köyü'nden geçen dereler, sürekli su sağlar. Göl, güneye doğru daralır, daha sonra genişler. Bu kısım Küçük Göl diye de adlandırılmaktadır. Göl suları, buradan Çara Deresi ile Arpaçay'a akar. Kışın sonunda ve ilkbaharda su seviyesi en yüksek değerine ulaşır. Gölün yağış alanı 640 km² dir. Göl'ün doğusunda Gürcistan, kuzeyinde Çıldır, güneyinde Arpaçay ve batısında Ardahan ili bulunmaktadır. Göl kıyısında 12 köy vardır. Kuzeybatısında ince uzun lav seti; gölü, Çıldır düzlüğünden ayırır. Göl'ün doğusu ve batısı dağlarla çevrilidir. Kuzeyinde ve güneyinde ince kumlu sahiller, kıyılarında saz kamış şeritleri ile tarım alanları yer alır. Çıldır Gölü'nden ayrılan Çara deresi Arpaçay ile birleşir.

Kars İli, Doğu Anadolu'nun en soğuk bölgesinde yer almaktadır. İlde, Doğu Anadolu yüksek yayla iklimi görülmektedir. Kars' ta kış aylarında uzun ve sert, yaz aylarında ılıman hatta serince geçen bir iklim hâkimdir. Bu sert iklim nedeniyle araştırma sahamızı oluşturan Çıldır Gölü'nde buzlanma Aralık ayında başlamakta, Nisan ayının sonlarına kadar sürmektedir. Buz kalınlığı ortalama 60–70 cm arasında değişmektedir. En fazla buz kalınlığı 110 cm olarak ölçülmüştür. Buz kalınlığı iklimsel koşullara göre değişmektedir.

Çıldır Gölü'nde tatlı su ıstakozu bol olarak bulunmaktadır. Bu su ürünü, ticari öneme sahip olup ihraç edilmektedir. Tatlı su ıstakozu yanında sazan balığı, siraz balığı, tatlı su kefali ve havuz balığı gibi ekonomik değeri olan balık türleri de Çıldır Gölü'nde

bulunmakta ve avlanmaktadır. Kars ve civarında bu su ürünleri sevilerek tüketildikleri için yöre balıkçılarının ekonomilerine büyük ölçüde katkı sağlamaktadır.

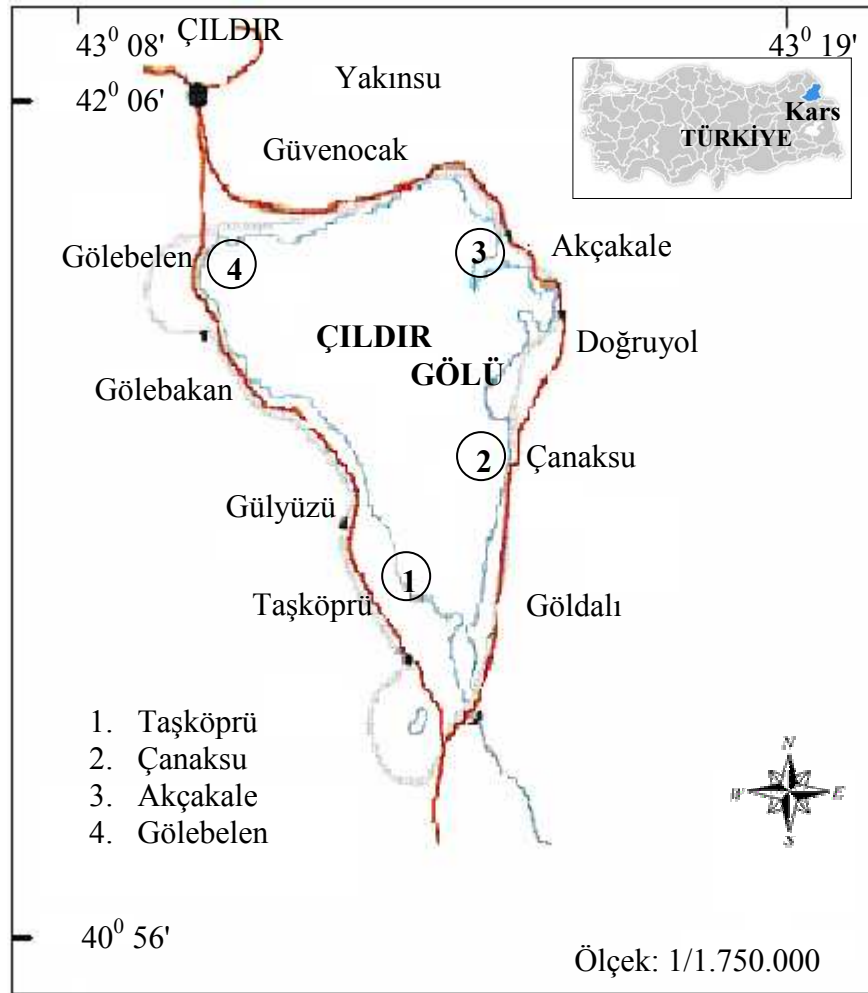
Çıldır' da ekonomi büyük ölçüde tarıma dayalıdır. Çayır ve otlak alanlarının bütünüyle Kars ve Ardahan illerinin yüzey alanının yarısından fazla yer tutması, hayvancılığın gelişmesini sağlamıştır. Yörede hayvancılık, süt ve süt mamulleri ile birlikte arıcılık da yapılmaktadır. Başlıca tarla ürünleri şeker pancarı, buğday, arpa, patates, çavdar, fiğ, soğan ve mısırdır. Alçak kesimlerde ise sebze ve meyve de üretilmektedir.

Çıldır Gölü civarında balıkçılık da yapılmaktadır. Yaklaşık olarak balıkçı sayısı 20'dir. Ancak, balıkçılığın yörede aileler açısından ortak iş olarak yürütülmesi nedeniyle 250–300 civarında bir nüfusun bu yoldan geçimine katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir.

6. MATERYAL VE METOT

6.1 Çalışma İstasyonları

Araştırma, Çıldır Gölü'nde seçilen dört istasyonda yürütülmüştür. Bu istasyonların yerleri sırasıyla Taşköprü (1), Çanaksu (2), Akçakale (3), ve Gölebelen (4), istasyonlarıdır. Balık, sediment, su ve bitki örnekleri, belirlenen bu istasyonlardan 2010 yılının Ağustos ve Kasım aylarında toplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 6.1.1 Örneklerin alındığı istasyonları gösteren Çıldır Gölü haritası[37].

6.2 Örneklerin Toplanması

Ağustos ve Kasım 2010 tarihlerinde Çıldır Gölü'nde belirlenen istasyonlardan (Şekil 1.) Havuz Balığı, Kamış, Tilki Kuyruğu, sediment ve su örnekleri toplandı.

Çalışmada Havuz Balığı (*Carassius gibelio*) ağ ile yakalandı. Kamış (*Phragmites australis* L.) ve Tilki kuyruğu (*Ceratophyllum demersum* L.) plastik kürek ile kazılarak çıkarıldı ve polietilen torbalara konuldu. Sediment örnekleri, plastik kürekle alınarak polietilen torbalara konuldu; su örnekleri de 3 litrelik polietilen bidonlarla alınarak örnekler HNO₃ ile asitlendirildi. Örnekler, içi buz dolu taşıma kaplarına konularak muhafazalı şekilde laboratuara taşındı. Taşıma esnasında örneklerin gün ışığı, sıcaklık değişimi vs. gibi dış etkenlerden etkilenmemesi için gerekli önlemler alındı. Örnekler analize kadar -21°C'ye ayarlı derin dondurucuda muhafaza edildi.

6.3 Balık Örneklerinin Değerlendirilmesi

Laboratuara getirilen 64 adet Havuz balığının (*Carassius gibelio*) boy ve ağırlıkları ölçüldü ve yapılan hesaplamalar sonunda Havuz balıklarının avlandıkları istasyonlara göre boy ve ağırlıklarının ortalama değerleri Çizelge 6.3.1'de verildi.

Çizelge 6.3.1 Havuz balığına (*Carassius gibelio*) ait metrik değerler

	İSTASYONLAR	N	ÇATAL BOY Ç.B. ± S.D. (Min-Max) Cm.	TOTAL AĞIRLIK T.A. ± S.D. (Min-Max) Gr.
<i>Carassius gibelio</i>	Taşköprü	16	20,77±1,76 (17,60-22,60)	378,8±92,70 (224,20-516,60)
	Çanaksu	16	18,95±1,31 (16,90-22,00)	276,85±64,34 (176,00-411,80)
	Akçakale	16	19,16±1,25 (17,20-21,30)	254,08±82,63 (185,90-358,70)
	Gölebelen	16	20,95±1,13 (19,20-23,30)	401,50±64,04 (313,50-557,10)

6.4 Balık Örneklerinin Özütleme

Çalışmada, 64 adet Havuz balığının (*Carassius gibelio*) doku ve organları (kas, karaciğer ve solungaç) alınarak, 192 örnekte ağır metal ölçümleri yapıldı. Avlanan balıklar aynı günde Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Laboratuvarına getirilerek boy ve ağırlık ölçümleri yapıldı. Ağırlık ölçümleri Kern EW (0,001 g hassasiyetinde) marka hassas terazide yapıldı.

Balık örnekleri derin dondurucudan çıkartıldıktan sonra bir süre çözündürüldü. Bundan sonra paslanmaz çelikten yapılmış pens, makas ve bisturi yardımıyla balıkların her iki dorsalinden, pektoral yüzgecin hemen arkasından, kuyruk tarafından da kuyruk yüzgecinin biraz önünden kesilerek yenilebilen kas dokusu çıkarıldı. Bu doku üzerini örten deriden kesilerek ayrılmış ve kas dokusundaki tüm kılçıklar temizlendi. Bu şekilde kesilen balıkların her birinin yenilebilen kas dokusunun ağırlığı ölçüldü. Bu balıkların yenilebilir kas dokularından 5.0–6.0 g, karaciğerden 0.5–0.6 g, solungaçlardan ise en fazla 5.0–7.0 g alınmış olup bu miktarın altında karaciğer ve solungaçlara sahip balıklarda çıkan örneğin ağırlığı kadar karaciğer ve solungaç dokuları alınarak daraları bilinen 40 ml'lik porselen kroze içerisine konuldu. Daha sonra 105 °C'ye ayarlı etüvde 24 saat bekletilip kuru ağırlıkları ölçüldü. Kuru ağırlıkları belirlenen örnekler kül fırınına yerleştirilerek 550 °C'de 5 saat süreyle yakıldı ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılarak kül ağırlıkları bulunmuştur[41]. Kül ağırlıkları belirlenen her bir örneğin üzerine HNO₃ : HCl (1/3) oranında asit karışımı (Kral suyu = Aqua-regia) ilave edilerek çözünmesi sağlandı. Çözünmüş örnekler sıcak tablada (Hot-plate) ısıtılarak (85–90 °C) kral suyu buharlaştırıldı. Bu asit karışımı buharlaştırıldıktan sonra her bir örneğin üzerine 0.1 N' lik Hidroklorik Asit (HCl) ilave edilerek hacim 25 ml'ye tamamlandı[42].

6.5 Bitki Örneklerinin Özütleme

Çalışmada, 12 adet Kamış (*Phragmites australis*) bitki kısımlarına (kök, gövde, yaprak) ayrılarak ve 14 adet Tilki kuyruğu (*Ceratophyllum demersum*) kısımlarına ayrılmadan toplam 26 bitki kullanılarak 50 örnekte ağır metal ölçümleri yapılmıştır. *Phragmites*

australis L.'in kök kısmından 2-3 g, gövde kısmından 5-6 g, yaprak kısmından 4-5 g alınmıştır. *Ceratophyllum demersum L.*' dan ise 5–6 g alınarak daraları bilinen porselen krozelere konuldu. 105 °C'ye ayarlı etüvde 24 saat kurutulduktan sonra etüvden çıkarılan bu örnekler, porselen havanda dövülerek toz haline getirildi ve 63 µm'lik göz açıklığına sahip paslanmaz çelikten yapılmış elek ile elendi. Elenmiş olan bitki örneklerinden 1.0–1.1 g alınarak darası bilinen porselen krozeler içerisine konuldu.

Bitki örneklerinin üzerine 5 ml Kral suyu eklenmiş ve 24 saat asitte bekletildi. Sonra düz ısıtıcı(Hot-plate) üzerinde 70–80 °C' de asitler tamamen buharlaşmaya kadar ısıtıldı. Kuruyan örneklerin üzeri deiyonize su ile 25 ml. ye tamamlanıp 589/3 Ø 110 mm mavi band filtre kâğıdından süzüldü[42,43].

6.6 Sediment Örneklerinin Özütlenmesi

Sediment örneklerinden 10 g alınarak porselen krozelere konuldu, 105 °C' ye ayarlı etüvde 24 saat kurutulduktan sonra etüvden çıkarılan bu örnekler, porselen havanda dövülerek toz haline getirildi ve 63 µm'lik göz açıklığına sahip paslanmaz çelikten yapılmış elek ile elendi. Elenmiş olan sediment örneklerinden 1.0–1.1 g. alınarak darası bilinen porselen krozeler içerisine konuldu.

Sediment örneklerinin üzerine 5 ml Kral suyu eklenmiş ve 24 saat asitte bekletildi. Sonra düz ısıtıcı üzerinde 70–80 °C' de asitler tamamen buharlaşmaya kadar ısıtıldı. Kuruyan örneklerin üzeri deiyonize su ile 25 ml. ye tamamlanıp 589/3 Ø 110 mm mavi band filtre kâğıdından süzüldü[43,42].

6.7 Su Örneklerinin Özütlenmesi

Gölde araştırma için seçilen istasyonlardan su örnekleri de alındı. 3 litrelik polietilen bidonlarla alınan su örneklerine sudaki ağır metalleri parçalayarak kimyasal reaksiyon başlatmalarını önlemek amacıyla 1 litre suya 10 ml %65 saflıkta HNO₃ (Merck) damlatılması oranı ile 30 ml HNO₃ damlatıldı. Su örnekleri 589/3 Ø 110 mm mavi band filtre kâğıdından geçirildi ve her bir örnek mezürle bir litre ölçülerek cam şişelere konuldu. Bu örneklerdeki ağır metaller, Amonyum pirolidin ditiyokarbamat (APDC) ve Metil isobutil keton (MIBK) ile özütlenip, zenginleştirilerek ölçüme hazır hale getirildi[43,42].Tüm örneklerin ağır metal düzeyleri SensAA marka Alevli Atomik

Absorpsiyon Spektrofotometresi ile ölçülerek belirlenmiştir.

6.8 Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Çalışmada demir, bakır, çinko, manganez ve kurşun metallerinin derişimleri, balık, bitki, sediment ve su örneklerinde paralel kullanarak ve bunları da iki defa okuyarak bulunmuştur. Bulunan değerlerin ortalamaları alınmıştır. Ortalama verileri karşılaştırmak için tek yönlü varyans analizi ANOVA testi ve Independest Samples "t" test uygulanmıştır[45]. Ortalamalar arası farklar $p<0.05$ olduğu zaman önemli kabul edilmiştir.

7. BULGULAR

Bu çalışmada Çıldır Gölü'nden alınan Havuz balığı, Kamış ve Tilki kuyruğu bitkileri ile su ve sediment örneklerinde incelenen Fe, Cu, Mn, Zn ve Pb metallerinin derişim düzeyleri 7.1-7.5 konu başlıkları arasında verilmiştir.

7.1 *Carassius gibelio* Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri

Carassius gibelio' nun kas, karaciğer, solungaç doku ve organlarındaki ağır metal derişim düzeyleri 7.1.1, 7.1.2 ve 7.1.3 konu başlıklarında verilmiştir.

7.1.1 *Carassius gibelio*' nun Kas Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden avlanan *Carassius gibelio*' nun kas dokusunda ölçülen ağır metal ortalama konsantrasyonları Çizelge 7.1.1.1 ve 7.1.1.2' de verilmiştir.

Çizelge 7.1.1.1 *Carassius gibelio*' nun kas dokusundaki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	16	4,85±0,86 ^a	0,30±0,04 ^a	3,30±0,78 ^a	0,03±0,01 ^a	0,36±0,10 ^b
2.Çanakısu	16	7,20±2,84 ^b	0,73±0,46 ^b	5,00±2,51 ^b	0,02±0,01 ^a	0,30±0,10 ^b
3.Akçakale	16	5,48±1,05 ^a	0,36±0,10 ^a	3,45±0,59 ^a	0,04±0,03 ^b	0,32±0,16 ^b
4.Gölebelen	16	4,60±0,88 ^a	0,31±0,05 ^a	3,33±0,50 ^a	0,05±0,02 ^b	0,04±0,01 ^a
ORTALAMA	64	5,40±1,73	0,39±0,26	3,63±1,55	0,03±0,02	0,28±0,19

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, p<0.05, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır.

Carassius gibelio örneklerinin kas dokularındaki ağır metalleri istasyonlara göre ortalama konsantrasyonlarının; Fe 4.60-7.20, Mn 0.30-0.73, Zn 3.30-5.00, Cu 0.02-0.05, Pb 0.04-0.36 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7.1.1.1).

Çıldır Gölü'nde belirlenen istasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri Fe>Zn>Mn>Pb>Cu şeklinde sıralandığı saptanmıştır. Kas dokusunda en yüksek Fe derişimi 2. istasyonda, Cu derişimi 4. istasyonda, Zn derişimi 2. istasyonda, Pb derişimi 1. istasyonda, Mn derişimi 2. istasyonda olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.1.1.1).

Yapılan istatistiksel analizler sonucuna Fe, Mn, ve Zn metalleri için Çanaksu istasyonu ile diğer istasyonlar arasında anlamlı farklar ($p<0.05$) gözlemlenmiştir. Cu için Taşköprü-Çanaksu istasyonları ile Akçakale-Gölebelen istasyonları arasında önemli farklar ($p<0.01$) bulunmuştur. Pb için ise Gölebelen istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli farklar ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.1.1.2 *Carassius gibelio*' nun kas dokusundaki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	32	4,58±0,72 ^a	0,33±0,08	2,48±1,16 ^a	0,04±0,02	0,32±0,22
Kasım	32	6,06±2,02 ^b	0,45±0,34	4,30±1,92 ^b	0,03±0,01	0,26±0,16
ORTALAMA	64	5,40±1,73	0,39±0,26	3,63±1,55	0,03±0,02	0,28±0,19

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır.

Carassius gibelio' nun kas dokusu örneklerinde mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metallerin derişim düzeylerinin aylık ortalamaları; Fe 5.40±1.73, Mn 0.39±0.26, Zn 3.63±1.55, Cu 0.03±0.02, Pb 0.28±0.19 mg/kg olduğu belirlendi(Çizelge 7.1.1.2).

Örneklerin toplandığı aylara göre metal birikim düzeyleri kas dokusunda en yüksek Fe, Mn ve Zn değerleri Kasım ayında, en yüksek Pb ve Cu değerleri ise Ağustos ayında tespit edilmiştir(Çizelge 7.1.1.2).

Kas dokusunda yapılan istatistiksel analizlere göre Fe ve Zn metalleri için Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında fark ($p<0.05$) vardır.

7.1.2 *Carassius gibelio*' nun Karaciğer Organındaki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden avlanan *Carassius gibelio*' nun karaciğer organında ölçülen ağır metal ortalama konsantrasyonları Çizelge 7.1.2.1 ve 7.1.2.2' de verilmiştir.

Çizelge 7.1.2.1 *Carassius gibelio*' nun karaciğer organında ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	16	8,59±1,18 ^b	0,89±0,61 ^b	7,63±2,51 ^b	0,02±0,01	0,20±0,11
2.Çanakısu	16	5,85±1,50 ^a	0,44±0,30 ^a	5,42±0,83 ^a	0,03±0,01	0,22±0,06
3.Akçakale	16	9,82±0,94 ^b	0,96±0,34 ^b	3,90±1,50 ^a	0,02±0,01	0,36±0,24
4.Gölebelen	16	6,53±0,80 ^a	0,31±0,34 ^a	4,57±0,36 ^a	0,03±0,01	0,29±0,30
ORTALAMA	64	7,60±1,94	0,64±0,48	5,50±2,14	0,03±0,01	0,26±0,21

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, p<0.05, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır.

Carassius gibelio örneklerinin karaciğer organındaki ağır metal ortalama konsantrasyonları; Fe 5.85-9.82, Mn 0.31-0.96, Zn 3.90-7.63, Cu 0.02-0.03, Pb 0.20-0.36 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir(Çizelge 7.1.2.1).

İstasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri Fe>Zn>Mn>Pb>Cu şeklinde sıralandığı saptanmıştır. Karaciğer organında en yüksek Fe derişimi 3. istasyonda, Cu derişimi 4. ve 2. istasyonlarda, Zn derişimi 1. istasyonda, Pb derişimi 3. istasyonda, Mn derişimi 3. istasyonda olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.1.2.1).

İstatistiksel analizler sonucuna Fe ve Mn metalleri için Çanakısu-Gölebelen ile Taşköprü-Akçakale istasyonları arasında önemli farklar (p<0.01) bulunmuştur. Zn için Taşköprü istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli farklar (p<0.01) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.1.2.2 *Carassius gibelio* karaciğer organındaki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	32	7,16±0,34	0,29±0,04	4,52±0,40	0,08±0,07	0,19±0,16
Kasım	32	8,10±2,02	0,76±0,59	5,96±02,72	0,03±0,01	0,29±0,21
ORTALAMA	64	7,60±1,94	0,64±0,48	5,50±2,14	0,03±0,01	0,26±0,21

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Carassius gibelio' un karaciğer örneklerinde mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metallerin derişim düzeylerinin aylık ortalamaları; Fe 7.60 ± 1.94 , Mn 0.64 ± 0.48 , Zn 5.50 ± 2.14 , Cu 0.03 ± 0.01 , Pb 0.26 ± 0.21 mg/kg olarak belirlenmiştir(Çizelge 7.1.2.2).

Örneklerin toplandığı aylara göre metal birikim düzeyleri karaciğerde en yüksek Fe, Mn, Zn ve Pb değerleri Kasım ayında, en yüksek Cu değeri ise Ağustos ayında tespit edilmiştir(Çizelge 7.1.2.2).

Karaciğer organında yapılan istatistiksel analizlerde sonunda Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında anlamlı bir fark ($p>0.05$) bulunmamıştır.

7.1.3 *Carassius gibelio*' nun Solungaç Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden avlanan *Carassius gibelio*' un solungaç dokusunda ölçülen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 7.1.3.1 ve 7.1.3.2' da verilmiştir.

Çizelge 7.1.3.1 *Carassius gibelio*' nun solungaç dokusundaki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	16	15,99±4,17 ^b	1,67±0,31 ^{ab}	9,52±0,29 ^a	0,04±0,02 ^a	0,22±0,10 ^b
2.Çanaksu	16	11,84±1,16 ^a	1,55±0,40 ^a	9,57±0,56 ^a	0,08±0,06 ^{ab}	0,23±0,07 ^b
3.Akçakale	16	15,70±2,53 ^b	1,98±0,61 ^b	9,68±0,90 ^a	0,12±0,08 ^b	0,24±0,18 ^b
4.Gölebelen	16	20,74±1,76 ^c	2,66±0,41 ^c	10,60±0,77 ^b	0,11±0,08 ^b	0,03±0,01 ^a
ORTALAMA	64	15,91±4,08	1,96±0,61	9,83±0,77	0,08±0,07	0,19±0,15

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, p<0,05, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır (p<0,05).

Carassius gibelio' un solungaç dokularındaki ağır metal konsantrasyonları; Fe 11.84-20.74, Mn 1.55-2.66, Zn 9.52-10.60, Cu 0.04-0.12, Pb 0.03-0.24 mg/kg olduğu tespit edilmiştir(Çizelge 7.1.3.1).

İstasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri Fe>Zn>Mn>Pb>Cu şeklinde sıralandığı saptanmıştır. Solungaç dokusunda en yüksek Fe, Mn ve Zn derişimleri 4. istasyonda, Cu ve Pb derişimleri 3. istasyonda olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.1.3.1).

Sonuçların istatistiksel analizlerinde Fe için Taşköprü-Akçakale, Gölebelen ve Çanaksu istasyonları arasında önemli farklar (p<0.01) bulunmuştur. Mn için Çanaksu, Akçakale, Gölebelen istasyonları arasında önemli fark (p<0.01) tespit edilmiştir. Zn ve Pb metalleri için Gölebelen istasyonu ile diğer istasyonlar arasında anlamlı fark (p<0.05) vardır. Cu için ise Akçakale ve Gölebelen ile Taşköprü istasyonları arasında fark (p<0.05) olduğu saptanmıştır.

Çizelge 7.1.3.2 *Carassius gibelio*' nun solungaç dokusundaki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	32	17,25±4,05	1,96±0,40	9,95±0,59	0,14±0,07 ^a	0,19±0,16
Kasım	32	14,66±3,84	1,97±0,79	9,75±0,86	0,03±0,01 ^b	0,20±0,12
ORTALAMA	64	15,91±4,08	1,96±0,61	9,83±0,77	0,08±0,07	0,19±0,15

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, p<0,05, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır (p<0,05).

Carassius gibelio' un solungaç dokusu örneklerinde mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık ortalamaları; Fe 15.91±4.08, Mn 1.96±0.61, Zn 9.83±0.77, Cu 0.08±0.07, Pb 0.19±0.15 mg/kg olarak belirlenmiştir(Çizelge 7.1.3.2).

Örneklerin toplandığı aylara göre metal birikim düzeyleri solungaç dokusunda en yüksek Mn ve Pb değerleri Kasım ayında, en yüksek Fe, Zn ve Cu değerleri ise Ağustos ayında tespit edilmiştir(Çizelge 7.1.3.2).

Solungaç dokusundaki istatistiksel analizlere göre Cu için Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında anlamlı fark ($p<0.05$) vardır.

7.2 *Phragmites australis* L. Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri

P. australis' in kök, gövde, yaprak kısımlarındaki ağır metal derişim düzeyleri 7.2.1, 7.2.2 ve 7.2.3 konu başlıklarında verilmiştir.

7.2.1 *Phragmites australis* L. Kök Kısımlarındaki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden toplanan *P. australis*' in kök kısmında ölçülen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 7.2.1.1 ve 7.2.2.2' de verilmiştir.

Çizelge 7.2.1.1 *P. australis*' in kök kısmında ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	4	22,28±2,77 ^a	7,64±2,33	32,88±11,70	0,06±0,04	1,46±0,30
2.Çanaksu	4	19,18±3,60 ^{ab}	6,06±2,93	22,29±5,35	0,04±0,02	1,53±0,47
3.Akçakale	4	14,87±2,84 ^b	3,75±1,68	18,78±6,82	0,04±0,01	1,14±0,71
ORTALAMA	12	18,78±4,23	5,82±2,71	24,65±9,85	0,05±0,02	1,37±0,50

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

P. australis' in kök kısmındaki ağır metal konsantrasyonları; Fe 14.87-22.28, Mn 3.75-

7.64, Zn 18.78-32.88, Cu 0.04-0.06, Pb 1.14-1.53 mg/kg arasında olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.2.1.1).

İstasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri Zn>Fe>Mn>Pb>Cu şeklinde sıralandığı saptanmıştır. En yüksek Fe, Mn, Cu ve Zn metallerinin derişimi 1. istasyonda, Pb derişimi ise 2. istasyonda olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.2.1.1).

Yapılan istatistiksel analizlere göre Fe için 1. istasyon ile 3. istasyon arasında fark ($p<0.05$) olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 7.2.1.2 *P. australis*' in kök kısmında ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	6	20,46±4,57	7,41±2,79 ^a	31,37±9,14 ^a	0,04±0,01	1,46±0,41
Kasım	6	17,10±3,44	4,22±1,53 ^b	17,93±4,66 ^b	0,06±0,03	1,29±0,61
ORTALAMA	12	18,78±4,23	5,82±2,71	24,65±9,85	0,05±0,02	1,37±0,50

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık ortalamaları; Fe 18.78±4.23, Mn 5.82±2.71, Zn 24.65±9.85, Cu 0.05±0.02, Pb 1.37±0.50 mg/kg olarak belirlendi(Çizelge 7.2.1.2).

Aylara göre metal birikim düzeyleri kök kısmında en yüksek Fe, Mn, Pb ve Zn değerleri Ağustos ayında, en yüksek Cu değeri ise Kasım ayında tespit edilmiştir(Çizelge 7.2.1.2).

Aylara göre istatistiksel analizler sonucunda Zn ve Mn metalleri için Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında anlamlı farklar ($p<0.05$) vardır.

7.2.2 *Phragmites australis* L. Gövde Kısımlarındaki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden toplanan *P. australis*' in gövde kısmında ölçülen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 7.2.2.1 ve 8.2.2.2' de verilmiştir.

Çizelge 7.2.2.1 *P. australis*' in gövde kısmında ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	4	7,43±1,78	2,15±0,56	9,25±2,56	0,03±0,01	1,22±0,08
2.Çanaksu	4	4,88±2,16	1,63±0,88	8,09±2,24	0,04±0,01	1,15±0,09
3.Akçakale	4	5,58±1,37	0,90±0,40	5,67±2,64	0,03±0,01	1,36±0,25
ORTALAMA	12	5,96±1,95	1,56±0,79	7,67±2,74	0,03±0,01	1,24±0,17

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0,05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

P. australis' in gövde kısmındaki ağır metal konsantrasyonları; Fe 4.88-7.43, Mn 0.90-2.15, Zn 5.67-9.25, Cu 0.03-0.04, Pb 1.15-1.36 mg/kg arasında olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.2.2.1).

İstasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri $Zn>Fe>Mn>Pb>Cu$ şeklinde sıralandığı saptanmıştır. En yüksek Fe, Mn ve Zn metallerinin derişimi 1. istasyonda, Pb derişimi 3. istasyonda, Cu derişim ise 2. istasyonda olduğu belirlenmiştir(Çizelge 7.2.2.1).

İstatistiksel analizler sonucunda istasyonlar arasında bir fark ($p>0,05$) yoktur.

Çizelge 7.2.2.2 *P. australis*' in gövde kısmında ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	6	6,53±1,54	1,95±0,74	9,25±1,91 ^a	0,03±0,01	1,17±0,07
Kasım	6	5,39±2,33	1,17±0,68	6,09±2,61 ^b	0,03±0,01	1,31±0,22
ORTALAMA	12	5,96±1,95	1,56±0,79	7,67±2,74	0,03±0,01	1,24±0,17

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0,05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık ortalamaları; Fe 5.96 ± 1.95 , Mn 1.56 ± 0.79 , Zn 7.67 ± 2.74 , Cu 0.03 ± 0.01 , Pb 1.24 ± 0.17 mg/kg olarak bulunmuştur(Çizelge 7.2.2.2).

Bitkinin gövde kısmındaki aylara göre metal birikim düzeyleri en yüksek Fe, Mn ve Zn değerleri Ağustos ayında, en yüksek Pb değeri Kasım ayında, Cu değeri her iki ayda da eşit olarak gözlemlenmiştir(Çizelge 7.2.2.2).

Aylara göre yapılan istatistiksel analizler sonucunda Zn için Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında fark ($p<0.05$) vardır.

7.2.3 *Phragmites australis* L. Yaprak Kısımlarındaki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden toplanan *P. australis*' in yaprak kısmında ölçülen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 7.2.3.1 ve 7.2.3.2' da verilmiştir.

Çizelge 7.2.3.1 *P. australis*' in yaprak kısmında ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	4	6,94±3,06	3,19±1,60	18,03±8,64	0,02±0,01	1,53±0,17
2.Çanaksu	4	7,88±1,56	4,49±2,01	19,38±7,88	0,03±0,01	1,55±0,35
3.Akçakale	4	7,89±2,17	2,39±0,80	10,25±2,12	0,04±0,01	1,45±0,17
ORTALAMA	12	8,08±2,61	3,35±1,67	15,89±7,49	0,04±0,03	1,51±0,22

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

P. australis' in yaprak kısmındaki ağır metal konsantrasyonları; Fe 6.94-7.89, Mn 2.39-4.49, Zn 10.25-19.38, Cu 0.02-0.04, Pb 1.45-1.55 mg/kg arasında olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.2.3.1).

İstasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri Zn>Fe>Mn>Pb>Cu şeklinde sıralandığı saptanmıştır. En yüksek Fe ve Cu metallerinin derişimi 3. istasyonda, Pb,

Mn ve Zn metallerinin derişimi 2. istasyonda olduğu belirlenmiştir(Çizelge 7.2.3.1).

İstatistiksel analizler sonucunda istasyonlar arasında bir fark ($p>0.05$) yoktur.

Çizelge 7.2.3.2 *P. australis*' in yaprak kısmında ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	6	8,50±2,86	4,56±1,49 ^a	21,00±7,32 ^a	0,05±0,03	1,57±0,21
Kasım	6	7,39±2,52	2,15±0,65 ^b	10,09±2,69 ^b	0,02±0,01	1,45±0,25
ORTALAMA	12	8,08±2,61	3,35±1,67	15,89±7,49	0,04±0,03	1,51±0,22

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık ortalamaları; Fe 8.08±2.61, Mn 3.35±1.67, Zn 15.89±7.49, Cu 0.04±0.03, Pb 1.51±0.22 mg/kg olarak belirlenmiştir(Çizelge 7.2.3.2).

Bitkinin yaprak kısmındaki aylara göre metal birikim düzeyleri en yüksek Fe, Mn, Zn, Pb ve Cu değerleri Ağustos ayında tespit edilmiştir(Çizelge 7.2.3.2).

Aylara göre yapılan istatistiksel analizler sonucunda Zn ve Mn metalleri için Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında önemli farklar ($p<0.01$) tespit edilmiştir.

7.3 *Ceratophyllum demersum* L. Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden toplanan *C. demersum*' da ölçülen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 7.3.1 ve 7.3.2' de verilmiştir.

Çizelge 7.3.1 *C. demersum*' da ölçülen ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	4	25,40±5,17	18,87±7,45	77,56±5,97	0,02±0,01	1,58±0,44
2.Çanaksu	2	20,75±0,06	25,75±1,50	83,10±4,23	0,02±0,01	1,20±0,11
3.Akçakale	4	18,36±1,95	19,36±1,63	72,87±6,37	0,11±0,10	1,52±0,80
4.Gölebelen	4	27,47±9,40	17,59±6,10	64,52±14,08	0,04±0,02	1,28±0,19
ORTALAMA	14	23,31±6,53	21,34±4,80	73,29±10,43	0,05±0,06	1,42±0,48

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, p<0.05, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır (p<0,05).

C. demersum' daki ağır metal konsantrasyonları; Fe 18.36-27.47, Mn 17.59-25.75, Zn 64.52-83.10, Cu 0.02-0.011, Pb 1.20-1.58 mg/kg arasında olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.3.1).

İstasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri Zn>Fe>Mn>Pb>Cu şeklinde sıralandığı saptanmıştır. En yüksek Fe derişimi 4. istasyonda, Zn ve Mn metallerinin derişimi 2. istasyonda, Pb derişimi 1. istasyonda, en yüksek Cu derişimi ise 3. istasyonda olduğu belirlenmiştir(Çizelge 7.3.1).

Çizelge 7.3.2 *C. demersum*' da ölçülen ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	6	27,72±7,42	21,66±3,67	75,02±5,69	0,09±0,09	1,52±0,60
Kasım	8	20,01±3,27	21,11±5,74	71,98±13,21	0,02±0,01	1,35±0,38
ORTALAMA	14	23,31±6,53	21,34±4,80	73,29±10,43	0,05±0,06	1,42±0,48

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, p<0.05, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır (p<0,05).

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık ortalamaları; Fe 23.31±6.53, Mn 21.34±4.80, Zn 73.29±10.43, Cu 0.05±0.06, Pb 1.42±0.48 mg/kg olarak tespit edilmiştir(Çizelge 7.3.2).

Bitkinin aylara göre metal birikim düzeyleri en yüksek Fe, Mn, Zn, Pb ve Cu değerleri Ağustos ayında olduğu gözlemlenmiştir(Çizelge 7.3.2).

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda hem istasyonlar arasında hem de aylara göre bir fark ($p>0.05$) yoktur.

7.4 Sediment Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden alınan sediment örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 7.4.1 ve 7.4.2' de verilmiştir.

Çizelge 7.4.1 Sediment örneklerindeki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	4	51,28±0,57	17,98±7,15	82,58±13,67	0,69±0,12	1,53±0,12
2.Çanakısu	4	51,09±0,51	19,07±2,40	91,02±5,62	0,75±0,09	1,41±0,33
3.Akçakale	4	49,63±0,99	13,06±2,76	80,28±3,86	0,49±0,34	1,80±0,78
4.Gölebelen	4	50,46±0,47	15,25±2,62	77,86±5,65	0,49±0,16	1,76±0,36
ORTALAMA	16	50,61±0,89	16,34±4,49	82,31±9,99	0,61±0,22	1,69±0,40

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları; Fe 49.63-51.28, Mn 13.06-19.07, Zn 77.86-91.02, Cu 0.49-0.75, Pb 1.41-1.80 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir(Çizelge 7.4.1).

Çıldır Gölü'nde belirlenen istasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri $Zn>Fe>Mn>Pb>Cu$ şeklinde sıralandığı saptanmıştır. Sedimentte en yüksek Fe derişimi 1. istasyonda, Mn, Cu ve Zn metallerinin derişimi 2. istasyonda, Pb derişimi ise 3. istasyonda olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.4.1).

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda sedimentte istasyonlar arasında bir fark ($p>0.05$) yoktur.

Çizelge 7.4.2 Sediment örneklerindeki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	8	50,99±0,95	18,88±4,35 ^a	87,87±7,34	0,74±0,10 ^a	1,86±0,40 ^a
Kasım	8	50,24±0,70	13,79±3,08 ^b	76,75±9,45	0,47±0,23 ^b	1,52±0,35 ^b
ORTALAMA	16	50,61±0,89	16,34±4,49	82,31±9,99	0,61±0,22	1,69±0,40

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık ortalamaları; Fe 50.61±0.89, Mn 16.34±4.49, Zn 82.31±9.99, Cu 0.61±0.22, Pb 1.69±0.40 mg/kg olarak belirlenmiştir(Çizelge 7.4.2).

Sediment örneklerinin toplandığı aylara göre metal birikim düzeyleri en yüksek Fe, Mn, Zn, Cu ve Pb değerleri Ağustos ayında olduğu tespit edilmiştir(Çizelge 7.4.2).

Sediment sonuçlarındaki istatistiksel analizlere göre Mn, Cu ve Pb metalleri için Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında anlamlı fark ($p<0.05$) bulunmuştur.

7.5 Su Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri

Çıldır Gölü'nden alınan su örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları Çizelge 7.5.1 ve 7.5.2' de verilmiştir.

Çizelge 7.5.1 Su örneklerindeki ağır metallerin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

İstasyonlar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
1.Taşköprü	4	16,55±7,60	0,34±0,24	2,22±0,45	0,43±0,34	1,64±0,51
2.Çanakısu	4	16,85±4,81	0,28±0,06	2,86±2,04	0,68±0,19	2,13±0,92
3.Akçakale	4	16,17±7,97	0,20±0,05	2,61±2,39	0,38±0,20	1,58±0,93
4.Gölebelen	4	19,12±2,15	0,23±0,04	2,86±2,05	1,00±0,55	2,72±1,07
ORTALAMA	16	17,17±5,59	0,26±0,12	2,16±1,64	0,63±0,40	2,01±0,92

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları; Fe 16.17-19.12, Mn 0.20-0.34, Zn 2.22-2.86, Cu 0.38-1.00, Pb 1.58-2.72 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir(Çizelge 7.5.1).

İstasyonlara göre ağır metallerin birikim düzeyleri Fe>Zn>Pb>Cu>Mn şeklinde sıralandığı saptanmıştır. Sedimentte en yüksek Fe, Cu ve Pb metallerinin derişimi 4. istasyonda, Mn derişimi 1. istasyonda, Zn derişimi ise 2. ve 3. istasyonda olduğu bulunmuştur(Çizelge 7.5.1).

Su örneklerindeki istatistiksel analizler sonucunda istasyonlar arasında bir fark ($p>0.05$) bulunamamıştır.

Çizelge 7.5.2 Su örneklerindeki ağır metallerin aylara göre ortalama konsantrasyonları (mg/kg)

Aylar	N	Ağır Metaller				
		Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Ağustos	8	18,02±5,46	0,30±0,16	1,14±0,89 ^a	0,86±0,39 ^a	1,45±0,48 ^a
Kasım	8	16,33±5,95	0,24±0,08	3,18±1,61 ^b	0,39±0,26 ^b	2,58±0,93 ^b
ORTALAMA	16	17,17±5,59	0,26±0,12	2,16±1,64	0,63±0,40	2,01±0,92

a,b ve c harfleriyle sembolize edilen değerler istatistiksel olarak farklı olup, $p<0.05$, her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin incelenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık ortalamaları; Fe 17.17±5.59, Mn 0.26±0.12, Zn 2.16±1.64, Cu 0.63±0.40, Pb 2.01±0.92 mg/kg olarak belirlenmiştir(Çizelge 7.5.2).

Su örneklerinin toplandığı aylara göre metal birikim düzeyleri en yüksek Fe, Mn ve Cu değerleri Ağustos ayında, en yüksek Pb ve Zn değerleri ise Kasım ayında olduğu tespit edilmiştir(Çizelge 7.5.2).

Yapılan istatistiksel analizlere göre Zn, Cu ve Pb metalleri için Ağustos ayı ile Kasım ayı arasında anlamlı fark ($p<0.05$) tespit edilmiştir.

7.6 Balık, Sediment ve su Örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) değerleri

Çizelge 7.6.1 Analizi yapılan balık örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) değerleri

Metaller	DORM-3 mg/kg	Bulunan Ortalama Değer mg/kg	Uyumluluk %
Fe	347	352	101.44
Cu	15.5	14.9	96.12
Zn	51.3	50.1	97.66
Pb	0.395	0.391	98.98

DORM-3 (Fish Protein Certified Reference Material for Trace Metals), Certified Reference material, Canada

Çizelge 7.6.2 Analizi yapılan sediment örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) değerleri

Metaller	SUD-1 mg/kg	Bulunan Ortalama Değer mg/kg	Uyumluluk %
Fe	8250	9055	109.75
Cu	417	452.61	102.60
Zn	701	852.36	121.60
Mn	299	301.01	100.67
Pb	0.395	0.441	111.64

SUD-1: Recoverable and Leachable concentrations of Major, Minor and Trace Metals

Çizelge 7.6.3 Analizi yapılan su örneklerinin Standart Referans Madde (SRM) Değerleri

Metaller	NRCSLRS-4 mg/kg	Bulunan Ortalama Değer mg/kg	Uyumluluk %
Fe	103	121	117.48
Cu	1.81	1.75	96.68
Zn	0.93	0.91	97.84
Mn	3.37	3.24	96.14
Pb	0.086	0.108	125.58

NRCSLRS-4(River water – Trace elements), Collected at a depth of 2-3 meters in the Ottawa River at Chenaux, Ontario, Canada

TARTIŖMAVE SONUÇ

Çıldır Gölü, Arpaçay Termik Santrali'nin elektrik üretiminin yanı sıra balıkçılık yönünden de yöre halkı için çok önemlidir. Son yıllarda gölün çevresindeki tarım arazilerinde bilinçsizce kullanılan tarımsal ilaçlar ile yapay gübreler, DSİ tarafından gölü beslemek amacıyla yapılan derivasyon tünellerinin, diğer havzalardaki kirlilik yükünü göle taşıması ve aynı zamanda rekreasyonel etkinliklerle nüfus yoğunluğunun giderek artması sonucu oluşan kirli sular, gölün kirlenmesine neden olmaktadır[37].

Ekolojik dengenin ve insan sağlığının korunması için ağır metallerin, biyolojik çevirim zincirinin önemli bir halkasını oluşturan ve ayrıca protein kaynağı olarak tüketilen balıklardaki ve bu balıkların içinde buldukları ortamın sedimentindeki toksik etkilerini belirlemek çok önemlidir[46].

Günümüzde gıdalardaki ağır metallerin düzeylerinin bilinmesi, bu toksik metallerin denetiminde aranılan en önemli koşuldur. Çünkü bu metallerin tolerans limitleri ve günlük alım düzeylerinin belirlenmesi, belirlenen bu düzeylerle gıdalardaki metal düzeylerinin karşılaştırılması gerek besin endüstrisi ve gerekse insan sağlığı açısından çok önemlidir[30].

Bahsedilen nedenlerden dolayı mevcut çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi'nin 2. büyük gölü olan Çıldır Gölü'nün bazı bitkilerinde, suyunda, sedimentinde burada yaşayan ekonomik değeri olan ve yaygın olarak tüketilen Havuz balığında ağır metal derişimleri saptanmıştır.

Bu değerler *Carassius gibelio*' un kas dokusunda ortalama Fe 5.40, Mn 0.39, Zn 3.63, Cu 0.03, Pb 0.82 mg/kg, solungaç dokusunda ortalama Fe 15.91, Mn 1.96, Zn 9.83, Cu 0.08, Pb 0.19 mg/kg, karaciğer organında ortalama Fe 7.60, Mn 0.64, Zn 5.50, Cu 0.03, Pb 0.26 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Sedimentte bu değerler ortalama Fe 50.61, Mn 16.34, Zn 82.31, Cu 0.61, Pb 1.69 mg/kg, Sudaki ortalama Fe 17.17, Mn 0.26, Zn 2.16, Cu 0.63, Pb 2.01 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Phragmites australis L. ' in Kök kısmında ortalama Fe 18.78, Mn 5.82, Zn 24.65, Cu 0.05, Pb 1.37 mg/kg, Gövde kısmında ortalama Fe 5.96, Mn 1.56, Zn 7.67, Cu 0.03, Pb 1.24 mg/kg, Yaprak kısmında ortalama Fe 8.08, Mn 3.35, Zn 15.89, Cu 0.04, Pb 1.51 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Son olarak *Ceratophyllum demersum L.* ' da ortalama Fe 23.31, Mn 21.34, Zn 73.29, Cu 0.05, Pb 1.42 mg/kg olarak bulunmuştur.

Bizim çalışmamız ile benzerlik gösteren çeşitli göllerdeki ağır metal düzeyleri ile ilgili yapılmış olan bazı çalışmalarda;

Köse E. 2007 yılında Enne barajındaki *Carassius carassius* ' un farklı doku ve organlarında bazı ağır metallerin derişim düzeylerini saptamıştır. *Carassius carassius* ' un kas dokusunda ortalama Fe 18.44, Cu 1.51, Zn 30.06, Mn 0.48 ppm, solungaç dokusunda ortalama Fe 130.60, Cu 1.51, Zn 166.75, Mn 20.70 ppm, karaciğer organında ortalama Fe 2500.33, Cu 7.04, Zn 76.78, Mn 3.18 ppm olarak bulunmuş olup Pb değeri tespit edilememiştir[47]. Bu değerler bizim yapmış olduğumuz çalışma ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu saptanmıştır.

Arslan N. ve Ark. 2010 yılında Katı Atık Depolama Sahalarının Sucul Sistemlere Etkileri: Yedigöller-Kütahya rneği adlı çalışmada *Carassius gibelio* ' un kas dokusunda Pb 0.8, Zn 17.4, Cu 11.67 mg/kg olarak bulunmuştur[48]. Bu değerlerden Pb derişimi bizim çalışmamızdaki bulgular ile benzerlik gösterirken, Cu ve Zn derişimlerinin yüksek olduğu saptanmıştır.

iek A. ve Ark. 2009 yılında Manyas Gölü' ndeki Balıkların Ağır Metal Konsantrasyonları adlı çalışmada *Carassius gibelio* ' un kas dokusunda Cu 1.01, Zn 33.86, Mn 0.67, Pb 0.22 mg/kg, solungaç dokusunda Fe 913.75, Cu 2.26, Zn 191.89,

Mn 41.57, Pb 5.95 mg/kg, karaciğerde Cu 8.34, Zn 108.12, Mn 5.16, Pb 0.55 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kas ve karaciğerde Fe derişimi tespit edilememiştir[49]. Yaptığımız çalışma ile karşılaştırıldığında kas dokusundaki Pb değeri bizim çalışmamızdaki değerden düşük bulunmuştur. Diğer bütün değerler çalışmamızdaki bulgulardan yüksek çıkmıştır.

Duman F. 2005 yılında Sapanca ve Abant göllerinde *P. australis'* in kök, gövde, yaprak kısımlarında bazı ağır metallerin derişim düzeylerini saptamıştır. Sapanca Gölü, Yaz mevsimi kök kısmında bulunan ortalama değerler Cu 27.329, Mn 528.270, Zn 32.538, Pb 9.404 ug/g, gövde kısmında Cu 7.381, Mn 73.165, Zn 42.157, Pb 2.943 ug/g, yaprakta ise Cu 9.180, Mn 235.435, Zn 16.516, Pb 7.791 ug/g olarak bulmuştur. Sonbahar mevsimi kök kısmında Cu 45.859, Mn 450.338, Zn 81.250, Pb 42.393 ug/g, gövde kısmında, Cu 6.896, Mn 104.663, Zn 29.683, Pb 9.250 ug/g, yaprakta ise Cu 10.115, Mn 286.469, Zn 35.554, Pb 10.250 ug/g olarak tespit edilmiştir[50].

Abant Gölü, Yaz mevsimi kök kısmında bulunan ortalama değerler Cu 14.160, Mn 382.834, Zn 39.548, Pb 4.901 ug/g, gövde kısmında Cu 2.474, Mn 6.587, Zn 80.985, Pb 2.474 ug/g yaprakta ise Cu 9.104, Mn 138.394, Zn 24.436, Pb 2.380 ug/g olarak tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde kök kısmında Cu 28.378, Mn 408.113, Zn 66.072, Pb 10.932 ug/g, gövde kısmında Cu 4.010, Mn 76.277, Zn 23.359, Pb 3.715 ug/g, yaprakta ise Cu 7.222, Mn 252.112, Zn 31.122, Pb 4.656 ug/g olarak bulunmuştur[50].

Sapanca gölü su örneklerinde bazı ağır metallerin derişim düzeyleri Cu 18.2, Zn 88.518, Mn 22.571, Pb 35.670 mg/l, Abant Gölü' nde ise Cu 24.610, Zn 21.83, Mn 34.86, Pb 36.919 mg/l olarak saptanmıştır[50].

Sapanca Gölü sediment örneklerinde ise Cu 26.681, Zn 62.004, Mn 337.808, Cd 0.291, Pb 15.204 mg/kg, Abant Gölü' nde Cu 43.698, Zn 69.373, Mn 484.880, Cd 0.464, Pb 20.412 mg/kg olarak tespit edilmiştir[50].

Sapanca ve Abant göllerinde yapılan bu çalışmadaki bulgular ile bizim çalışmamızdaki bulgular karşılaştırıldığında Zn, Mn, Pb ve Cu değerleri bizim bulgularımızdan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bozbek B. 2007 yılında Beyşehir Gölü'nde *P. australis*' in kök, gövde, yaprak kısımlarında bazı ağır metallerin derişim düzeylerini saptamıştır. Beyşehir Gölü kök kısmındaki en yüksek metal derişimleri Pb 2.44, Zn 123.9, Cu 34.6, Fe 16081, Mn 364 ug/g, gövde kısmında Pb 1.32, Zn 35.14, Cu 24.1, Fe 610, Mn 649 ug/g, son olarak yaprakta ise Pb 0.75, Zn 27.56, Cu 26.7, Fe 637, Mn 859 ug/g olarak bulunmuştur [51]. Çalışmamız ile karşılaştırıldığında yaprak ve gövde kısımlarındaki Pb ve Zn değerleri benzerlik gösterirken diğerler değerlerin bizim çalışmamızdan yüksek olduğu görülmüştür.

Özden Y. 2008 yılında Enne ve Porsuk barajlarının sedimentlerinde bazı ağır metallerin derişim düzeylerini saptamıştır. Bunlar sırasıyla; Enne Baraj Gölü'nde Fe 34030, Cu 27.84, Zn 272, Mn 626.40 mg/kg, Porsuk baraj gölünde Fe 36550, Cu 26.08, Zn 656.40, Mn 642.80, Pb 90 mg/kg olarak saptanmıştır. Bu değerler bizim yapmış olduğumuz çalışma ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu saptanmıştır[52].

Öztürk B. ve Ark. 2005 yılında Van Gölü sedimentinde bazı ağır metallerin derişim düzeylerini tespit etmiştir. Elde edilen sonuçlar; Cu 13, Zn 33, Mn 663, Pb 9 mg/kg şeklinde saptanmıştır. Bu değerler bizim çalışmamız ile karşılaştırıldığında bizim çalışmamıza göre yüksek olduğu görülmüştür[53].

Mendil D. ve Ark. Tokat'ın beş farklı baraj göl ve göletlerin sedimentlerinde bazı ağır metallerin derişim düzeylerini tespit etmiştir. Bedirkale Baraj Gölü'nde Fe 1868, Cu 6.65, Zn 36.3, Mn 110.5, Pb 3.15 mg/kg, Boztepe Baraj Gölü'nde Fe 1979, Cu 5,4, Zn 23.6, Mn 105, Pb 6.85 mg/kg, Belpınarı Baraj Gölü'nde Fe 1752, Cu 6.05, Zn 28.1, Mn 152, Pb 3.95 mg/kg, Ataköy Baraj Gölü'nde Fe 1862, Cu 6.55, Zn 24.85, Mn 212, Pb 2.9 mg/kg, Akın Göleti'nde Fe 1771, Cu 4.8, Zn 24.9, Mn 195, Pb 3.2 mg/kg olarak saptanmıştır[54]. Bu değerler bizim çalışmamız ile karşılaştırıldığında bizim çalışmamızdan yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Türkoğlu M. 2007 yılında yaptıkları çalışmada Van Gölü' nün suyunda ve sedimentinde bazı ağır metallerin derişim düzeylerini saptamıştır. Van Gölü suyu; Van iskele istasyonunda Cu 38, Zn 42, Pb 9.26 µg/kg, Tatvan istasyonunda Cu 28, Zn 25, Pb 8.18 µg/kg, Gevaş istasyonunda Cu 32, Zn 17, Pb 8.24 µg/kg, Erciş istasyonunda Cu 40, Zn 34, Pb 8.57 µg/kg, Tatvan iskele istasyonunda Cu 33, Zn 30, Pb 10.87 µg/kg, Tatvan Mezbaha istasyonunda Cu 16, Zn 4 µg/kg olarak saptanmıştır[55]. Bu değerler bizim yapmış olduğumuz çalışma ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Aynı çalışmada Van Gölü sedimenti; Van iskele istasyonunda Cu 13.68, Zn 112.64, Pb 387.1 µg/kg, Tatvan iskele istasyonunda Cu 12.29, Zn 127.13, Pb 1512.2 µg/kg, Van kanalizasyon istasyonunda Cu 17.07, Zn 130.77, Pb 1710.2 µg/kg olarak saptanmıştır[55]. Bu değerler de bizim yapmış olduğumuz çalışma ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu saptanmıştır.

A. Szymanowska ve Ark. Batı Polonya' da bulunan 3 farklı gölde sediment, su ve *C. demersum*' un ağır metal derişim düzeylerini incelemişlerdir. Wielki Gölü suyunda Zn 4070, Mn 4.09, Pb 76.5, Cu 5.46, Fe 110 mg/l, sedimentinde Zn 571, Mn 39, Pb 9.7, Cu 2.05, Fe 30.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Boszkowo Gölü suyunda Zn 6450, Mn 2.86, Pb 61.2, Cu 5.63, Fe 180 mg/l, sedimentinde Zn 1100, Mn 101, Pb 13.4, Cu 2.95, Fe 98.9 mg/kg, *C. demersum*' da Zn 1070, Mn 686, Pb 21.6, Cu 3.45, Fe 145 mg/kg olarak bulunmuştur. Dominickie Gölü suyunda Zn 4130, Mn 3.23, Pb 63.4, Cu 3.93, Fe 140 mg/l, sedimentinde Zn 475, Mn 178, Pb 12.9, Cu 2.65, Fe 44.1 mg/kg, *C. demersum*' da Zn 1380, Mn 304, Pb 16.9, Cu 2.51, Fe 50 mg/kg olarak saptanmıştır[56]. Bu değerler bizim çalışmamızla kıyaslandığında Wielki ve Dominickie Göllerindeki Fe değerleri benzerlik gösterirken diğer değerlerin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Ali, M.M. and Soltan, M.E. Mısır' ın Nil nehrindeki yaptıkları çalışmada *C. demersum*' da ağır metal derişim düzeylerini araştırmıştır. Aswan istasyonunda Fe 5527, Mn 4314, Zn 100, Cu 69.5, Pb 38.2 mg/kg, Mansoura istasyonunda Fe 4520, Mn 3010, Zn 118, Cu 63.3, Pb 7.1 mg/kg, Damietta istasyonunda Fe 2200, Mn 1800, Zn 160, Cu 169, Pb 55.7 mg/kg, Ras-El-Bar istasyonunda Fe 380, Mn 379, Zn 67.2, Cu 118, Pb 1.2 mg/kg

olarak tespit edilmiştir[57]. Bu sonuçlar bizim bulgularımızla ile karşılaştırıldığında Ras-El-Bar istasyonundaki Pb değeri benzerlik gösterirken diğer değerlerin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Taşdemir M.Y. 2005' te Çıldır Gölü' nde yapılmış çalışmaya göre Sazan balıklarının (*Cyprinus carpio*) yenilebilir kas dokusunda bazı ağır metallerin derişim düzeylerini sırasıyla Fe 1.15, Cu 0.84, Zn 1.62 Mn 0.13 mg/kg olarak saptamıştır[58]. Bu değerler bulgularımızdan Fe, Zn, ve Mn değerleri bakımından düşük, Cu değeri ise bizim bulgularımızdan yüksek olduğu saptanmıştır.

Gürbüz B. 2005' te Çıldır Gölü' nde yapılmış çalışmaya göre Bıyıklı balık (*Barbus plebejus lacarte*) ve Tatlısu Kefali balıklarının (*Leuciscus cephalus*) yenilebilir kas dokusunda bazı ağır metallerin derişim düzeylerini belirlemiştir. Bıyıklı balık için Fe 0.94, Cu 0.70, Zn 1.10 Mn 0.11 µg/g, Tatlısu Kefali için Fe 0.68, Cu 0.53, Zn 1.38 Mn 0.42 µg/g olarak bulunmuştur[30]. Çalışmamız ile kıyaslandığında Fe ve Zn değerleri düşük, Cu değeri yüksek, son olarak Mn değeri Tatlısu Kefali ile benzerlik gösterirken Bıyıklı balıktan düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Gey H. ve Ark. 2006' da yapmış oldukları çalışmada Çıldır Gölü' ndeki Havuz balığının kas dokusunda bazı ağır metal derişimlerini Fe 1.19, Cu, 0.08, Zn 0.59, Mn 0.05 mg/kg, karaciğer organında Fe 2.13, Cu, 0.04, Zn 0.42, Mn 0.03 mg/kg, solungaç dokusunda Fe 4.18, Cu, 0.05, Zn 1.74, Mn 0.34 mg/kg, Çıldır Gölü suyunda Fe 5.88, Cu, 0.05, Zn 0.75 ve Mn 0.03 mg/kg, sedimentinde Fe 1041.86, Cu, 0.79, Zn 1.12, Mn 2.74 ve Pb 0.56 mg/kg olarak tespit edilmiştir[37]. Bulgularımız ile kıyaslandığında Havuz balığının kas ve solungaç dokusundaki Fe, Mn ve Zn değerleri düşük, Cu ise benzerlik göstermekte, karaciğer organındaki Fe ve Zn değerleri düşük, Cu ve Mn değerleri benzerlik göstermektedir. Çıldır Gölü suyundaki Fe, Mn, Zn ve Cu değerleri düşük, sedimentinde ise Fe değeri oldukça yüksek, Mn, Zn ve Pb değeleri düşük, Cu değeri ise benzer olduğu saptanmıştır.

Baltacı B.B. 2011' de Çıldır Gölü' nün suyunda ve dip sedimentinde bazı ağır metal derişim düzeylerini araştırmıştır. Su için Fe 9.34, Cu 0.44, Zn 0.21, Mn 12.03, Pb 1.41

mg/kg, sediment için ise Fe 460.36, Cu 1.05, Zn 3.29, Mn 57.42, Pb 3.24 mg/kg olarak bulunmuştur[59]. Bizim bulgularımız ile karşılaştırıldığında Çıldır Gölü suyundaki Fe, Cu, Pb ve Zn değerleri düşük, Mn değeri ise yüksek olduğu görülmüştür. Sedimentte ise Cu, Mn, Fe ve Pb değerleri yüksek, Zn değeri düşük olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Çıldır Gölü'nden avlanan *Carassius gibelio* (Havuz balığı), gölde yetişen *Ceratophyllum demersum* (Tilkikuyruğu) ve *Phragmites australis* (Kamış) bitkileri ile gölün suyu ve sedimentindeki ağır metallerin derişim düzeyleri daha önce yapılmış olan çalışmalardan elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında genellikle düşük düzeyde bulundu. Bununla beraber nedenleri özellikle Çıldır Gölü ve çevresinde nüfus yoğunluğunun az, yerleşim alanlarının göle uzak olması ve göl çevresinde endüstriyel faaliyetin olmamasından kaynaklanabileceği kanısındayız. Araştırmamız sonucunda elde ettiğimiz bulgular EPA (Fe 410, Cu 54, Zn 410, Mn 190 mg/kg)'nın, Su Ürünleri Yönetmeliği ve Su Ürünleri Kanununa (Pb 1.0, Cu 20.0, Zn 50.0 mg/kg) ve Türk Gıda Kodeksi (Cu 20.0, Pb 1.0, Zn 50.0 mg/kg)'ne göre balıklarda kabul edilebilir ağır metal sınır değerler karşılaştırıldığında önemli sayılabilecek derecede bir kirlenmeye neden olmadığı ve toksik olabilecek miktarların altında olduğu bulunmuştur. Yine EPA (Fe 11, Cu 1.5, Zn 11, Mn 5.1 mg/l)'ye göre suda önemli sayılabilecek derecede kirlenmeye neden olmadığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, Çıldır Gölü'nün çevresindeki antropojenik etkinliklerin son yıllarda giderek arttığı göz önüne alındığında özellikle canlı bünyesinde birikime uğrayan ağır metallerin denetimi için bu tür çalışmaların devam ettirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

- [1] Kabasolak, H., B., “Atık su – atık su arıtımı ve alıcı ortamlara etkileri”, I. Atık su Sempozyumu, Kayseri , 299-303, 22-24 Haziran 1998.
- [2] Kocataş, A., “Ekoloji ve Çevre Biyolojisi”, Ege Üniversitesi Basımevi, ISBN.9754831777, 9789754831771, İzmir, 2003.
- [3] Türkiye Tatlısu Balıkları Fihristi,
<http://hosttest.artuz.com/Artuz/pdf/T.Tatlisu%20balikleri.htm> (Erişim Tarihi: Haziran 2012).
- [4] Kor, M.N., “Çevre Sağlığı ve Teknolojisi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 1.cilt, İstanbul, 1974.
- [5] Kaya, S., vd., “Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi”, Medisan Yayın Serisi, ISBN.975-7774-33-2, 1998.
- [6] Yarsan, E., vd., “Van Gölü’nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri”, Türk J Vet Anim Sci., s24, s93-s96, 2000.
- [7] Uzunoğlu, O., “Gediz Nehrinden Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999.
- [8] Özdemir, H., “Genel Anorganik ve Teknik Kimya”, ISBN.74954 A, Beta Teknik Basımevi, İstanbul, 1981.
- [9] ŞENGÜL, F., “Çevre Kimyası”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yayın No:228, İzmir, 1993.
- [10] Sawyer, C., N., et al, “Chemistry for Environmental Engineering”, ISBN-10.0072480661, McGraw-Hill Book Co., Singapore.

- [11] Morton, D., S., Water Pollution Causes and Cures, Worzallo Publishing, ISBN-10.0912084103, Stevens Point Wisconsin, 1976.
- [12] Tunçer, S., “Accumulation Du Mercure Et Du Cadmium Chez *Mytilus edulis* (L.) Par Le Milieu Et par La Nourriture”, E. Ü. Fac. Jour. Ser B, s5, s85-s93, 1980-1982.
- [13] Markert, B., “Plant as biomonitors: Indicators for heavy metals in the terrestrial environment”, ISBN-10: 3527300015, New York, 1993.
- [14] Shrivastava, P., et al, “Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal” Lakes & Reservoirs: Research and Management, s8, s1-s4, 2003.
- [15] Wildi, W., et al, “River, reservoir and lake sediment contamination by heavy metals downstream from urban areas of Switzerland”, Lakes & Reservoirs: Research and Management, s9, s75-s87, 2004.
- [16] DelValls, T. A., et al, “Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish *Sparus aurata*”, Ecotoxicology and Environmental Safety, s41, s157-s167, 1998.
- [17] Demirezen, D., “Sultan Sazlığı ve Çevresindeki Sucul Ekosistemlerde Ağır Metal Kirliliğinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [18] Şeker, E., vd., “Keban Baraj Gölün’ deki Tatlı Su Midyesi *Unio elongatulus eucirrus* (Bourguignat, 1860)’ da Ağır Metallerin araştırılması”, Su Ürünleri Dergisi, s3-4, s319-s326, 1999.
- [19] Göksu, M. Z. L., vd., “Investigation of Fe, Zn and Cd in MirrorCarp (*Cyprinus carpio* L., 1758) and Pike Perch (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)from Seyhan Dam Lake”, E.U. J. Fish. Aquat. Sci., s:20, s69-s74, 2003.

- [20] International Programme on Chemical Safety (IPCS) Environmental Health Criteria 200 copper, www.inchem.org (Erişim Tarihi: Haziran 2012).
- [21] Metals Handbook, “Properties and Selection” Non Ferrous Alloys and Pure Metals”, 9th Edition, s2, s239-s248, 1978.
- [22] Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu,
<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik638.pdf> (Erişim Tarihi: Haziran 2012).
- [23] Merian E., “Metalle in der Umwelt”, Verlag Chemie, Weinheim, Basel, ISBN 3-527-25817, 1985.
- [24] Copper and Copper Alloys,
<http://www.cda.org.uk/megab2/general/pub121/section7.htm#Product%20Forms> (Erişim Tarihi: Haziran 2012).
- [25] Ciminli, C, S. “Gölbaşı Gölü’nde Su Ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi”, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [26] Kahvecioğlu, Ö., vd., “Metallerin çevresel etkileri-I”, Metalurji Dergisi, s136, s47-s53, 2003.
- [27] Dündar, Y., ve Aslan, R., “Yasamı kuşatan ağır metal kursunun etkileri”, Kocatepe Tıp Dergisi, s6, s1-s5, 2005.
- [28] Lead (Pb) – Chemical properties, healt and environmental effects, www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Pb-en.htm (Erişim Tarihi: Haziran 2012).

- [29] Kruger, T., “Effects of zinc, copper and cadmium on *Oreochromis mossambicus* freeembryos and randomly selected mosquito larvae as biological indicators during acute toxicity testing” M.Sc. Thesis, Rand Afrikaans University, 2002.
- [30] Gürbüz, B., “Çıldır Gölü’nde avlanan Tatlısu kefalı [*Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)] ve Bıyıklı balıklarda [*Barbus plebejus lacerta* (Bonaparte, 1832)] bazı ağır metallerin derişim düzeylerinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [31] Çalışkan, E., “Asi Nehri’nde Su, Sediment ve Karabalık(*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822)’ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [32] Zinc (Zn) – Chemical properties, health and environmental effects. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Zn-en.htm (Erişim Tarihi: Haziran 2012).
- [33] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://atsdr.cdc.gov/toxfaq.html> (Erişim Tarihi: Haziran 2012).
- [34] Güven, K., “Biyokimyasal ve Moleküler Toksikoloji” Dicle Üniversitesi Basımevi, ISBN.975-94134-0-X, Diyarbakır, 1999.
- [35] Ağtaş, S., “Concentrations of Heavy Metals in Water And Chub, *Leuciscus cephalus* (Linn.) From The River Yıldız”, Turkey, Journal of Environmental Biology 28,s4, s45-s9, 1994.
- [36] Çağltay, F., “İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği”, Nobel Basımevi, Ankara, 2009.
- [37] Gey H., vd., “Çıldır Gölü’nün Suyunda, Sedimentinde ve Buradan Avlanan Ekonomik Değeri Olan Tatlı Su Kereviti ile Balıklarda Çeşitli Ağır Metallerin Birikim Düzeylerinin İncelenmesi” ÇAYDAG Proje No: 106Y003, 2006.

- [38] Doğan, M., “Ceratophyllum demersum L.’de Kadmiyum Klorür, Sodyum Klorür ve Bunların Kombinasyonlarının Fizyolojik ve Morfolojik Etkileri”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [39] Davis, P. H., “The Flora of Turkey and the East Eagean Islands”, ISBN.9780852245590, Edinburg Univ. Pres., Edinburg, 1985.
- [40] Baytop, T., “Türkçe Bitki Adları Sözlüğü”, ISBN.9789751605429, Türk Dil Kurumu Basımevi, Ankara, 1997.
- [41] Aoac, “Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists”, ISBN.0935584242, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, 1984.
- [42] Uysal, H. ve Tuncer, S., “A comparative study on the heavy metal concentrations in some fish species and in the sediments from Izmir bay”, Journees Etud. Pollutions, Lucerne, C.I.E.S.M., s275-s284, 1984.
- [43] Gey, H. ve Mordoğan, H., “İzmir Körfezi’ndeki Bazı Deniz Organizmalarında Ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli Ağır Metallerin Derişimleri”, Tu Zooloji D. C., s12, s3, 1988.
- [44] Mathis, B., J. and T., F., Cummings, “Selected Metals In Sediments Water And Biota In The Illinois River”, J. Water Pollut. Contr. Fed., s45, s1573-s1583, 1973.
- [45] Özdamar, K., “SPSS ile Biyoistatistik”, ISBN. 975-678-707-6, Kaan Basımevi, 2003.
- [46] Canlı, M., vd., “Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey”, Tr. J. Of Zoology, s22, s149-s157, 1998.

- [47] Köse, E., “Enne Barajı’nda Yasayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [48] Arslan, N. vd., “Katı atık depolama sahalarının sucul sistemlere ekotoksikolojik etkileri: Yedigöller, Kütahya örneği”, Karaelmas Science and Engineering Journal, s2(1), s20-s26, 2012.
- [49] Çiçek, A. vd., “Heavy metal concentration in Fish of Lake Manyas”, 13. World Lake Conference, Wuhan China, 1-5 November 2009.
- [50] DUMAN, F., “Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi”, Doktora Tezi Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [51] Bozbek, B., “Beyşehir Gölü’ndeki *Phragmites australis* (Cav.)Trin.Ex Stend ve *Typha angustifolia* L. Bitkilerinin Ağır Metal İçerikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [52] Özden, Y., “Enne ve Porsuk Barajı Sedimentine Bağlı Ağır Metallerin *Cyprinus carpio*’nun Değişik Dokularda Biyoakümüülasyonunun Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [53] Öztürk, B., vd., “ Van Gölü Sedimenti Üzerinde Araştırmalar II. Ağır metal ve Kükürt, Hidrojen sülfid ve Tiosülfirik asit S – (2-amino etil ester) içeriği”, J. Black Sea/Mediterranean Environment, s11, s125- s138, 2005.
- [54] Mendil, D., and Uluözlü, Ö., D., “Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat”, Food Chemistry, s101, s73-s745, 2007.

- [55] Türkoğlu, M., “Van Gölü’nden alınan su, sediment ve inci kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [56] Szymanowska, A. et al, “Heavy Metals in Three Lakes in West Poland”, Department of Ecology and Nature Protection, s6/8, s50-s328, 1999.
- [57] Ali, M., M. and Soltan, M., E., “Heavy metals in aquatic macrophytes ,water and hydrosols from the river Nile,Egypt”, J.Union Arab.Biol, Cairo, s9(B), s99-s115, 1999.
- [58] Taşdemir, M., Y., “Çıldır Gölünde Avlanan Sazan Balıklarında (*Cyprinus carpio* LINNAEUS, 1758) ve Tatlı Su Kerevitlerinde (*Astacus leptodactylus* ESCH, 1823) Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [59] Baltacı, B., B., “Çıldır Gölü’nün Suyunda, Dip Sedimentinde Ve Buradan Çıkarılan Midyelerde (*Anodonta cynea* Linnaeus, 1758) Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Gökçen ÇEVİK

Doğum Yeri : Bakırköy

Doğum Tarihi : 04.09.1987

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ramazan Atıl Lisesi–2004

Lisans : Kafkas Üniversitesi–Biyoloji Bölümü–2008

Yüksek Lisans: Kafkas Üniversitesi–Fen Bilimleri Enstitüsü–Hidrobiyoloji–2012

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Özel Öz Yaşam Tıp Merkezi–Aralık 2008-Temmuz 2009