

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIDIKLI KÜÇÜKBOĞAZ BARAJ
GÖLÜ(KIRŞEHİR)'NDE YAŞAYAN KADİFE
BALIĞI(Tinca tinca L.,1758)'NDA AĞIR METAL
BİRİKİMİ

ÇİĞDEM TEBER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

KIRŞEHİR

2013

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIDIKLI KÜÇÜKBOĞAZ BARAJ
GÖLÜ(KIRŞEHİR)'NDE YAŞAYAN KADİFE BALIĞI(
***Tinca tinca* L.,1758)'NDA AĞIR METAL BİRİKİMİ**

ÇİĞDEM TEBER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. MAHMUT YILMAZ

KIRŞEHİR
2013

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafındanAnabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ / DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvan, Adı-Soyadı

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../20..

(İmza Yeri)
Akademik Ünvan, Adı-Soyadı
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Çiğdem TEBER

**SIDIKLI KÜÇÜKBOĞAZ BARAJ GÖLÜ (KIRŞEHİR)'NDE YAŞAYAN
KADİFE BALIĞI (*Tinca tinca* L., 1758)' NDA AĞIR METAL BİRİKİMİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Çiğdem TEBER

**AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2013**

ÖZET

01.03.2012-28.02.2013 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada; Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün su ve sedimenti ile gölde yaşayan kadife balığının bazı dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma süresince; 27 adet Kadife balığı Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün değişik bölgelerinden mevsimlik periyotlarla yakalanarak incelenmiştir. Örneklerin ağır metal analizi AAS cihazı ile yapılmıştır.

Bu çalışmada suda ölçülen pH değerleri 7,66 – 10,01 arasında, sıcaklık değerleri 5,1 - 22,9 °C arasında olduğu tespit edilmiştir. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün suyunda yapılan ağır metal analizi sonucunda Cr tüm mevsimlerde analiz limitinin altında tespit edilmiştir. Cu sadece Ağustos ayında tespit edilmiştir. Suda en fazla rastlanılan metallerin Al ve Zn olduğu saptanmıştır. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün sedimentinde yapılan ağır metal analizinde; sedimentte birikimin en fazla olduğu element tüm aylarda Al olmuştur.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölünde yaşayan kadife balığının (*Tinca tinca* L.,1758) doku ve organlarında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; tüm mevsimlerde Cu ve Fe karaciğerde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kadife balığı (*Tinca tinca* L.,1758), Ağır metal, Sıdıklı Küçükboğaz Baraj gölü

Sayfa Adedi: 89

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Mahmut YILMAZ

**THE ACCUMULATION HEAVY METAL OF THE TENCH
FISH (*Tinca tinca* L., 1758) LIVING IN THE SIDIKLI
KÜÇÜKBOĞAZ DAM LAKE**

(M.Sc.Thesis)

Çiğdem TEBER

**Ahi Evran University
Institute of Science
June 2013**

ABSTRACT

In this study was carried out between 01.03.2012 - 28.02.2013 and was aimed to investigate of the heavy metal accumulation in water and sediment of Sıdıklı Küçükboğaz Dam Lake and in some tissues of Tench (*Tinca tinca* L., 1758) inhabiting in the lake. During the study, totally 27 tinca samples have been caught from different regions of Sıdıklı Küçükboğaz Dam Lake and investigated seasonally. The heavy metal analysis of samples were carried out using AAS.

The ph and the temperature values of Sıdıklı Küçükboğaz Dam Lake's water have been determined between 7,66-10,01 and 5,1-22,9 °C respectively. The results of the heavy metals analysis in Sıdıklı Küçükboğaz Dam Lake's water Cr was determined in no season. Cu was determined only in August. It was determined that Al ve Zn were the highest metals in water. Analysis of heavy metals in sediment of Sıdıklı Küçükboğaz dam lake Al was determined as the highest metal in all seasons.

The results of analysis of heavy metals in tissues and organs of Tench (*Tinca tinca* L., 1758) which lives in Sıdıklı Küçükboğaz Dam Lake showed Cu and Fe were determined in liver in all seasons.

Key Words:Tench (*Tinca tinca* L., 1758), heavy metal, Sıdıklı Küçükboğaz Dam Lake

Number of Pages: 89

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. YILMAZ Mahmut

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bana yol gösteren, bu çalışmanın tasarlanıp yürütülmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında değerli bilgi birikimini, desteğini ve önerilerini esirgemeyen, arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımını gördüğüm sayın danışman hocam Doç. Dr. Mahmut YILMAZ' a içtenlikle teşekkür eder saygılarımı sunarım.

İstatistiksel değerlendirmeler aşamasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Ufuk KARADAVUT' a ve AAS' de Ağır Metal analizlerinin yapılmasında emeği geçen, bilgi ve birikiminden yararlandığım Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Harun ÇİFTÇİ ve değerli Asistanı Çiğdem ER' e içtenlikle teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında emeğini esirgemeyen çalışma arkadaşım Esra ÖZDEMİR' e, kar kış demeden balık örneklerinin temininde yardımcı olan balıkçı Ali AYDEMİR' e teşekkür ederim.

Çalışmamıza “FBA-11-05” kodlu projeyle destek veren Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, çalışmamın başından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta hayat arkadaşım İsmail Cenkmen TEBER' e ve ailem ile tezimin hazırlanmasında bana yardımcı olan herkese teşekkür ederim.

Çiğdem TEBER
Haziran 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	x
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1.GİRİŞ	1
2. AĞIR METALLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	3
2.1. Ağır Metallerin Tanım ve Özellikleri.....	3
2.2. Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar.....	4
2.3. Ağır Metallerin Zehirliliğini Etkileyen Etmenler.....	6
2.4. Ağır Metallerin Toksik Etkileri.....	8
2.5. Ağır Metallerin Besin Zinciri ile Taşınması	9
2.6. Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi.....	11
2.7. Çalışılan Ağır Metaller	14
2.7.1. Bakır (Cu)	14
2.7.2. Demir (Fe).....	16
2.7.3. Mangan (Mn)	16
2.7.4. Çinko (Zn).....	17
2.7.5. Krom (Cr)	18
2.7.6. Alüminyum (Al)	19
2.8. Konu İle İlgili Literatür Bilgisi	20
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Sıdıklı Baraj Gölü' nün Genel Özellikleri.....	23
3.2. Tinca tinca L., 1758'nin Genel Özellikleri.....	26

3.3. Balık örnekleri	28
3.4. Analiz için kullanılan araç ve gereçler	28
3.5. Su Örneklerinin Ağır Metal Analizine Hazırlanması	28
3.6. Sediment Örneklerinin Ağır Metal Analizine Hazırlanması	29
3.7. Balık Örneklerinin Ağır Metal Analizine Hazırlanması	29
3.8. Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS)	30
3.9. İstatiksel Analizler	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	32
4.1. Suda Ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri	33
4.2. Suda Ölçülen Ağır Metaller	34
4.3. Sedimentte Ölçülen Ağır Metaller	34
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	59
5.1. TARTIŞMA	59
5.2. SONUÇ	63
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir Değerleri.....	5
Çizelge 2.2. Sediment kalite yönergesi.....	5
Çizelge 2.3. Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri.....	6
Çizelge 3.1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün genel özellikleri.....	24
Çizelge 4.1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri.....	33
Çizelge 4.2. Su örneklerinde yapılan ağır metal ölçümlerinin Kruskal-Wallis Test sonuçları.....	35
Çizelge 4.3. Tinca tinca'nın İlkbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al Düzeyleri.....	36
Çizelge 4.4. Tinca tinca'nın Yaz mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al Düzeyleri.....	42
Çizelge 4.5. Tinca tinca'nın Sonbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al Düzeyleri.....	48
Çizelge 4.6. Tinca tinca'nın kış mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al Düzeyleri.....	54

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Şematik olarak ağır metallerin doğaya yayınımları	10
Şekil 2.2 Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı.....	13
Şekil 4.1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri.....	33
Şekil 4.2. Suda Ölçülen Ağır Metal Düzeyleri.....	34
Şekil 4.3. Sedimentte Ölçülen Ağır Metal Düzeyleri.....	35
Şekil 4.4. İlkbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cu Düzeyi.....	38
Şekil 4.5. İlkbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Fe Düzeyi.....	39
Şekil 4.6. İlkbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Mn Düzeyi	39
Şekil 4.7. İlkbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Zn Düzeyi	40
Şekil 4.8. İlkbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cr Düzeyi	40
Şekil 4.9. İlkbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Al Düzeyi	41
Şekil 4.10. Yaz mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cu Düzeyi	44
Şekil 4.11. Yaz mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Fe Düzeyi	45
Şekil 4.12. Yaz mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Mn Düzeyi	45
Şekil 4.13. Yaz mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Zn Düzeyi	46
Şekil 4.14. Yaz mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cr Düzeyi	46
Şekil 4.15. Yaz mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Al Düzeyi	47
Şekil 4.16. Sonbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cu Düzeyi.....	50
Şekil 4.17. Sonbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Fe Düzeyi	51
Şekil 4.18. Sonbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Mn Düzeyi	51

Şekil 4.19. Sonbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Zn Düzeyi	52
Şekil 4.20. Sonbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cr Düzeyi	52
Şekil 4.21. Sonbahar mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Al Düzeyi	53
Şekil 4.22. Kış mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cu Düzeyi.....	56
Şekil 4.23. Kış mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Fe Düzeyi	56
Şekil 4.24. Kış mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Mn Düzeyi	57
Şekil 4.25. Kış mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Zn Düzeyi	57
Şekil 4.26. Kış mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Cr Düzeyi	58
Şekil 4.27. Kış mevsiminde Tinca tinca'nın dokularındaki Al Düzeyi	58

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü.....	26
Resim 2. <i>Tinca tinca</i> L., 1758 Genel Görünümü.....	28

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 1. Türkiye Göller Haritası.....	25
Harita 2. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü Uydu Görüntüsü	25

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
Cr	Krom
Pb	Kurşun
Hg	Civa
Cd	Kadmiyum
Se	Selenyum
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Au	Altın
Na	Sodyum
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Co	Kobalt
Mn	Mangan
Br	Brom
CuSO₄	Bakır(II)sülfat
MnO₄⁻	Permanganat
Fe₂O₃	Demir oksit
Fe(OH)₃	Demir-3-oksit
CrO₄	Kromat
ClO₃	Klorat
Al₂O₃	Alüminyum oksit
Al₂(SO₄)₃	Alüminyum sülfat
HNO₃	Nitrik asit
HClO₄	Perklorik asit
H₂O₂	Hidrojen peroksit

C₂₀H₁₂	Benzopiren
DDT	Diklorodifeniltrikloroethan(C ₁₂ H ₉ C ₁₅)
PCB	Poliklorlu bifenil
µg/g	Parts per million
pH	Power of Hydrogen
mg	Miligram
g	Gram
m	Metre
kJ(kcal)	Kilojoule(kilokalori)
cm	Santimetre
km	Kilometre
km²	Kilometre kare
ha	Hektar alan
mm	Milimetre
µ	Mikro
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
AD	Alzheimer Demansı
LDH	Laktat Dehidrogenaz
TGK	Türk Gıda Kodeksi
AAS	Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi

1.GİRİŞ

Çevre, doğa ve insan tarafından biçimlenen öğelerin ve koşulların tümüdür. Çevre ve insan birbirini tamamlayan, karşılıklı etkileşim içinde olan kavramlardır. Ancak son yıllarda insan-doğa ilişkilerinin olumsuz yönden çeşitli boyutlara ulaştığı ve dengenin bozulduğu görülmektedir (Ağcasulu, 2007).

Doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmekte ve bu sorunlar her geçen gün gittikçe büyüyen boyutlarda karşımıza çıkmaktadır (Erdoğan ve Erbilir 2007).

Özellikle de sucul habitatların gittikçe kirlenmesi ve tükenmesi ekonomik, ekolojik ve sosyolojik bakımdan ciddi sorunların çıkmasına neden olmaktadır. Bunlar genel olarak, besin maddesi üretiminin azalması, sucul ekosistemlerde ekolojik dengenin bozulması ve hastalıkların artması şeklinde sıralanabilmektedir (Köse ve Uysal 2008).

Çevre kirliliği denildiğinde hava, su ve toprak kirlenmesi akla gelir. Toprakta ve havadaki kirleticiler de sonunda su ortamına ulaşır ve su kirliliğine neden olur. Çünkü, toprağa ve havaya bırakılan kirleticiler buldukları bölgede kalmaz. Yağmur, sel gibi yollarla yer üstü ve yer altı sularına karışarak kirlenmesine yol açar (Karadede, 1997 ve Beğenirbeş, 2002).

Su, insanlar ve diğer canlılar açısından hayati öneme sahiptir. Temizlik, içme, evsel ve tarımsal olarak çeşitli amaçlarla kullanılan vazgeçilmez bir maddedir. Teknolojinin gelişmesi sonucu, endüstri ve sanayi atıkları ile kentsel atıkların bulunduğu kanalizasyon sularının boşaltıldığı baraj ve göllerde kullanılabilir su kaynakları azalmakta ve kirlenmektedir (Çalışkan, 2005).

Su kirliliği, insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan, kullanımı kısıtlayan veya engelleyen ve ekonomik dengeleri bozan kalite değişimleridir. Su kirliliğinin bir başka tanımı ise; su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya

dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su ürünlerinde, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde ve enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir (Sönmez vd., 2008).

Doğal dengeyi bozan kirletici unsurlar; organik maddeler, ağır metaller, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak sıralanmaktadır (Köse, 2007).

Bu kirleticilerden özellikle endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içerisinde bulunan ağır metaller, deşarj edildikleri ortamda uzun süre kalabilmeleri, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirmeleri ve besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını tehdit etmeleri nedeniyle büyük önem taşırlar (Karadede, 1997 ve Canpolat, 2001).

Ağır metaller, doğal sularda eser miktarda bulunurken insan faaliyetleri sonucu özellikle endüstriyel atık suların içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan toprak ve suya geçmesiyle sulardaki konsantrasyonları artmaktadır. Ağır metaller beslenme zinciri içerisinde üst seviyelere doğru birikme eğilimdedirler. Bu kirleticiler bazı toleranslı türler tarafından biriktirilerek giderek artan bir oranda besin zincirinin üst tabakalarına taşınarak canlılara ve özellikle insanlara zarar vermektedir (Türkoğlu, 2008).

Ağır metaller beslenme zinciriyle, ya doğrudan planktonlarla ya da su ortamındaki diğer tüketici organizmalarla balıklara geçmektedir. Bu metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı ile ilgili olduğu gibi balığın dokuları ve organları arasında da farklılık gösterir. Biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda giderek artan ağır metal birikimi hem balıklarda toksik etki yapmakta hem de insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Ağcasulu, 2007).

Bu çalışmanın amacı, Sıdıklı Baraj Gölü'nün su ve sedimenti ile gölde yaşayan Kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)' nın solungaç, bağırsak, deri, doku ve

karaciğerindeki bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesi, elde edilen verilere göre alıcı ortamın (su ve sediment) ve kadifenin çeşitli dokularındaki ağır metal birikiminin Dünya Sağlık Örgütü kriterlerine göre değerlendirilmesidir.

2. AĞIR METALLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Ağır Metallerin Tanım ve Özellikleri

Ağır metal; organizmanın sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan ve miktarı organizmanın ağırlığının % 0,01'den az olan elemente denir. Diğer bir tanıma göre; özgül ağırlığı 5 g/cm³'den büyük ve atom numarası 22'den 92'ye kadar olan elementler ağır metal olarak tanımlanmaktadır (Çınar, 2008).

Sayısız kullanım yeri olan metaller biyolojik anlamda üç gruba ayrılır (Clark, 1992):

- **Esansiyel elementler:** Canlının yaşaması için mutlaka gerekli olan metallerdir. Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum gibi.
- **Yan elementler (Geçiş elementleri):** Düşük konsantrasyonlarda esansiyel olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yapan elementlerdir. Demir, bakır, kobalt, manganez, çinko, molibden, krom gibi.
- **Eser elementler (Metaloitler):** Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan ve oldukça düşük konsantrasyonlarda toksik etki yapan elementlerdir. Kadmiyum, arsenik, civa, kurşun, kalay, selenyum, berilyum gibi.

Sulardaki inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturmaktadır. Bazı ağır metaller uygun konsantrasyonlarda canlı yaşamı için gerekli olup eksikliklerinde çeşitli semptomatik bozukluklar ortaya çıkmaktadır. Ancak bu

metaller doğal konsantrasyonları aştığında önemli bir enzim engelleyici grubu oluştururlar. Gümüş, civa, bakır, kadmiyum ve kurşun gibi metaller bu nedenle zehirlidirler. Ağır metaller, organizmalara gerekli olsun ya da olmasın yüksek konsantrasyonlarda potansiyel olarak zehirlidirler (Ağcasulu, 2007).

2.2. Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar

Ağır metaller doğal sularda eser miktarda bulunurken, insan faaliyetleri sonucu sulardaki konsantrasyonları artış göstermektedir. Sucul ekosistemlerde ağır metaller önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır (Türkoğlu, 2008).

Metaller normalde kayaların ve maden cevherlerinin bünyesinde bulunduğu için sularda, organizmalarda, sedimentlerde ve toprakta da bulunması doğaldır (Ciminli, 2005). Metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınır. Denizdeki metaller, birçok nehrin bu denize katılımı sonucu birikir. Ayrıca bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları nedeniyle birikim çok daha fazla olabilir. Suda çözünür halde bulunan metaller çökerek sedimentte birikir, özellikle de nehrin denizle birleştiği geniş kısımlarda ağır metallerin birikimi daha yoğundur (Fergusson,1990).

Madencilik endüstrisi ağır metal kirliliğine yol açan kaynakların başında gelir. Maden cevherlerinden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, çoğu kez tabii tutuldukları işlemlerle aktifleşip birer kirlilik kaynağı haline gelir (Tümen vd., 1992). Bu metaller daha sonra atmosferik etkilerle çözünerek yeryüzü ve yeraltı sularına geçer. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın su ürünleri yönetmeliğine göre balık dokularındaki, sucul ortamdaki ve sedimentteki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri Çizelge 2.1, Çizelge 2.2'de ve Çizelge 2.3 verilmiştir.

Çizelge 2.1. Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2002)

Metaller	Balıkta kabul Edilen değer (mg/kg)	Suda kabul Edilen değer (mg/l)
Hg	0,50	0,004
Cd	0,10	0,01
Pb	1,00	0,10
Cu	20,00	0,01
Zn	50,00	0,003
Ni	0,30	0,30
Cr	4,10	0,11
Fe	410	0,70
Se	-	0,05

Çizelge 2.2. Sediment Kalite Yönergesi ($\mu\text{gg-1}$, k.a.)
(<http://www.ene.gov.on.ca/envision/gp/B1-3.pdf>)

Metaller	Etkisiz	En Düşük Etkili Konsantrasyon	Yüksek Etkili Konsantrasyon
Arsenik	-	6	33
Kadmiyum	-	0,6	10
Krom	-	26	110
Bakır	-	16	110
Demir (%)	-	2	4
Kurşun	-	31	250
Mangan	-	460	1100
Civa	-	0,2	2
Nikel	-	16	75
Çinko	-	120	820

Çizelge 2.3. Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2002)

Metaller	Kabul Edilebilir Değer (mg/l)
As	0,1
Cu	0,01
Hg	0,004
Zn	0,003
Fe	0,7
Ag	0,003
Cd	0,01
Co	1,0
Pb	0,1
Cr	0,1
Mn	1,0
Ni	0,3
Se	0,05
Sn	1,2

2.3. Ağır Metallerin Zehirliliğini Etkileyen Etmenler

Ağır metal içeren çözeltilerin zehirliliğini etkileyen faktörler, organizmanın türüne, üreme zamanına, su ortamının; ısı, ışık, tuzluluk gibi fiziksel değişkenlerine ve metalin cinsine göre değişir (Bryan, 1976).

Brayn (1976), bakır sülfatın zehirlilik etkisinin çok değişken olduğunu, suyun sertliğine, çözünen iyonların miktarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini, suda bulunan fazla miktardaki askıda katı maddelerin, organik maddelerin ve artan tuz miktarının zehirlilik etkisini azalttığını bildirmektedir (Bryan, 1976).

Şehirsal alanlarda sıkça kullanılan ağır metallerin, göl sularındaki, sediment ve balıklardaki durumunu belirlemek amacıyla Stockholm'de 10 farklı gölde yapılan

çalışmada (Lindström ve Hakanson, 2001); balık dokularındaki metal konsantrasyonlarının; göldeki besin zincirine, av rekabetine, su kimyasına (metallerin farklılığı ile bentik ve pelajik türlerdeki atılım yollarının farklılığına) ve göldeki hidrodinamiklere (gölün yükü) bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir. Balığın yaşadığı ortamdaki pek çok ajan da su, sediment ve balıktaki metal seviyesini etkilemektedir. İncelenen metaller arasında en fazla Cu ve Pb' nin şehirselleşmelerin oluşturduğu parametrelerle yakından ilişkili olduğu görülmüştür.

Yine, su ortamındaki metalin canlı üzerindeki etkisi, ekolojik ihtiyaçlar, metabolizma, suyun bulaşma ölçüsü, besin, sediment ve diğer faktörlerle (mevsimsel değişimler, tuzluluk, sıcaklık, interaktif ajanlar) değişebilmektedir (Canlı, 1995).

Sudan sağlanan birikim, küçük organizmalarda oransal olarak daha büyüktür. Küçük organizmalarda, yüzey soğurması için daha büyük yüzey / ağırlık oranı ve ayrıca bu organizmaların daha büyük metabolik hızlara sahip olması bu durumun temel nedeni olarak gösterilmektedir (Wittmann, 1981).

Zn, Fe gibi biyolojik olarak gerekli metaller sindirim sistemi yoluyla hızla soğurulmaktadır (Fowler, 1982). Bu sebeple, suda yaşayan farklı canlıların iz metal içerikleri üzerinde yapılan araştırmalarda aynı ortamdaki sediment, su ve canlı topluluğu üyeleri iz metaller açısından incelenmekte ve kimi organizmalar indikatör olarak kullanılmaktadır. İndikatör organizmaların kullanımı metallerin, su veya sediment örneklerindeki ölçümüne oranla kuramsal avantajları vardır (Timw, 1990).

İndikatör organizmalardaki metal derişimleri sulardakine oranla 10^5 ile 10^6 defa daha yüksek olabilir. Bu durum önceden konsantre edilmeden doğrudan analize olanak sağlamaktadır (Phillips, 1976).

Sahil bölgesindeki ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan sedimentler, o bölgedeki ağır metallerin varlığı hakkında tahmini bilgi vermez. Bu nedenle, bir organizmanın kullanımı bölgedeki ağır metallerin varlığı hakkında sedimentten daha spesifik bilgi sağlar (Lynby, 1987).

2.4. Ağır Metallerin Toksik Etkileri

Ağır metallerin toksik etkileri birçok grupta toplanarak incelenebilir (Vural, 2005)

- **Enzim inhibisyonu:** Birçok metal birden fazla organ sistemini etkiler. Bu toksik etki yerleri biyokimyasal proseslerin yani enzimlerin bulunduğu hücre membranları ve organellerdir. Çok toksik olan metaller, esansiyel aminoasitlerin sülfidril, histidil veya karboksil gruplarına yüksek afinite gösterirler ve proteinlerle etkileşerek enzimatik reaksiyonları inhibe ederler.
- **Esansiyel elementlerin yerini alma:** Bazı metaller, metabolik olarak benzedikleri elementlerin yerine geçerek toksik etki gösterirler. Örneğin kursunun merkezi sinir sistemini etkilemesi, kalsiyuma benzer metabolizması ile “hem” metabolizmasını etkilemesi de demir ve çinkonun yerini alması ile açıklanır.
- **Proteinlerle birleşme:** Bazı toksik metaller ise proteinlerle birleşip intersellüler birikimlerine rağmen hücre hasarına neden olmazlar. Metallerin bu şekilde proteinlerle kompleks oluşturması detoksikasyon veya koruyucu bir mekanizma olarak ortaya çıkar.
- **Metallerin oksidasyon basamağı ve bileşik şekli:** Toksisitelerini önemli derecede etkiler. Cr^{+6} bileşiklerinin Cr^{+3} den daha toksik olması; organik metal bileşiklerinin (alkil kurşun ve alkil civa gibi), inorganik bileşiklerine göre (kurşun asetat ve civa-2-klorür gibi) daha çok toksik olmaları örnek verilebilir.
- **Dış faktörler:** Besin, çevre ve endüstride toksik bir metale maruziyet, esansiyel elementin organizmadaki (moleküler, hücre, doku ve organdaki) biyolojik düzeyini değiştirebilir. Örneğin bakır eksikliği, aşırı miktarda çinkoya maruziyet sonucu görülür.

2.5. Ağır Metallerin Besin Zinciri ile Taşınması

Bir ekosistemde madde iletimi canlılar arasındaki besin zinciriyle sağlanır. Ekosistemlerde bulunan türlere ait bireylerin diğer tür veya türlere ait bireyler üzerinden beslenmesi sonucu oluşan halkalar serisine besin zinciri denir (Köse, 2007).

Besin zincirinde halkaları oluşturan 3 grup vardır.

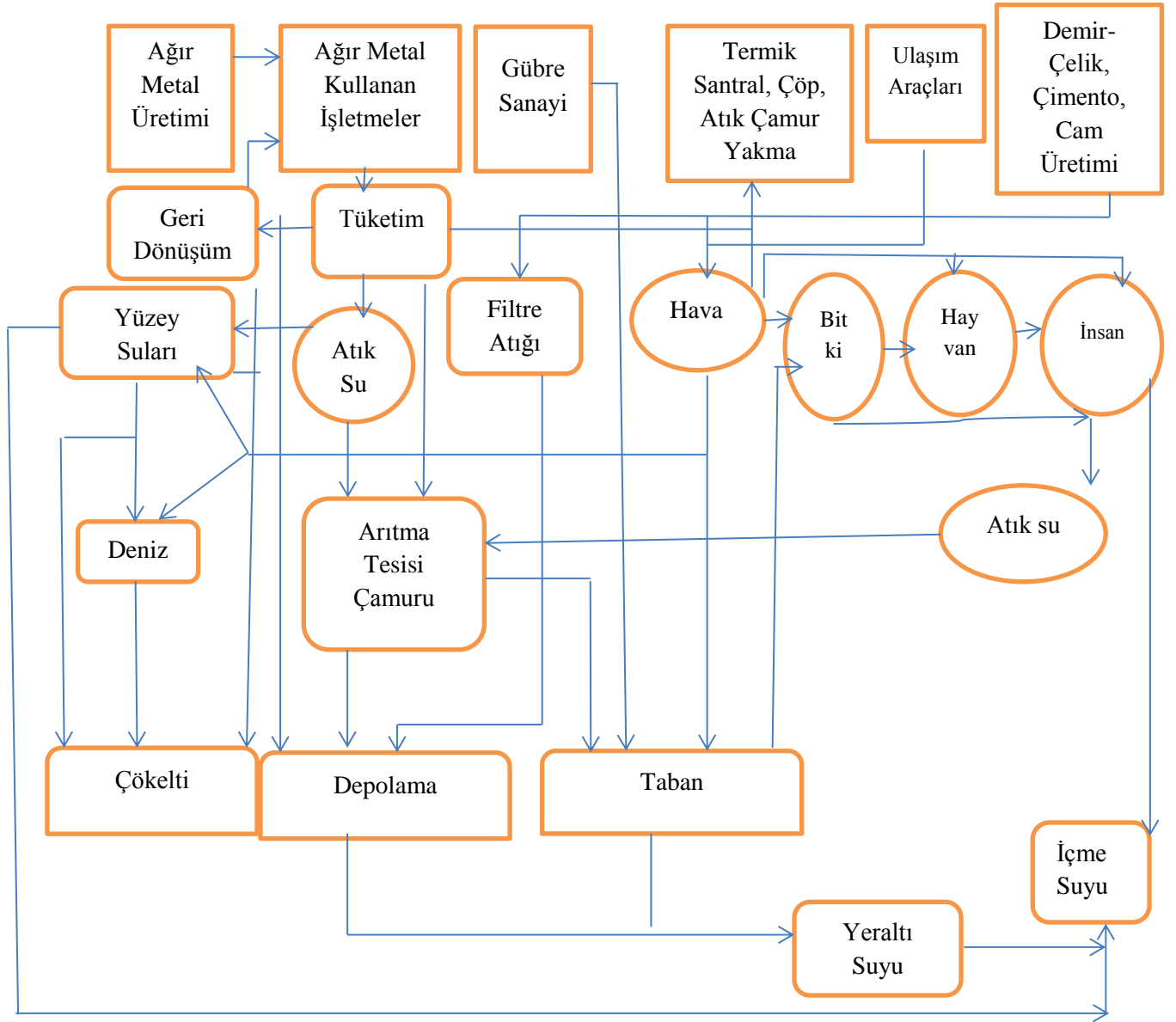
1.Üreticiler: Güneş enerjisinden yararlanarak inorganik maddelerden besinini sentezleyen tüm klorofilli canlılar üreticiler olarak tanımlanır.

2.Tüketiciler: Ototrof canlıların oluşturduğu ürünlerle beslenenler birincil tüketicileri oluştururlar.

3.Ayrıştırıcılar: Besin zincirinin son halkasını oluşturan ayrıştırıcılar bitki ve hayvan ölüleri ile atık maddelerle beslenen bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalardır (Tanyolaç, 1993).

Denizel organizmalarının bazıları ağır metalleri belli bir dereceye kadar bünyelerinde depolayabilirler (Windom, 1991). Bu ağır metaller, organizmalar için zehirli veya zararlı olmasa bile besin zinciri yoluyla insana ulaştığında, insan sağlığını etkilemektedir. Su bitkileri ve çoğu bentik organizmada bakır regülasyonu zayıf olduğundan bu türlerde ortamda bulunanın bir kaç katı kadar bakır depolanabilmektedir. Bu nedenle ortamdakine ek olarak, besin zincirinin üst trofik düzeylerinde besin yolu ile önemli miktarlarda metal alınmakta ve bu düzeyler de akut ve kronik zehirlenmelere yol açabilmektedir (Kargın, 1989).

Kirletilmiş bölgelerde deniz dibi sedimanı yüksek ağır metal konsantrasyonuna sahiptir. Dolayısıyla, sedimandan beslenen canlılarda en yüksek ağır metal konsantrasyonu görülür (Kocaman, 1999).



Şekil 2.1. Şematik olarak ağır metallerin doğaya yayınımları (Rether, 2002; Duffus ve Howard, 1996)

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmeye ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verdiğimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir.

Ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayınımları söz konusu olduğu görülmektedir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayınımları önemli miktarlara ulaşabilmektedir. (1979 Lengrich'te çimento tesisinden talyum kaçağı*). Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu 7600 ton Cd, 18800 ton arsen, 3600 ton cıva 332000 ton kurşun atmosfere atılmakta iken insan faaliyetleri sonucu deşarj edilen miktarlar dikkate alındığında ise selen (19 kat), kadmiyum (8 kat), cıva, kurşun, kalay (6 kat), arsen, nikel ve krom (3 kat)) daha fazladır (Rether, 2002; www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-t/daten/umweltkatastrophen.htm).

Besin zincirinde alt basamaktaki canlılarda biriken metaller, bir üst basamaktaki canlılara geçebilir ve toksik etkilerini ortaya çıkarabilir. Balıklarda, besin zinciri ile alt basamaktaki canlılarda bulunan ağır metalleri bünyelerine alır ve mevsimlere bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarında farklılıklar görülebilir (Aksun, 1986).

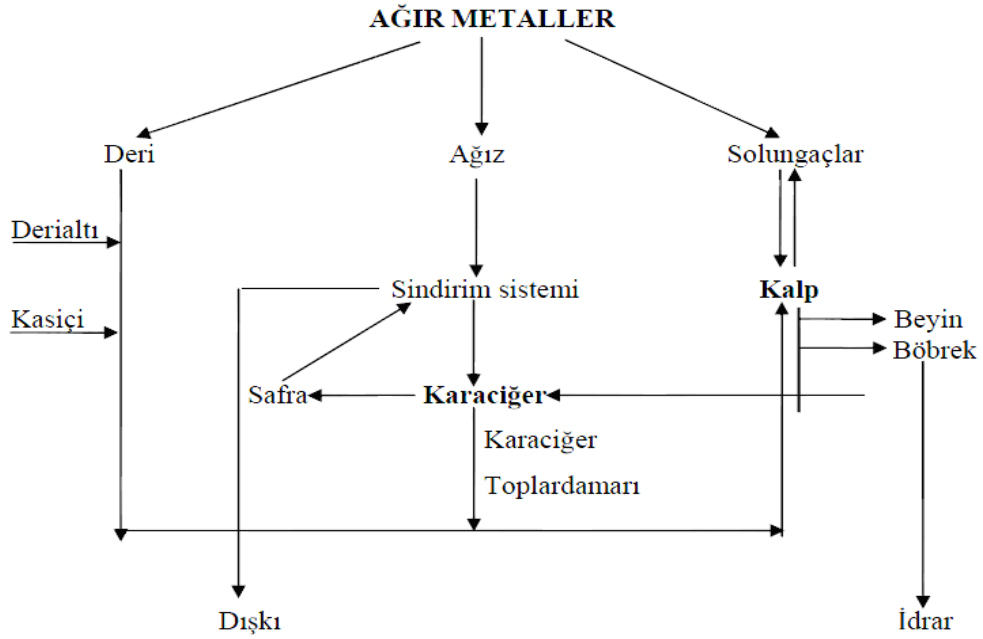
2.6. Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi

Ağır metallerin balık tarafından alınması, suyun ve sedimentin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Örneğin, suda artan kalsiyum konsantrasyonu; bakır, kadmiyum ve çinkonun alınmasını azaltır. Balıklar ağır metalleri vücut yüzeyinden, solungaçlardan ve sindirim sisteminden olmak üzere başlıca üç yoldan vücutlarına alırlar. En fazla ağır metal absorpsiyonu solungaçlarla gerçekleşirken vücut yüzeyinden absorpsiyon oldukça azdır (Amundsen vd., 1997).

1. Solungaçlardan absorpsiyon: Balıklar, ağız yoluyla alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan geçmesi sırasında, suda çözünmüş veya askıda bulunan maddeleri de alırlar. Bu sırada suda bulunan ağır metaller de solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine alınır (Health, 1987).

2. Sindirim sisteminden absorpsiyon: Balıklarda en çok zehirlenmeler ağız yoluyla alınan toksik maddelerle olmaktadır. Bu nedenle gastrointestinal absorpsiyon oldukça önemlidir. Sindirim kanalından emilen toksik madde, kan dolaşımı ile tüm vücuda dağılarak zehirlenmeye yol açabilir. Bu zehirlenme, zehrin türüne, şiddetine ve emilen madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorpsiyonlarının fazla olduğu yer ince bağırsaklardır (Dökmeci, 1988).

3. Deriden absorpsiyon: Deri genellikle toksik maddelerle temas halindedir. Ancak derinin ağır metallere karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle canlıların bu yolla zehirlenmeleri daha az görülür. Deride epidermis bölgesinde bulunan *stratum corneum* tabakası epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir (Carpene ve Vasak, 1989; Carpene vd., 1990).



Şekil. 2.2 Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı (Dökmeci. 1988)

Absorbe olan iz elementler solungaçlardan ve bağırsaklardan kana transfer edilip vücudun diğer kısımlarına dağıtılır. Her metalin dağılışı yeri farklıdır. Balık kronik olarak bakıra maruz kaldığında daha çok karaciğerde biriktiği görülür. Solungaçların epitel hücrelerinden çinkonun transferi oldukça hızlıdır. Çinko daha çok deride ve kasta dağılım gösterirken, karaciğer ve böbrekte daha az oranlarda birikir. Çinkonun karaciğer ve böbrekteki atılımı oldukça hızlıdır. Oysa deride, kasta ve kemikte daha yavaş elimine olurlar. Kadmiyum balıkta çok yavaş birikir. Kadmiyumun esas biriktiği organlar böbrek ve karaciğerdir (Hogstrand ve Hanx, 1991).

Balıkların doku ve organlarında biriken ağır metaller, etkide kalınan süreye ve ortamdaki konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirlenen bir metalin hangi doku ve organda depo edileceği türlere göre değişmektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ise genellikle ağır metallerin öldürücü olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesidir (Kargın ve Erdem, 1992).

2.7. Çalışılan Ağır Metaller

Ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri sucul ortamdaki birikim ve etkilerini belirlemektedir. Bu nedenle bu ağır metallerin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Tumantozlu, 2010).

2.7.1. Bakır (Cu)

Bakır atom numarası 29, atom ağırlığı 63.546 g/mol, yoğunluğu 8.9 g/cm³, erime noktası 1083°C, kaynama noktası 2595°C olan bir metaldir (Anonim, 2006a). Biyolojik sistemlerde +2 ve +1 değerlikli olan Cu, organizmalarda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde, omuriliğin miyelinleşmesinde, kalp fonksiyonlarında ve doku pigmentasyonunda etkin rol oynar (Özden, 2008).

Bakır çevrede doğal olarak bulunan çok yaygın bir maddedir ve doğal yollarla da çevreye yayılmaktadır. İnsanların bakır endüstri ve tarımda artarak kullanmaları sonucu çevredeki bakır miktarı da artmış durumdadır. Bakır rüzgarla taşınan tanecikler, çürüyen bitkiler ve orman yangınları gibi doğal veya madencilik, metal üretimi, orman ürünleri ve ticari gübrelerin üretimi gibi insan faaliyetleri yoluyla çevreye bırakılmaktadır (Çınar, 2008).

Endüstriyel olarak en çok kullanılan alanlar; elektrik sanayi, kimyasal katalizör yapımı, boya sanayi ve cam endüstrisi ayrıca otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar gibi birçok alanda kullanılır. Bakır madenleri, bakır ve pirinç kaplama sanayi, kağıt, petrol ve boya endüstrileri atık suları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, taşıtların fren balataları, metal endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri bakır kirliliğine neden olan ana kaynaklardır (Akgün 2006; Türkoğlu, 2008).

İnsanlar için vücut fonksiyonları açısından önemli olan bakır özellikle saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşeni konumundadır. Erişkin insanlarda ortalama 50-120 mg civarında bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının temel öğesidir.

Bakır birçok enzim ve proteinin yapısında da bulunur. Bütün bunların yanında demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi de üstlenir. Bakır eksikliğinde insanlarda ve hayvanlarda büyümede gecikme, solunum sistemi enfeksiyonları, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi ciddi sağlık problemleri oluşur. (Kahvecioğlu vd., 2004).

Kronik bakır zehirlenmesi korneada bakır birikimi, böbrek rahatsızlığı, beyin hasarı ve karaciğer sirozu ile karakterize 'Wilson Hastalığı' na yol açar. Hayvanlarda bakır, kemik yapılıması, sinir sistemindeki miyelin aktivitesi, hemoglobin sentezi, önemli bir bileşeni olduğu metalloenzimlerin aktivitesi ve diğer birçok enzimin bileşeni olarak enzim aktivitelerinde önemli bir rol oynar (Kruger, 2002).

Sudaki çözülmüş oksijen, sertlik, ısı, pH ve şelat ajanlarındaki azalma bakır toksisitesinin artmasına neden olur. pH'nın bakır toksisitesi üzerine önemli bir etkisi vardır. Suyun pH sı yüksek ise suda bulunan bakır çökelir ve toksik etkisini kaybeder, fakat pH düşük ise bakır suda çözünür ve toksisitesi artar.

Aşırı düzeydeki bakırın su canlıları üzerindeki etkilerinin bazıları şunlardır (Kruger, 2002):

- Balıklarda bazı biyokimyasal, anatomik, fizyolojik ve davranışsal değişikliklere sebep olur.
- Hücrelerde yağ peroksidasyonuna neden olur.
- Kalp atışında yavaşlama, hızlı oksijen alımı ve anemiye neden olur.
- Solungaçlarda mukozada birikerek strese hatta ölüme yol açan solunum rahatsızlıklarına neden olur.
- Büyümeyi yavaşlatır.
- Omur hasarları ve nörolojik bozukluklara neden olur.
- Kan ve karaciğerde enzim aktiviteleri, hematolojik parametreler ve plazma iyon konsantrasyonu gibi aktiviteleri etkiler ve solungaçta iyon transferine engel olur.

2.7.2. Demir (Fe)

Demir atom numarası 26, atom ağırlığı 55,845(2) g/mol, yoğunluğu 7,86 g/cm³, erime noktası 1538 °C, kaynama noktası 2861 °C olan bir elementtir (Anonim, 2009).

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. Doğal olarak toprakta bulunan demir; akarsular, nehirler ile deniz ve göllere taşınmaktadır. Ayrıca endüstriyel atıklarda kirletici kaynakları oluşturmaktadır (Tuncay, 2007).

Demir, insan organizmasında özellikle kırmızı kan hücrelerinin yapısında bulunan hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması bakımından önemlidir. Bunun dışında demir, kasların miyoglobininde, sitokrom, peroksidaz ve katalaz sistemlerinde yer alan yaşamsal önemde bir elementtir (Alhas vd., 2009).

Su ortamındaki kolloidal demir çok yoğun olduğu zaman solungaçlar üzerinde birikerek balıkların ölümüne neden olabilir. Ayrıca dokularında fazla miktarda demir birikmiş balıkların besin olarak tüketilmesi de insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir (Tekin-Özan vd., 2004).

2.7.3. Mangane (Mn)

Mangan atom numarası 25, periyodik cetvelde 7B grubu bir elementtir. Mangan, yeryüzünde her yerde bulunabilen çok yaygın bir bileşendir (Anonim, 2009).

Yaşam için gerekli olup, 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. Suya ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınım ile olur. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak

birikebilir. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikim gösterir (Çalışkan, 2005).

Mangan organizmalardaki enzimlerin yapısal bütünlüğü açısından gerekli bir elementtir. Bu elementin eksikliği insanlarda solunum, sinirsel bozukluklar ve kısırlığa neden olur (Tuncay, 2007).

2.7.4. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30, atom ağırlığı 65,37 gr/mol, yoğunluğu 20°C'de 7,11 gr/cm³, erime noktası 420°C, kaynama noktası 970°C olan ve 10 adet izotopu bulunan bir metaldir (Anonim, 2006b).

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 gibi önemli metabolik prosesler için gereklidir (Türkoğlu, 2008).

Çinko, biyomembranların stabilizasyonunda önemli bir role sahiptir. Ayrıca, dildeki tad alma reseptörlerinin ve nazal boşluktaki koku alma reseptörlerinin düzenli olarak çalışmasını sağlamaktadır.

Ergin bir insanda günlük çinko ihtiyacı; 8–20 mg kadardır. İnsan vücudu da 2 g kadar çinko içerir (Metelew, 1971).

Çinko insan vücuduna yetersiz miktarda alındığı takdirde iştah kaybı, tat ve koku 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. 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 rahatsızlıklara neden olur (Kahvecioğlu vd., 2004; alışkan, 2005).

Çinko ayrıca kadmiyum gibi diğer tehlikeli ağır metallerin toksik etkisi ve alımında koruyucu ve engelleyici özelliği açısından oldukça önemlidir. Çinkonun balık bünyesine eksik alınması deri lezyonlarına, yemek borusu epitelyum hücrelerinde bozukluklara, iskelet anomalilerine, büyüme gerilemesi ve iştah kaybına neden olur (Kruger, 2002).

Çinkonun toksisitesi suyun kimyasal yapısı, suda bulunan diğer metaller ve yer kabuğunun alkalinitesinden etkilenir. Çinko ortamda çok fazla seviyelerde bulunduğunda solungaç dokusunu tahrip ederek balığı öldürebilir.

Genel olarak çinkonun su canlıları için zararları şöyle özetlenebilir (Kruger, 2002).

- Deri lezyonları, hemorajiler ve omur hasarlarına neden olur.
- Balıkta yumurta zarında incelmeye neden olarak yumurtlama esnasında yumurtanın yırtılmasına neden olur.
- Gonat faaliyetlerine engel olur.
- Embriyonik gelişimine zarar verir.
- Yumurtadan çıkan larvalar çinkoya maruz kaldıklarında kulak kapsülleri ve gözlerde şekil bozuklukları, ağız ve solungaç kemerlerinde sakatlıklara neden olur.

2.7.5. Krom (Cr)

Krom atom numarası 24, atom ağırlığı 51,996 g/mol, yoğunluğu 7,19 g/cm³, erime noktası 1875°C, kaynama noktası 2665°C olan bir elementtir (Anonim, 2009).

Krom; kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr⁰, Cr⁺³, Cr⁺⁶'dır. elik üretiminde, alaşım yapımında, metal endüstrisinde, krom kaplamada

ve paslanmayı kontrol edici madde olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır.

İnsanlar krom veya krom bileşiklerini hava, yiyecek, içecek veya deri ile temas yoluyla almaktadır. Hava ve sudaki krom seviyesi genellikle düşüktür. Krom doğal olarak birçok bitki, meyve, et ve mayanın yapısında bulunduğu için insanlar kromun önemli bir kısmını bu yiyecekler sayesinde almaktadır (Çalışkan, 2005).

2.7.6. Alüminyum (Al)

Alüminyum atom numarası 13, atom ağırlığı 26,9815386(8) g/mol, yoğunluğu 2,70 g/cm³, erime noktası 660,32°C, kaynama noktası 2519°C olan bir elementtir (Anonim, 2009).

Alüminyum; inşaat, ulaştırma, elektrik ve elektronik, makine ve ekipman sektörlerinde; metal sanayiinde, kimya ve gıda sanayiinde; dayanıklı tüketim aletlerinde; muhtelif ev eşyaları ve mutfak eşyalarında; mobilya, dekorasyon ürünleri, takım ve el aletleri, levha yapımında kullanılmaktadır (Alan, 2008).

Alüminyumun vücuda girişi oral, parenteral (solunum, deri v.b.) yollarla olur. Bu durumda; mutfak kaplarından, içme suyundan, deodorantlardan, gıda katkı maddelerinden, aşı adjuvanlarından; oral antiasitler, bazı analjezikler, antidiyareikler, hemoroid preparatları ve bazı antiülser ilaçlar, efervesan tabletler gibi ilaçlardan; parenteral ve diyaliz solüsyonlarının hazırlanması için kullanılan su, hammadde ve ambalaj materyallerinden; alüminyum işleyen tesislerden alüminyum tozu solunarak alınabilir (Onur, 1997; Aslan, 2010; Güler, 1997; Yokel, 2008).

Alüminyum, temas ettiği besinlere de geçebilir. Bu özellik besinin nötr, alkali veya asit oluşuna göre değişir. Alüminyumu yüksek miktarda içeren besinler; işlenmiş peynirler, tahıl ürünleri ve tahıllardan yapılan tatlılardır. Bitkisel besinlerden çay da, yüksek asitli topraklarda yetişmekte ve alüminyum içermektedir. Bebekler için en büyük alüminyum kaynağı ise soya içeren mamalardır (Tayfur, 2002).

Su, alüminyum en fazla taşıma potansiyeline sahip etkindir (Bakar, 2009).

Doğada genellikle boksit cevheri halinde bulunur ve oksidasyona karşı üstün direnci ile tanınır. Bu direncin temelinde pasivasyon özelliği yatar. Kolaylıkla dövülür, makinede işlenir ve dökülür. Endüstrinin pek çok kolunda milyonlarca farklı ürünün yapımında kullanılmakta olup dünya ekonomisi içinde çok önemli bir yeri vardır.

Alüminyumdan üretilmiş yapısal bileşenler uzay ve havacılık sanayi için vazgeçilmezdir. Hafiflik ve yüksek dayanım özellikleri gerektiren taşımacılık ve inşaat sanayinde geniş kullanım alanı vardır. Yerkabuğunda bol miktarda (%7,5 - 8,1) bulunmasına rağmen serbest halde çok nadir bulunur ve bu nedenle bir zamanlar altından bile daha kıymetli görülmüştür (Tuncay, 2007).

2.8. Konu İle İlgili Literatür Bilgisi

Sucul ortamlardaki biriken ağır metallerin belirlenmesine yönelik Türkiye’de ve dünyada pek çok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan;

Canlı vd. (1998), yaptıkları çalışmada Seyhan Nehri’nde belirledikleri 5 istasyondan yakalanan *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*’un kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni düzeylerini belirlemişlerdir. Karaciğer ve solungaç dokularının, kas dokusuna göre daha yüksek düzeyde metal biriktirdiğini tespit etmişlerdir.

İzmir ve Çandarlı Körfezlerinde yapılan araştırmalarda, su, sediment ve biota örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının düzeyleri Fe > Zn > Pb > Cu > Cd > Hg sırasını takip ettiği, ağır metal düzeylerinin gerek kendi aralarında gerekse bazı biyolojik türlerde anlamlı ilişkiler gösterdiğini bildirilmiştir (Tunçer, 1985).

Başka bir çalışmaya göre, bakır birikimi, karaciğer, böbrek ve gonatta en yüksek, kaslarda ise en az düzeyde bulunmuştur (Karahana, 1991).

Kaslarda biriken bakır düzeyleri düşük olduğundan, bu balıkların insanlar tarafından tüketilmesi halinde insanlara geçen bakır miktarı nispeten çok düşük düzeyde olacaktır. Bakırın ergin insanlarda ilk toksik etkilerinin 70 kg insan ağırlığı başına haftada 45 µg/g yaş ağırlık olarak alındığında ortaya çıktığı belirtilmiştir (Erdem ve Kargın, 1990).

Gökkuşığı alabalığının (*Salmo trutta gairdneri*) karaciğerinde Cu birikimi 50,2 µg/g/g, Zn birikimi ise 34,1 µg/g/g kuru ağırlık (k.a.) iken, kırmızı kas dokusunda bu değerler Cu ve Zn için sırasıyla 2,1 ve 25,1 µg/g/g (k.a.) şeklinde olmuştur (Carpene ve Cattani, 1990).

Metallerle kirletilmiş sularda yaşayan balıkların önemli fizyolojik fonksiyonlarında olumsuz etkiler olduğu bildirilmektedir. Metal kirliliğine maruz kalan balıklarda, toplam beyaz kan hücresinin sağlam balıklara göre % 30 – 50 oranında düşük olduğu, bunun da bağışıklık sisteminde zayıflama neden olduğu, bu nedenle bulaşıcı hastalıklara çabuk yakalanma ve ölümlerle sonuçlanma olduğu belirtilmiştir (Larsson ve Haux, 1985).

Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü'nün sedimentinde Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn'yu tespit etmişler ve Cd, Co, Hg, Mo ve Pb'un AAS'nin analiz limitinin altında olduğunu belirtmişlerdir. En fazla biriken metalin Fe olduğunu bildirmişlerdir.

Güney Avustralya'da büyük şehirlere ve endüstriyel alanlara yakın olan ve dünyanın kurşun eritimini yapan en büyük limanı olan Pirie Limanı'ndan yılda 250 ton Zn ve 100 ton Pb Spencer Körfezi'ne bırakıldığı bildirilmektedir. İncelenen büyük balık türleri ve sestondaki metal miktarlarının belirlenerek deniz ekosistemindeki kirliliğin ortaya konduğu çalışmada, balık örneklerinde ve sestondaki metal içerikleri (Cu, Cd, Pb) mevsimsel değişim gösterirken, genel olarak kışın daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Balık etindeki ve sestondaki metal derişimleri arasında pozitif ilişki belirlenmiştir. Ayrıca balıktaki her bir metalin konsantrasyonları ile eritrositlerindeki mikronukleusun yoğunluğu arasında da yakın ilişki belirlenmiştir. İncelenen balık türlerinin (*Sillago schomburgkii*, *Aldrichetta forsteri*) besin olarak kullandığı

Krustaselerdeki metal birikimlerinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Çalışmayla; endüstriyel etkinin yoğun olduğu alanlarda balık dokusunda ve sestondaki metal seviyelerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır (Edwards, 2001).

Cicik (2003), yaptığı çalışmada; bakır, çinko ve bakır-çinko etkileşiminde Sazan (*Cyprinus carpio* L.)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi incelemiştir. Deney süresi sonunda bakır-çinko karışımının etkisinde solungaç dokusundaki çinko birikimi dışında en yüksek bakır ve çinko birikimi, karaciğerde olurken, en düşük birikim kas dokusunda meydana geldiğini bulmuştur. Karışımın etkisinde doku ve organlardaki bakır ve çinko birikimi, metallerin tek tek etkisinde belirlenen birikimden düşük düzeyde olduğunu saptamıştır.

Dural ve Göksu (2006), Çamlık Lagünü'nde seston, bentoz ve sediment örneklerinde ağır metallere Pb, Cu, Zn, Cd, Fe'nin birikim miktarlarını ve bunların mevsimsel değişimini belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada belirledikleri bulguları değerlendirdiklerinde ise en çok Zn (2295,06 µgg-1) ve Cd (17,06 µgg-1)'un sestonda; Fe (30441,70µgg-1) ve Pb (67,29 µgg-1)'un sedimentte; Cu (72,24µgg-1)'in ise bentozda biriktiğini görmüşlerdir.

Kır vd. (2007), Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin birikimini incelemişlerdir. Kovada Gölü'nün suyunda yaptıkları ağır metal analizinde Fe her mevsimde, Zn İlkbahar - 2005 ve Kış - 2006'da, Al sadece Yaz - 2005'de ve Ni sadece İlkbahar - 2005'de belirlemişlerdir. Buna karşın Mn Kış - 2006'da, Cd, Cr, Cu ve Pb tüm mevsimlerde ICP-OES'nin analiz limitinin altında bulmuşlardır. Suda en fazla bulunan metalin Fe olduğunu tespit etmişlerdir. Suda tespit edilen metallerin yaz ve ilkbahar aylarında arttığını saptamışlardır. Kovada Gölü'nün sedimentinde yaptıkları ağır metal analizinde Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al ve Ni tüm mevsimlerde belirlenirken Cd Yaz-2005 ve Sonbahar-2005'de ICP-OES'nin analiz limitinin altında bulmuşlardır. Sedimentte en fazla biriken metalin Al olduğunu bulmuşlardır. Metal birikiminin yaz aylarında en yüksek düzeye ulaştığını belirtmişlerdir.

Akbulut vd. (2009), Kızılırmak Nehri'nde yaşayan üç balık türünün kas ve solungaç dokuları ile su ve sedimentte ağır metal birikimlerini belirlemişlerdir. Suda tespit etmiş oldukları metal sıralaması; Br>Zn>Pb>Cr>Cu>Hg>Co, sedimentte; Cr>Zn>Pb>Cu>Co>Hg>Br iken kas dokusunda; Cu>Pb>Br>Cr>Hg>Co, solungaç dokusunda ise Zn>Pb>Cu>Cr>Br>Hg>Co şeklinde bulmuşlardır.

Yapılan literatür taraması sonucunda Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün su, sediment ve balıklarında ağır metal birikimi üzerine herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızın amacı Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün su, sediment ve Kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758) örneklerinde bazı ağır metal birikiminin incelenmesidir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü' nün Genel Özellikleri

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü; Kırşehir il sınırları içerisinde Kepez Özü akarsuyu üzerinde sulama amacıyla 1991-2001 yılları arasında inşa edilmiştir.

Orta Kızılırmak Havzası'nda Kırşehir İli'nin Güneybatısında Körpeli Boğaz Deresi üzerinde Baranlı dağlarına yaklaşık 5 km mesafede kurulmuştur.

Kırşehir il merkezine 30 km olup yolu asfalt kaplıdır. Kırşehir'in batısında, Kaman ilçesinin güneyinde, Hirfanlı Baraj Gölü'nün kuzeyindedir. Komşu köyler; İbrişim, Yeşilli, Sıdıklı Küçük Boğaz, Yağmurlu Büyük Oba, Yağmurlu Armutlu, Yağmurlu Sayobaşı, Çadırlı Hacı Bayram ve Tepe köydür. Arazi geniş olup hayvancılığa uygundur.

Toplam göl hacmi 28.500.000 m³ dür. Sulayacağı alan 4.945 hektardır. Kret uzunluğu 280 m olup, yüksekliği 5.020 m dir.

(<http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi12/kirsehir.htm>)

Baraj gölünde Aynalı sazan (*Cyprinus carpio*), Turna (*Esox lucius*), Kadife (*Tinca tinca*), Yayın (*Silurus glanis*), Tatlı su Kefali (*Squalus cephalus*), Siraz (*Capoeta tinca*) ve akarsuyun kendine has balık çeşitleri bulunmaktadır (<http://cadirli.azbuz.com/blog/yazi/oku>).

Çizelge 3.1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün genel özellikleri

(<http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi12/kirsehir.htm>).

Barajın yeri	Kırşehir
Akarsuyu	Körpeli Boğaz Deresi
Amacı	Sulama
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1991-2001
Gövde dolgu tipi	Kaya dolgu
Gövde hacmi	0.75 hm ³
Yükseklik (Talvegden)	53
Normal su kotunda göl hacmi	28,11 hm ³
Normal su kotunda gölalanı	1,65 km ²
Sulama alanı	4945 ha
Güç	-MW
Yıllık üretim	-GWH
Yağış alanı (km ²)	256
Yıllık ortalama su miktarı (hm ³)	22,13



Harita 1. Türkiye göller haritası

(www.aygunhoca.com/cograf-haritalar/72-turkiye-haritalari/2746-turkiyenin-golleri-haritasi.html)



Harita 2. Sıdıklık Küçükboğaz Baraj Gölü uydu görüntüsü



Resim 1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü

3.2. *Tinca tinca* L., 1758'nin Genel Özellikleri

Kadife balığı (*Tinca tinca*), Yeşil sazan olarak da bilinir, sazangiller (Cyprinidae) familyasından, fazla hareket etmeyen, yavaş akan suların dip kısımlarında yaşayan bir balık türüdür.

Bütün Avrupa' da ve Asya'nın orta derece iklimli kesimlerinde bulunur. Türkiye' nin kuzeyinde, yani Batı ve Doğu Karadeniz bölgelerinin tatlı sularında, İç Anadolu'daki baraj ve göllerde, özellikle Eskişehir Çatıören Barajında bol miktarda bulunmaktadır.

Kadife balığının doğal rengi yeşil-zeytin rengidir, ama insanlarca yetiştirilmiş olan altın renkli türü "*altın kadife balığı*" sadece suni göllerde bulunur. Dış özelliklerinden en çok dikkati çeken kalın kuyruğudur. Kalın derisi bir sürü çok küçük pullar ve salya ile kaplıdır. Görünüşünden ve ele çok yumuşak geldiğinden

dolayı Türkçede "Kadife" diye adlandırılmıştır. Ağzını aynı diğer sazangiller gibi dışarıya doğru uzatabilir ve dudaklarından iki kısa bıyık sarkar.

Kadife balıkları ortalama 20 ila 30 santim büyüklüğünde olurlar. En büyük rastlanmış ve kanıtlanmış ölçüleri 70 santim uzunluk ve 10 kilo ağırlıktır.

Kadife balıkları kısa bir süre oksijen kıtlığı içinde yaşayabilirler. Zaten sadece bu kabiliyetlerinden dolayı onları çok küçük göllerde bile bulmak mümkündür.

Çiftleşip yumurtlama zamanları Nisan ile Haziran arasındır. Bu dönemde 300.000 yapışkan yumurtalarını su bitkileri üzerine bırakırlar.

Suyun içindeki mikroskobik hayvanlardan beslenirler (Plankton), ama bazen sülük ya da yosun da yerler. Kadife balığı kusulan ve hatta akrabası olan sazandan da lezzetlidir (http://tr.wikipedia.org/wiki/Kadife_balığı).

***Tinca tinca* sistematığı:**

- Alem** : Animalia (Hayvanlar)
Şube : Chortada (Kordalılar)
Sınıf : Actinopterygii (Işınsal yüzgeçliler)
Takım : Cypriniformes (Sazansılar)
Familya : Cyprinidae (Sazangiller)
Cins : *Tinca*
Tür : *Tinca tinca*



Resim 2. *Tinca tinca* Genel Görünümü

3.3. Balık örnekleri

Çalışmada incelenen balıklar Kızılırmak Nehri'nin bir kolu olan, Kepez Özü üzerine kurulan Sıdıklı Küçükboğaz Baraj gölünden yakalanmıştır. Balıklar polietilen kaplarda aynı gün laboratuvara getirilmiş ve formaldehitte muhafaza edilmişlerdir. Laboratuvarda; boy uzunlukları, ağırlıkları belirlenmiş olan balıkların iç organları analiz yapılana kadar % 70'lik alkolde muhafaza edilmişlerdir.

3.4. Analiz için kullanılan araç ve gereçler

Ağır metal birikimi araştırılacak dokuları balık vücudundan ayırmak için bisturi ve makas; doku örneklerini tartmak için hassas terazi; doku örneklerini kurutmak için etüv; doku örneklerini çözmek için perklorik asit (HClO_4) ve nitrik asit (HNO_3) çözme işleminden sonra doku örneklerini seyreltmek için deiyonize su kullanılmıştır.

3.5. Su Örneklerinin Ağır Metal Analizine Hazırlanması

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nden aylık olarak alınan su örnekleri filtre kağıdından süzülerek 500 ml'lik renkli şişelere konulmuştur. Üzerine 3 ml derişik

(%65, w/w) nitrik asit ilave edilerek ortam asitlendirilmiştir. Suda olabilecek mikroorganizmaların ve bakterilerin biyolojik aktiviteleri sona erdirilerek, metallerin başka formlara dönüşmesi engellenmiştir. Su örnekleri analiz yapılıncaya kadar soğuk ortamda bekletilmiştir. Göl suyunun pH ve sıcaklık değerleri arazi çalışması sırasında ölçülmüştür.

3.6.Sediment Örneklerinin Ağır Metal Analizine Hazırlanması

Analizi yapılacak olan sediment örnekleri sahilden 5 m kadar içeriye girilerek alınmış, steril renkli kaplar içerisine konulmuştur. Analiz yapılıncaya kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Bir petri kabı içerisine konularak etüvde 60 °C’ de kurutulmuş ve toz haline getirilene dek havanda dövülmüştür. 0.1 g tartılarak teflon tüpe alınmıştır ve üzerine 5 ml derişik nitrik asit, 1ml derişik (%60, w/w) perklorik asit eklenerek 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra mikrodalgada çözünleştirme yapılır. Oda şartlarında soğumaya bırakılır. Cam behere alınarak elektrikli ısıtıcıda 50 – 100 °C de buharlaştırıldı (Ortamdaki fazla asitler buharlaştırılmıştır). Saf su ile 10 ml ye tamamlanır, süzme işlemini yapıldıktan sonra cam tüplerde ışık almayan serin yerde muhafaza edilir.

3.7. Balık Örneklerinin Ağır Metal Analizine Hazırlanması

Balık örneklerinin temini için 8x8, 12x12, 16x16 ve 22x22 göz açıklığına sahip ağlar kullanılmıştır. Bu ağlar birinci gün akşam atılıp ertesi gün sabah toplanmıştır.

Gölden yakalanan balık örnekleri Ahi Evran Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü laboratuvarına getirilmiştir.

- Laboratuvar ortamına getirilen balıkların boyları milimetrik metre yardımıyla, ağırlıkları ise terazide ölçülerek her bir balık ilgili forma kaydedilmiştir.
- Örnekler steril edilmiş pens ve bisturi kullanılarak her bir balığın solungaç, bağırsak, deri, doku ve karaciğer örnekleri alınarak analiz yapılına kadar derin dondurucuda bekletilmiştir.
- Alınan örnekler steril petrilere konularak 45⁰ C’ de etüvde 4-5 gün kurumaya bırakılmıştır.

- Kurutulmuş örneklerden hassas terazi ile 0,5 g tartılarak teflon tüplere konulmuştur.
- Üzerine 1ml derişik perklorik asit, 5 ml derişik nitrik asit eklenerek bir saat bekletilmiştir.
- Tüpler mikrodalga çözünürleştirme cihazına yerleştirilir ve 15 'er dk. lık periyotlarla 4 kez 450W'lık mikrodalga gücüyle etkileştirilir. (Her defasında tüplerin gazları alınır)
- Tüpler soğumaya bırakılır.
- Cam beherlere konularak 50 – 100°C' de elektrikli ısıtıcıda buharlaştırma işlemi yapılır ve ortamdaki fazla asitler buharlaştırılır. (Bu işlem sonrasında çözünmeyen örnekler kalırsa derişik (%30, w/w) Hidrojen peroksit (H₂O₂) eklenerek buharlaştırmaya devam edilir.)
- Örnekler saf su kullanılarak 10 ml ye tamamlanır.
- Örnekler süzülür.
- Cam tüplere aktarılan örnekler AAS'de analiz edilinceye kadar ışık almayan ve serin bir ortamda bekletilir.
- Hazırlanan örnekler Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazında analiz edilir.

3.8. Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS)

AAS yöntemi ile metalik özellik gösteren yaklaşık 70 kadar elementin nicel tayinini yapmak mümkündür. Cihazın gerçek anlamda kullanımı 1955 yılında başlamıştır.

Walsh, Alkemade ve Milatz, birbirinden bağımsız olarak yürüttükleri çalışmalar neticesinde 1955 yılında yaptıkları yayınlarda atomik absorbsiyon spektroskopisinin temel bir analitik yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır (Haswell, 1991).

Serbest haldeki tüm element atomları, üzerlerine düşen kendilerine özgü dalga boylarındaki ışınları absorblar. Spektroskopik tayinlerde elementin bu absorbsiyon dalga boylarından biri kullanılır. Genellikle seçilen dalga boyu, absorbsiyonun en şiddetli olduğu dalga boyu olup rezonans dalga boyu olarak ifade edilir. Böylece seçilen dalga boyunda küçük derişimlerde bile absorbans değerleri okunabilir. Tayin ortamında elementin rezonans hattıyla spektral girişim oluşturan element veya

moleküller varsa, girişimin olmadığı fakat absorpsiyon şiddetinin derişim tayini için yeterli olabileceği başka bir absorpsiyon hattı seçilir.

AAS yönteminde bir elementin nicel tayini, derişimleri bilinen standart çözeltilerin absorpsanslarıyla örnek çözeltilisinin absorpsansı karşılaştırılarak yapılır. Katı veya sıvı örnekleri atomlaştırmadan önce uygun çözeltileri hazırlanır. Örnek çözeltileri hazırlanırken tayin elementinin atomlaşma verimini olumsuz yönde etkilemeyen, girişimlerin olmadığı ve yeterli absorpsiyon şiddetinin alınabileceği ortam şartları ayarlanmalıdır. Örnek ve standartların absorpsansları, cihazın bütün parametreleri ayarlandıktan sonra aynı şartlarda ara verilmeden ölçülmelidir.

AAS'de örnek çözeltilisinin derişimini belirlemek amacıyla iki farklı yöntem izlenir (Yalçınkaya, 2005).

Kalibrasyon yöntemi

Bu yöntem için, tayin edilecek elementin stok standart çözeltilerinden belirli derişimlerde en az üç kalibrasyon çözeltilisi hazırlanır. Kalibrasyon ve örnek çözeltilerinin absorpsansları ölçülür. Kalibrasyon çözeltilerinin derişimlerine karşılık absorpsansları grafiğe geçirilir ve elde edilen noktalar birleştirilerek bir doğru çizilir. Bu grafiğe “kalibrasyon eğrisi” denir.

Kalibrasyon eğrisinden yararlanarak, absorpsans değerlerine karşılık gelen derişim bulunur. Örnek çözeltilerinin absorpsansları kalibrasyon eğrisinde absorpsansın derişimle doğrusal olarak değiştideği aralıkta olmalıdır. Örnek çözeltilerinin absorpsansları bu aralığın dışında ise seyreltme veya deriştirme yolu ile bu aralığa çekilmelidir. Çok sayıda örnek çözeltilisine uygulanabilmesi bu yöntemin üstünlüğüdür (Yalçınkaya, 2005).

Standart katma yöntemi

Genellikle tayini yapılacak örnek çözeltilerinin çok çeşitli bileşenler içermesi, kalibrasyon çözeltilerinin ise bu bileşenleri içermemesi tayinler için önemli bir sorundur. Böyle çözeltilerin analizinde örnek bileşenlerinden dolayı oluşabilecek girişimler nedeniyle doğru sonuca ulaşmak oldukça güçtür. Standart katma yöntemi kullanılarak daha doğru sonuçlara ulaşmak mümkündür.

Standart katma yönteminde tayini yapılacak örnekten en az üç eşit kısım alınır. Birinci kısma yalnızca çözücü, diğerlerine ise artan belirli miktarlarda kalibrasyon çözeltileri katılıp her biri çözücü ile eşit hacme tamamlanır.

Absorbanslar okunur ve katılan derişime karşı absorbans grafiği çizilir. Elde edilen doğrunun derişim eksenini kestiği noktanın absorbans eksenine olan uzaklığı örneğin derişimine karşılık gelir. Bu yöntem, analiz edilecek örneklerin sayısının fazla olması halinde, çözeltilerin hazırlanması için çok fazla zaman gerektirmesi ve analiz süresinin uzaması sebebiyle kolay değildir (Yalçınkaya, 2005).

3.9. İstatiksel Analizler

İstatiksel hesaplamaların yapılmasında SPSS 16.0 programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar One-Way Anova testine tabi tutulmuştur. Ayrıca su, sediment, balık doku ve bazı organlarında belirlenen metal birikimleri ve mevsimler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Kruskal-Wallis Testi yapılmıştır. Balık örneklerinde belirlenen ağır metal değerlerinin incelenen organlar arasındaki farklılık derecesini saptamak için t testi uygulanmıştır (Düzgüneş, 1983).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Suda Ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri

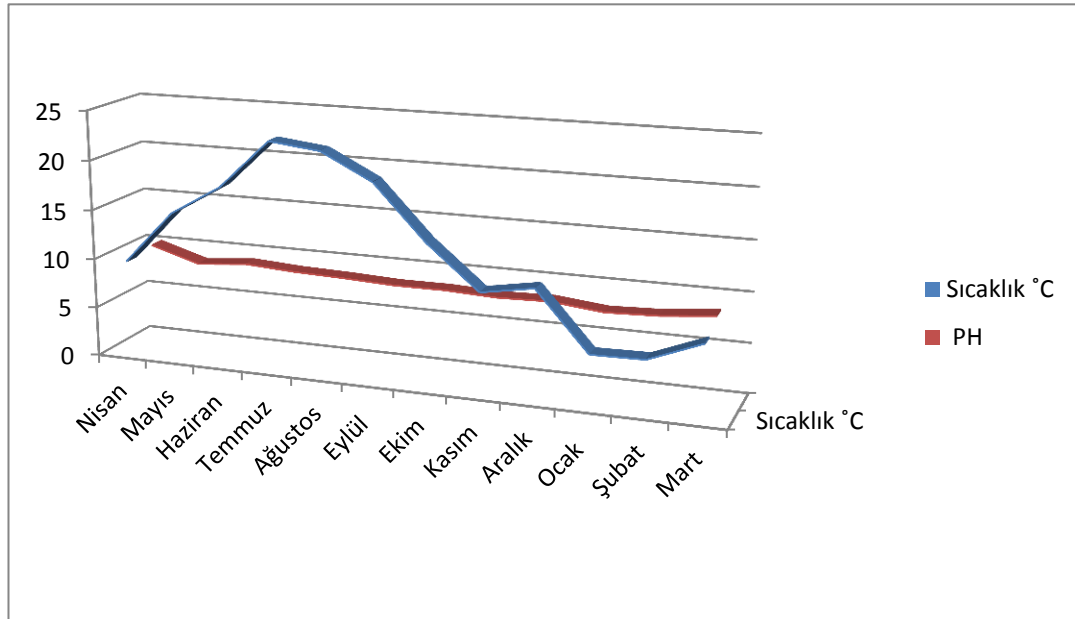
Araştırma süresince Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü suyunda mevsimsel olarak ölçülen pH ve sıcaklık değerleri Çizelge 4.1. 'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri

Mevsim	Sıcaklık °C	pH
İlkbahar	10,63	8,4
Yaz	21,06	8,7
Sonbahar	14,6	8,2
Kış	7,06	7,9

Sudaki sıcaklık değerleri 7,06 - 21,06 arasında ölçülmüştür. Sıcaklık değerinin en yüksek olduğu mevsim Yaz, en düşük olduğu mevsim ise Kış'tır.

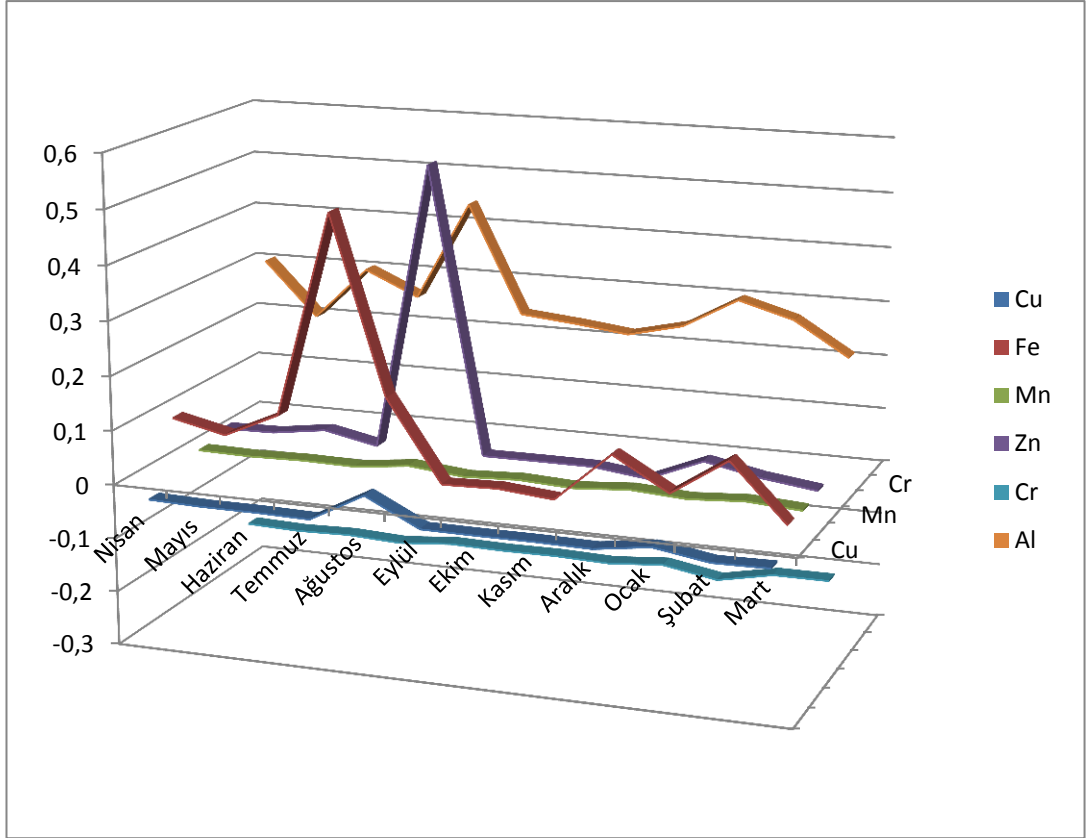
Sudaki pH değerleri 7,9 – 8,7 arasında ölçülmüştür. pH değerinin en yüksek olduğu mevsim Yaz, en düşük olduğu mevsim ise Kış'tır (Çizelge 4.1.)



Şekil 4.1. Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü suyunda ölçülen pH ve Sıcaklık Değerleri

4.2. Suda Ölçülen Ağır Metaller

Cu ve Cr birikim düzeyleri eser miktarda ölçüldüğünden istatistiksel olarak değerlendirmeye alınmamıştır. Zn birikim düzeyi önemsiz, Fe ve Mn birikim düzeylerinin ise önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$ önemli, $p > 0,05$ ise önemsizdir.).



Şekil 4.2. Suda Ölçülen Ağır Metal Düzeyleri(µl/l)

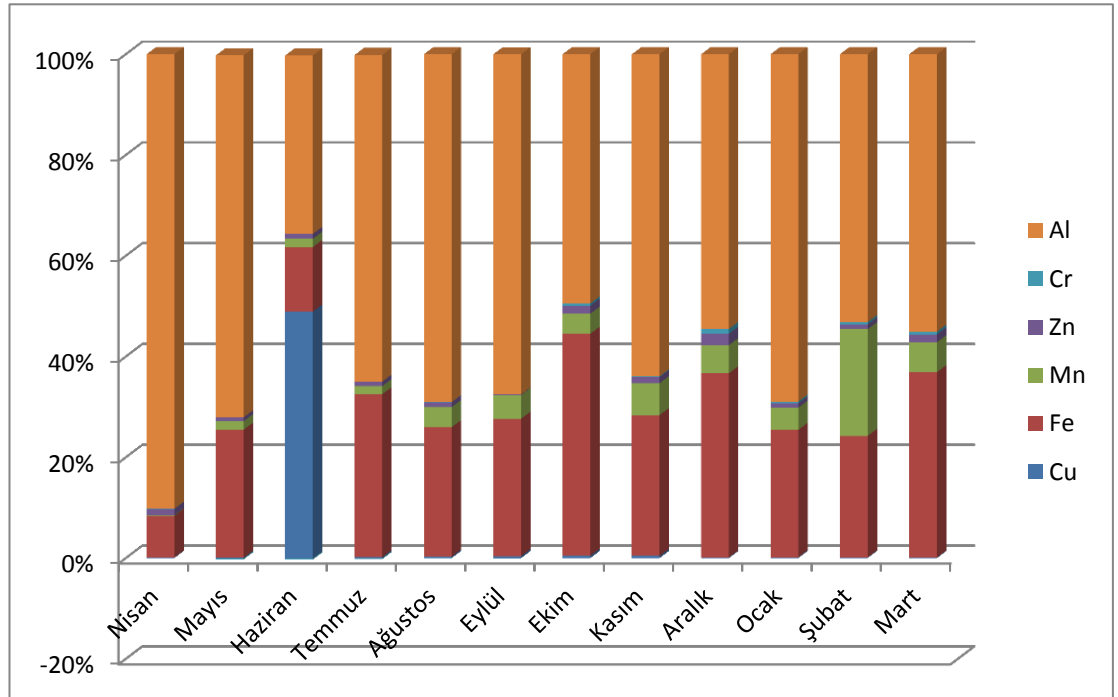
4.3. Sedimentte Ölçülen Ağır Metaller

Cu, Fe, Zn, Cr ve Al birikim düzeyleri istatistiksel olarak önemsiz, Mn birikim düzeyi ise önemlidir ($p < 0,05$ önemli, $p > 0,05$ ise önemsizdir).

Çizelge 4.2. Sediment örneklerinde yapılan ağır metal ölçümlerinin Kruskal-Wallis Test sonuçları

	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Al
t	0,1651	21,7495	5,9197	0,8997	0,1701	51,6133
p	önemli	önemli	önemli	önemli	önemli	*

*çalışılmayan değer



Şekil 4.3. Sedimentte Ölçülen Ağır Metal Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)

4.4. *Tinca tinca*'nın Dokularında Ölçülen Ağır Metaller

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölünden yakalanan (*Tinca tinca* L., 1758) Kadife balığının solungaç, bağırsak, deri, kas ve karaciğer dokularında belirlenen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al miktarları Çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.3. *Tinca tinca*'nın İlkbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
Cu	Ortalama	0,113	0,1328	0,078	0,0671	3,5155
	S	21,11	21,11	21,11	21,11	21,11
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	0,1217	0,19	0,11	0,09	6,611
	Minimum	0,1043	0,0756	0,046	0,0443	0,42
Fe	Ortalama	6,8065	1,8641	1,4441	1,0137	13,22
	S	51,36	51,36	51,36	51,36	51,36
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	9,17	2,9	2,38	1,49	17,74
	Minimum	4,443	0,8282	0,5082	0,5375	8,701
Mn	Ortalama	0,5879	0,1135	0,0965	0,0756	0,1609
	S	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	0,7909	0,08	0,17	0,1113	0,2618
	Minimum	0,3849	0,147	0,0231	0,04	0,06
Zn	Ortalama	1,6036	2,4708	1,7593	0,9604	2,3002
	S	21,36	21,36	21,36	21,36	21,36
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	2,512	3,982	2,752	1,547	3,981
	Minimum	0,6952	0,9597	0,7667	0,3738	0,6194
Cr	Ortalama	1,1641	0,6375	0,688	0,564	1,1767
	S	15,68	15,68	15,68	15,68	15,68
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	2,32	1,225	1,332	1,083	2,342
	Minimum	0,0082	0,05	0,044	0,045	0,0114
Al	Ortalama	2,07	0,2355	0,25	0,2795	0,3826
	S	57,51	57,51	57,51	57,51	57,51
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	3,85	0,275	0,42	0,349	0,5112
	Minimum	0,29	0,196	0,08	0,21	0,254

Kadife balığının farklı organlarındaki bakır değerleri incelendiğinde; solungaç için minimum değer; 0,1043 µg/g, maksimum değer; 0,1217 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,0756 µg/g, maksimum değer; 0,19 µg/g, deri için minimum değer; 0,046 µg/g, maksimum değer; 0,11 µg/g, kas için minimum değer; 0,0443 µg/g, maksimum değer; 0,09 µg/g, karaciğer için minimum değer; 0,42 µg/g, maksimum değer; 6,611 µg/g'dir.

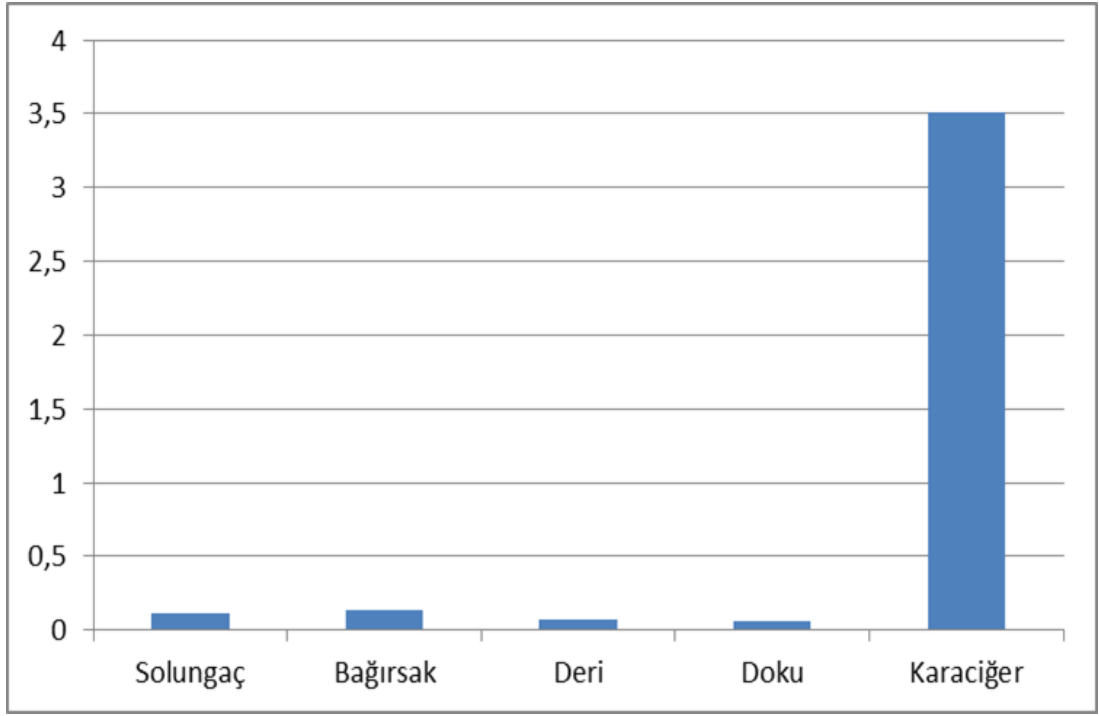
Kadife balığının farklı organlarındaki demir değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 4,443 µg/g, maksimum değer; 9,17 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,8282 µg/g, maksimum değer; 2,9 µg/g, deri için minimum değer; 0,5082 µg/g, maksimum değer; 2,38 µg/g, kas için minimum değer; 0,5375 µg/g, maksimum değer; 1,49 µg/g, karaciğer için minimum değer; 8,701 µg/g, maksimum değer, 17,74 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki mangan değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,3849 µg/g, maksimum değer; 0,7909 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,147 µg/g, maksimum değer; 0,08 µg/g, deri için minimum değer; 0,0231 µg/g, maksimum değer; 0,17 µg/g, kas için minimum değer; 0,04 µg/g, maksimum değer; 0,1113 µg/g, minimum değer; 0,06 µg/g, maksimum değer; 0,2618 µg/g'dir.

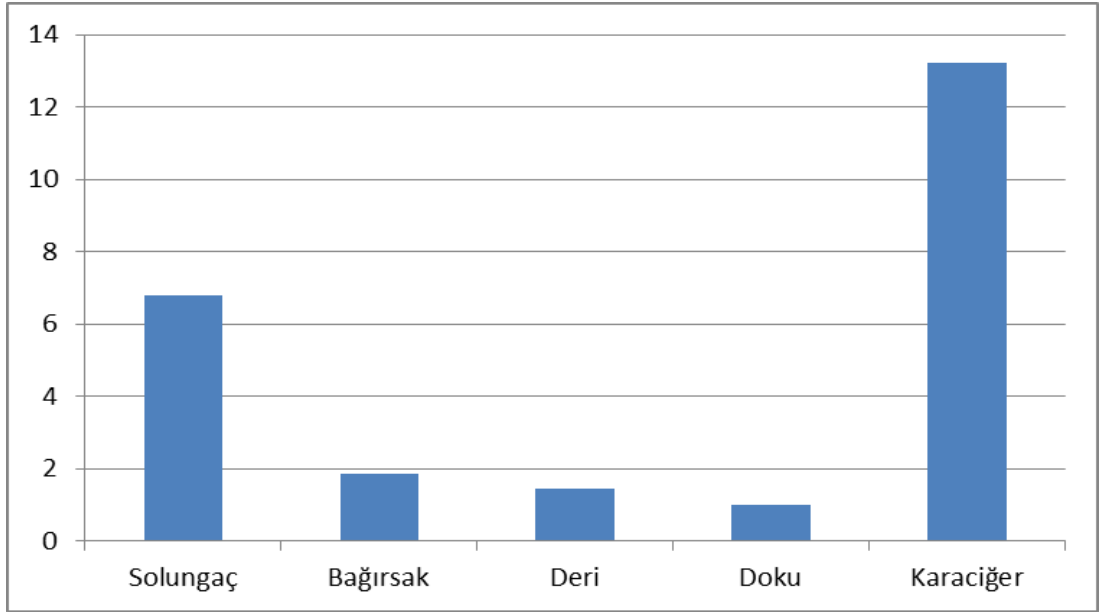
Kadife balığının farklı organlarındaki çinko değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,6952 µg/g, maksimum değer; 2,512 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,9597 µg/g, maksimum değer; 3,982 µg/g, deri için minimum değer; 0,7667 µg/g, maksimum değer; 2,752 µg/g, kas için minimum değer; 0,3738 µg/g, maksimum değer; 1,547 µg/g, karaciğer için minimum değer; 0,6194 µg/g, maksimum değer; 3,981 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki krom değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,0082 µg/g, maksimum değer; 2,32 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,05 µg/g, maksimum değer; 1,225 µg/g, deri için minimum değer; 0,044 µg/g, maksimum değer; 1,332 µg/g, kas için minimum değer; 0,045 µg/g, maksimum değer; 1,083 µg/g, karaciğer için minimum değer; 0,0114 µg/g, maksimum değer; 2,342 µg/g'dir.

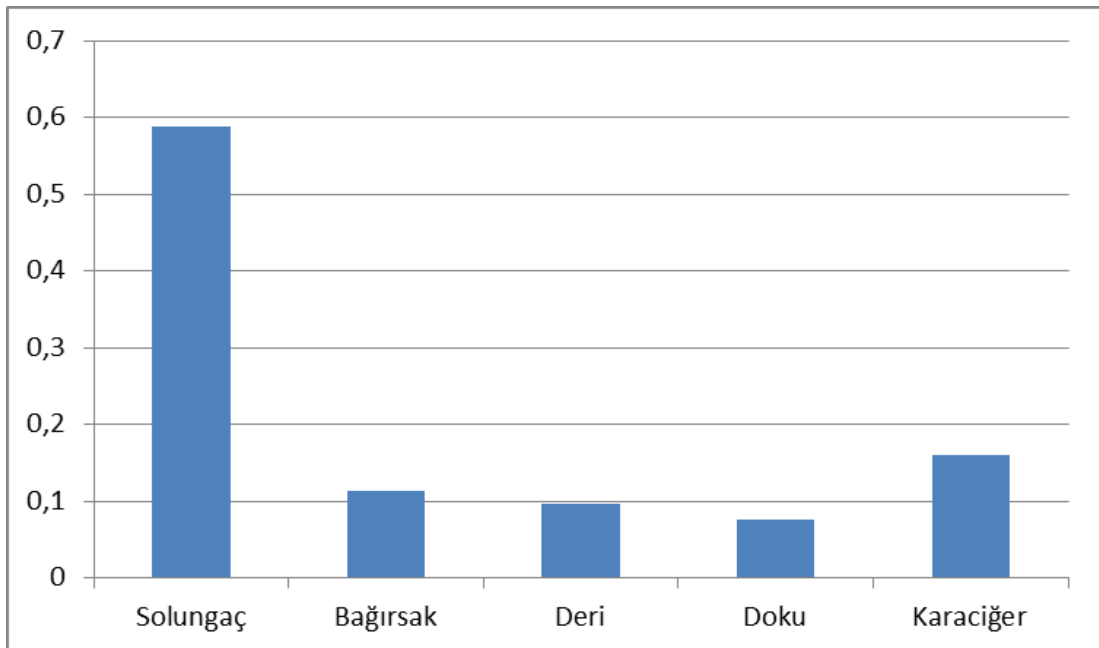
Kadife balığının farklı organlarındaki alüminyum değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,29 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 3,85 $\mu\text{g/g}$, bağırsak için minimum değer; 0,196 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,275 $\mu\text{g/g}$, deri için minimum değer; 0,08 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,42 $\mu\text{g/g}$, kas için minimum değer; 0,21 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,349 $\mu\text{g/g}$, karaciğer için minimum değer; 0,254 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,5112 $\mu\text{g/g}$ 'dir.



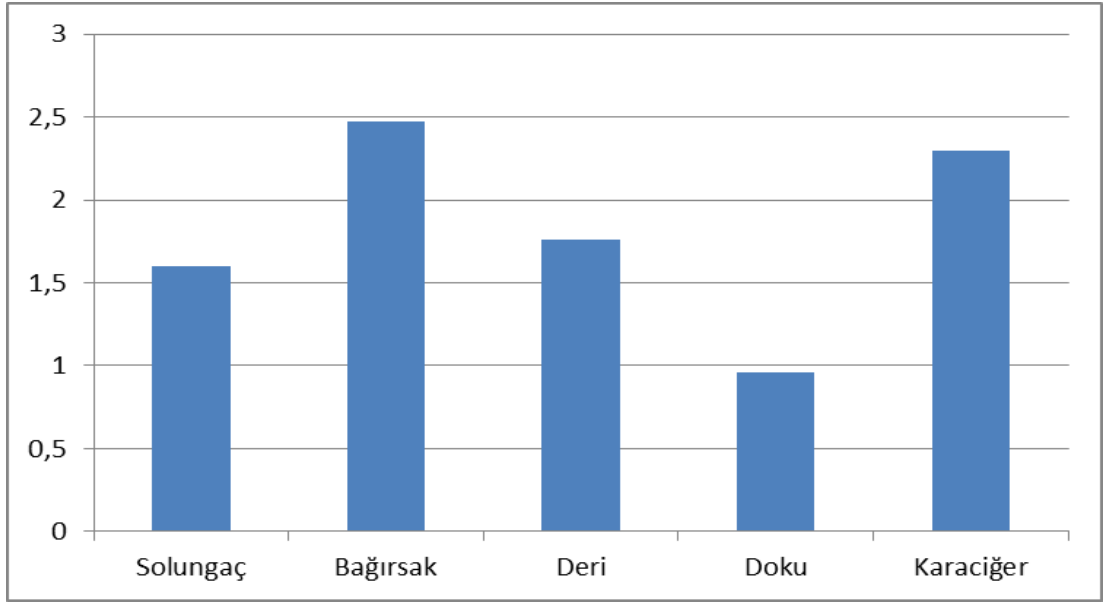
Şekil 4.4. İlkbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cu Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)



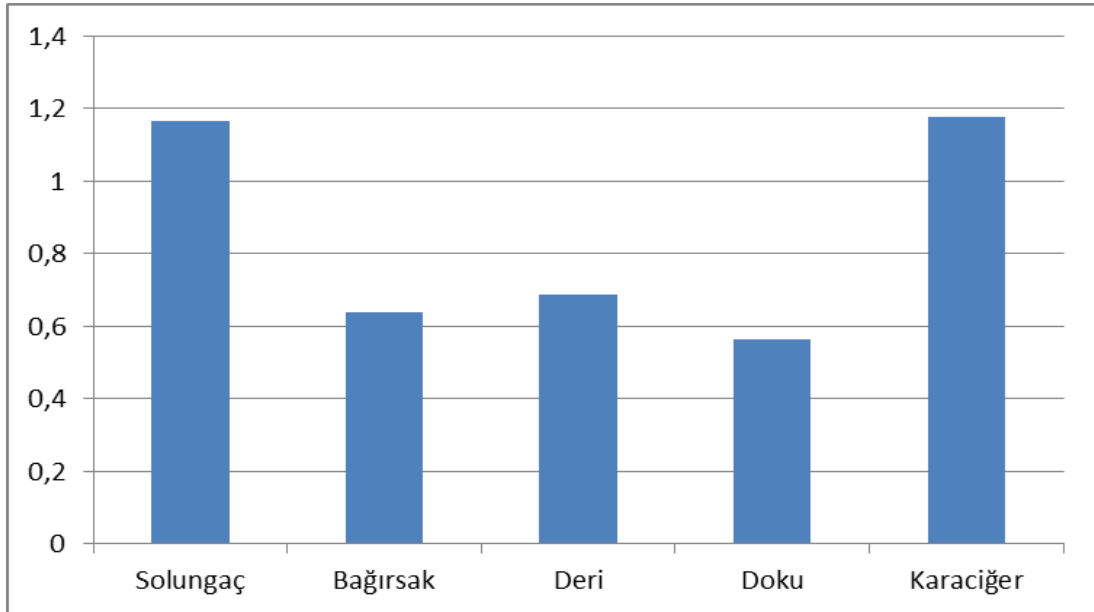
Şekil 4.5. İlkbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Fe Düzeyleri (µg/g)



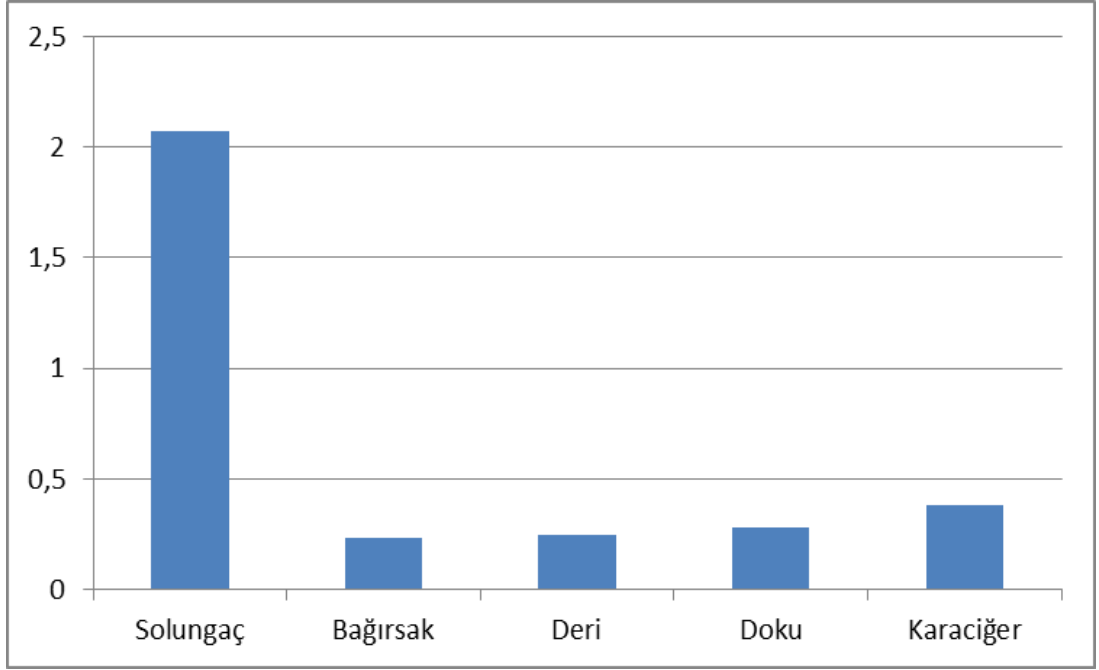
Şekil 4.6. İlkbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Mn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.7. İlkbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Zn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.8. İlkbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cr Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.9. İlkbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Al Düzeyleri (µg/g)

Bu çalışmada ilkbahar mevsiminde ağır metallerin doku ve organlardaki birikim düzeyi karşılaştırıldığında bakırın en fazla karaciğerde, en az deri ve kasta (Şekil 4.3.), demirin en fazla karaciğerde, en az ise solungaçta biriktiği (Şekil 4.4.), manganın solungaçta en fazla solungaçta, en az kasta (Şekil 4.5.), çinkonun en fazla bağırsakta, en az kasta (Şekil 4.6.), kromun en fazla karaciğer, en az kasta (Şekil 4.7.), alüminyumun en fazla solungaçta, en az bağırsakta (Şekil 4.8.) biriktiği gözlenmektedir.

Çizelge 4.4. *Tinca tinca*'nın Yaz mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al Düzeyleri (µg/g)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
Cu	Ortalama	0,2683	0,4709	0,0875	0,2169	3,7925
	S	3,497	3,497	3,497	3,497	3,497
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	0,4075	0,688	0,1177	0,3783	5,843
	Minimum	0,1291	0,2538	0,0574	0,0556	1,742
Fe	Ortalama	6,7645	4,8004	0,4597	0,9224	10,768
	S	67	67	67	67	67
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	9,23	8,827	0,9804	1,278	13,95
	Minimum	4,299	0,7739	-0,061	0,5669	7,586
Mn	Ortalama	1,1329	0,6773	0,2231	0,0413	0,293
	S	4,369	4,369	4,369	4,369	4,369
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	1,465	1,251	0,3528	0,0848	0,4302
	Minimum	0,8008	0,1037	0,0934	-0,0022	0,1559
Zn	Ortalama	2,6755	3,6605	2,343	1,92	3,783
	S	8,696	8,696	8,696	8,696	8,696
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	2,881	4,253	2,592	2,214	4,196
	Minimum	2,47	3,068	2,094	1,626	3,37
Cr	Ortalama	-0,0176	-0,0039	-0,0601	-0,0218	0,239
	S	0,7177	0,7177	0,7177	0,7177	0,7177
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	0,039	0,0522	-0,0446	0,0164	0,538
	Minimum	-0,0742	-0,06	-0,0756	-0,06	-0,06
Al	Ortalama	0,9229	1,0367	1,5696	0,4848	0,6312
	S	9,461	9,461	9,461	9,461	9,461
	S H	20	20	20	20	20
	Maksimum	1,642	1,796	0,8399	0,803	1,031
	Minimum	0,2038	0,2775	0,2993	0,1667	0,2314

Kadife balığının farklı organlarındaki bakır değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,1291 µg/g, maksimum değer; 0,4075 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,2538 µg/g, maksimum değer; 0,688 µg/g, deri için minimum değer; 0,0574 µg/g, maksimum değer; 0,1177 µg/g, kas için minimum değer; 0,0556 µg/g,

maksimum değer; 0,3783 µg/g, karaciğer için minimum değer; 1,742 µg/g, maksimum değer; 5,843 µg/g' dir.

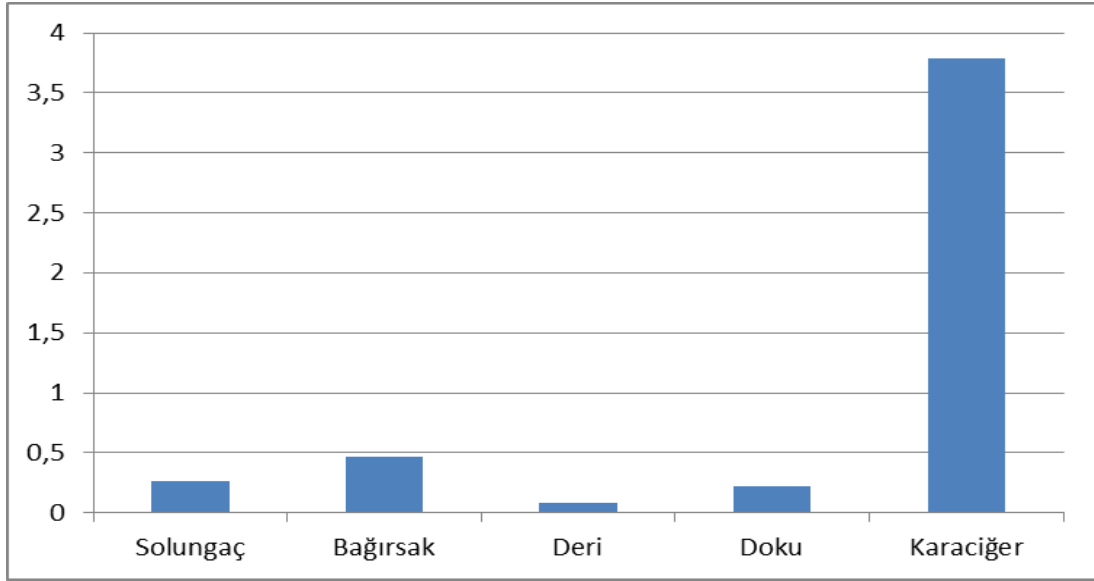
Kadife balığının farklı organlarındaki demir değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 4,299 µg/g, maksimum değer; 9,23 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,7739 µg/g, maksimum değer; 8,827 µg/g, deri için minimum değer; -0,061 µg/g, maksimum değer; 0,9804 µg/g, kas için minimum değer; 0,5669 µg/g, maksimum değer; 0,9804 µg/g, karaciğer için minimum değer; 7,586 µg/g, maksimum değer; 13,95 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki mangan değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,8008 µg/g, maksimum değer; 1,465 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,1037 µg/g, maksimum değer; 1,251 µg/g, deri için minimum değer; 0,0934 µg/g, maksimum değer; 0,3528 µg/g, kas için minimum değer; -0,0022 µg/g, maksimum değer; 0,0848 µg/g, karaciğer için minimum değer; 0,1559 µg/g, maksimum değer; 0,4302 µg/g'dir.

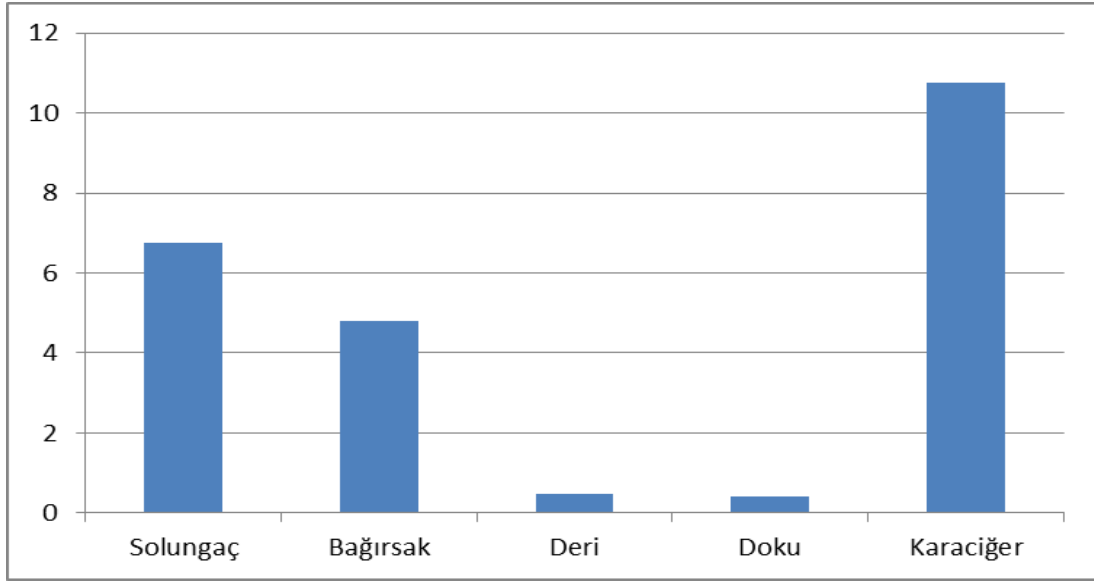
Kadife balığının farklı organlarındaki çinko değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 2,47 µg/g, maksimum değer; 2,881 µg/g, bağırsak için minimum değer; 3,068 µg/g, maksimum değer; 4,253 µg/g, deri için minimum değer; 2,094 µg/g, maksimum değer; 2,592 µg/g, kas için minimum değer; 1,626 µg/g, maksimum değer; 2,214 µg/g, karaciğer için minimum değer; 3,37 µg/g, maksimum değer; 4,196 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki krom değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; -0,0742 µg/g, maksimum değer; 0,039 µg/g, bağırsak için minimum değer; -0,06 µg/g, maksimum değer; 0,0522 µg/g, deri için minimum değer; -0,0756 µg/g, maksimum değer; -0,0446 µg/g, kas için minimum değer; -0,06 µg/g, maksimum değer; 0,0164 µg/g, karaciğer için minimum değer; -0,06 µg/g, maksimum değer; 0,538 µg/g'dir.

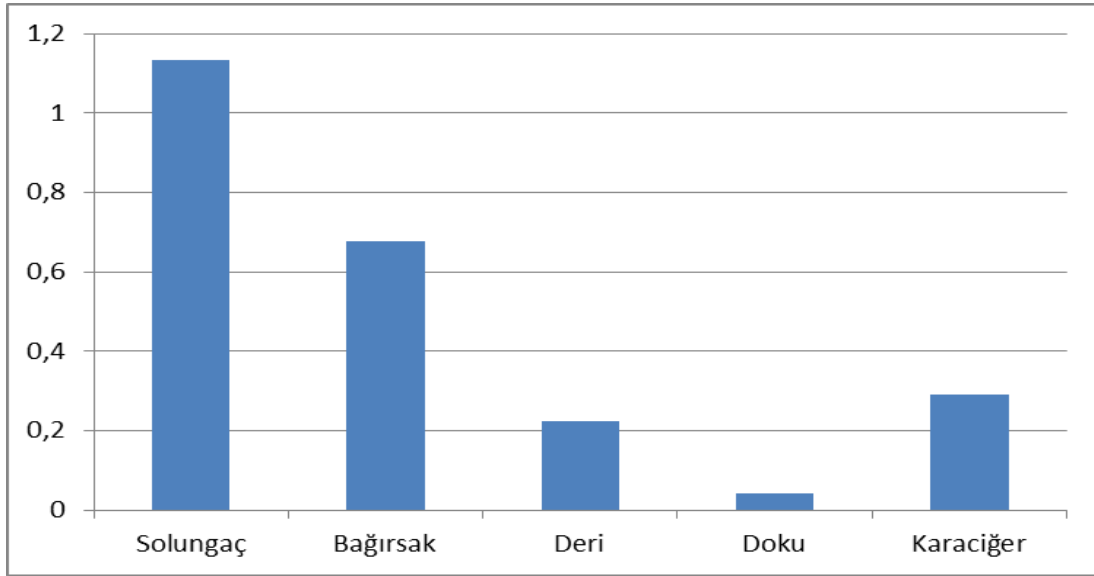
Kadife balığının farklı organlarındaki alüminyum değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,2038 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,642 $\mu\text{g/g}$, bağırsak için minimum değer; 0,2775 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,796 $\mu\text{g/g}$, deri için minimum değer; 0,2993 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,8399 $\mu\text{g/g}$, kas için minimum değer; 0,1667 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,803 $\mu\text{g/g}$, karaciğer için minimum değer; 0,2314 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,031 $\mu\text{g/g}$ 'dir.



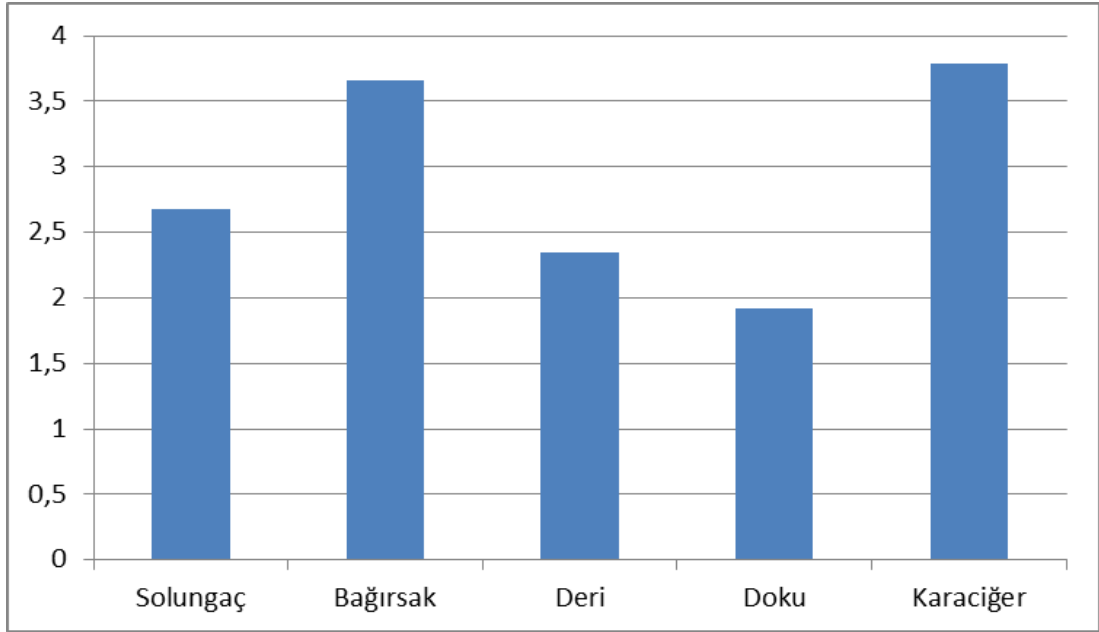
Şekil 4.10. Yaz mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cu Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)



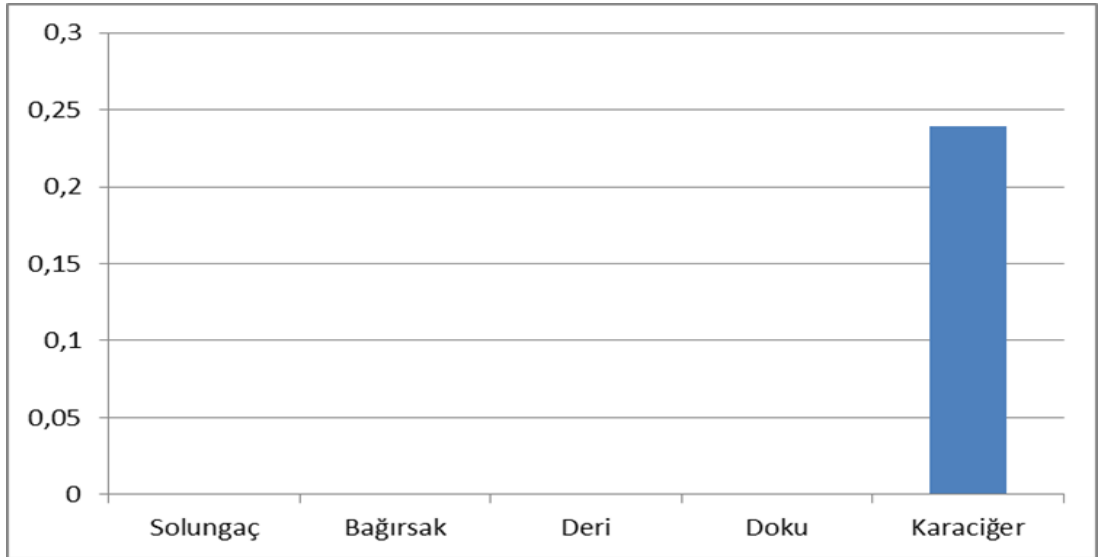
Şekil 4.11. Yaz mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Fe Düzeyleri (µg/g)



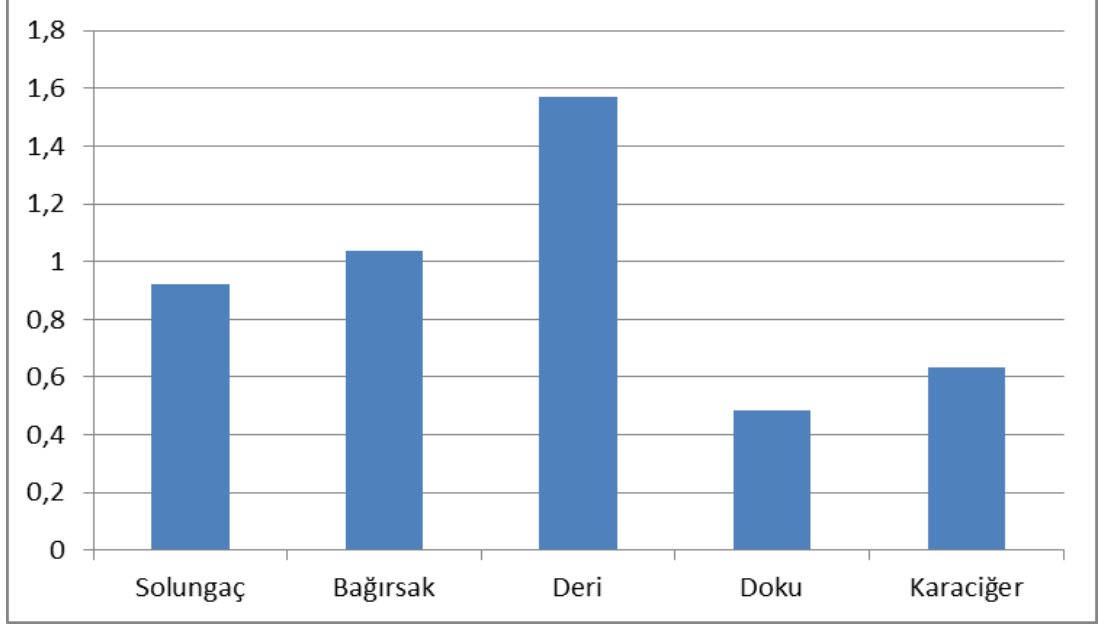
Şekil 4.12. Yaz mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Mn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.13. Yaz mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Zn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.14. Yaz mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cr Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.15. Yaz mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Al Düzeyleri (µg/g)

Bu çalışmada yaz mevsiminde ağır metallerin birikim düzeyi karşılaştırıldığında bakırın en fazla karaciğerde, en az deride (Şekil 4.9.), demirin en fazla karaciğerde, en az kasta (Şekil 4.10.), manganın en fazla solungaçta, en az kasta (Şekil 4.11.), çinkonun en fazla karaciğerde, en az kasta (Şekil 4.12.), kromun sadece karaciğerde biriktiği diğer dokularda rastlanılmadığı (Şekil 4.13.), alüminyumun en fazla deride, en az kasta biriktiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. *Tinca tinca*'nın Sonbahar mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
Cu	Ortalama	0,2557	0,5916	0,1166	0,4568	3,3805
	S	18,97	18,97	18,97	18,97	18,97
	S H	25	25	25	25	25
	Maksimum	0,4156	0,9528	0,1945	0,8032	5,583
	Minimum	0,0958	0,2304	0,0387	0,1104	1,178
Fe	Ortalama	4,5565	2,9065	0,4602	0,7662	11,049
	S	31,02	31,02	31,02	31,02	31,02
	S H	25	25	25	25	25
	Maksimum	5,291	4,237	0,998	0,9326	14,69
	Minimum	3,822	1,576	-0,0775	0,5998	7,408
Mn	Ortalama	1,3659	0,1886	0,2342	0,0437	0,1885
	S	4,232	4,232	4,232	4,232	4,232
	S H	25	25	25	25	25
	Maksimum	1,737	0,3415	0,4072	0,0968	0,2996
	Minimum	0,9948	0,0358	0,0612	-0,0094	0,0774
Zn	Ortalama	2,2935	1,7253	1,7731	1,4755	2,592
	S	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3
	S H	25	25	25	25	25
	Maksimum	2,629	3,522	2,227	1,673	3,384
	Minimum	1,958	-0,0713	1,32	1,278	1,8
Cr	Ortalama	-0,055	-0,0454	-0,0245	0,0188	0,022
	S	0,5415	0,5415	0,5415	0,5415	0,5415
	S H	25	25	25	25	25
	Maksimum	-0,0272	-0,0073	-0,033	0,038	0,0413
	Minimum	-0,0829	-0,0836	-0,016	-0,0004	-0,0854
Al	Ortalama	1,1453	0,5956	0,9198	0,7063	0,6251
	S	7,346	7,346	7,346	7,346	7,346
	S H	25	25	25	25	25
	Maksimum	1,883	0,85	1,581	1,081	0,8133
	Minimum	0,4076	0,3413	0,2587	0,3317	0,4369

Kadife balığının farklı organlarındaki bakır değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,0958 µg/g, maksimum değer; 0,4156 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,2304 µg/g, maksimum değer; 0,6528 µg/g, deri için minimum değer; 0,0387 µg/g, maksimum değer; 0,1945 µg/g, kas için minimum değer; 0,1104 µg/g, maksimum değer; 0,8032 µg/g, karaciğer için minimum değer; 1,178 µg/g, maksimum değer; 5,583 µg/g'dir.

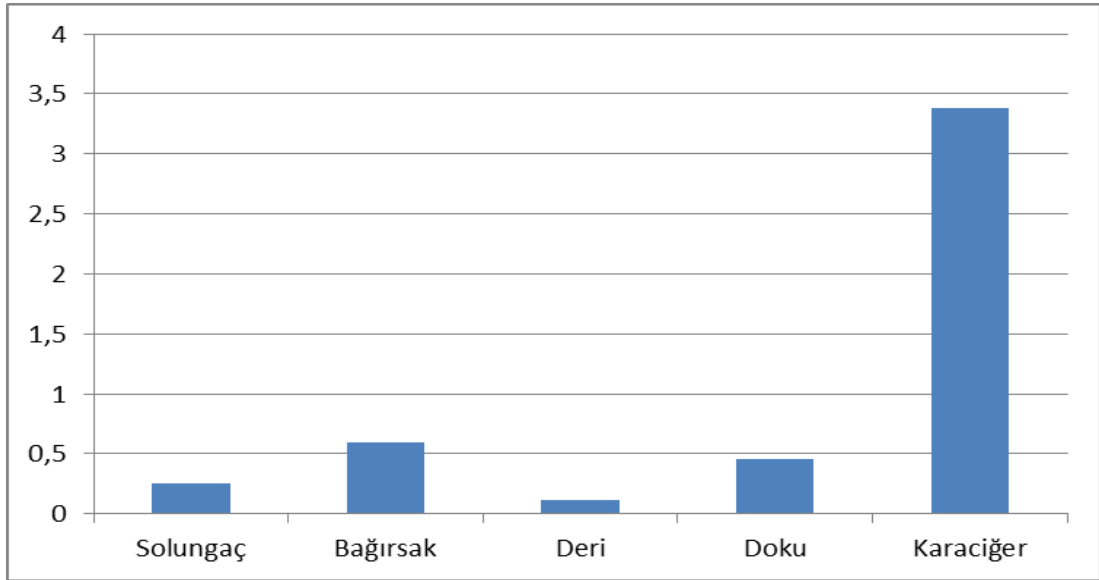
Kadife balığının farklı organlarındaki demir değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 3,822 µg/g, maksimum değer; 5,291 µg/g, bağırsak için minimum değer; 1,576 µg/g, maksimum değer; 4,237 µg/g, deri için minimum değer-0,0775 µg/g, maksimum değer; 0,998 µg/g, kas için minimum değer; 0,5998 µg/g, maksimum değer; 0,9326 µg/g, karaciğer için minimum değer; 7,408 µg/g, maksimum değer; 14,69 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki mangan değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,9948 µg/g, maksimum değer; 1,737 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,0358 µg/g, maksimum değer; 0,3415 µg/g, deri için minimum değer; 0,0612 µg/g, maksimum değer; 0,4072 µg/g, kas için minimum değer; -0,0094 µg/g, maksimum değer; 0,0968 µg/g, karaciğer için minimum değer; 0,0774 µg/g, maksimum değer; 0,2996 µg/g'dir.

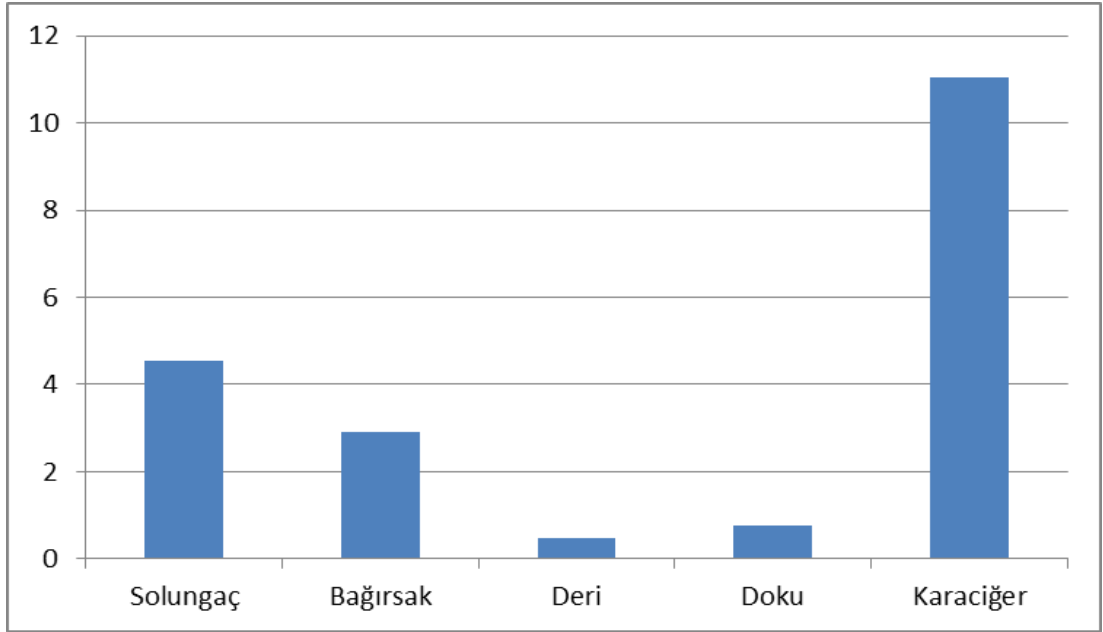
Kadife balığının farklı organlarındaki çinko değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 1,958 µg/g, maksimum değer; 2,629 µg/g, bağırsak için minimum değer; -0,0713 µg/g, maksimum değer; 3,522 µg/g, deri için minimum değer; 1,32 µg/g, maksimum değer; 2,227 µg/g, kas için minimum değer; 1,278 µg/g, maksimum değer; 1,673 µg/g, karaciğer için minimum değer; 1,8 µg/g, maksimum değer; 3,384 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki krom değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; -0,0829 µg/g, maksimum değer; -0,0272 µg/g, bağırsak için minimum değer; -0,0836 µg/g, maksimum değer; -0,0073 µg/g, deri için minimum değer; -0,016 µg/g, maksimum değer; 0,033 µg/g, kas için minimum değer; -0,0004 µg/g, maksimum değer; 0,38 µg/g, karaciğer için minimum değer; -0,0854 µg/g, maksimum değer; 0,0413 µg/g'dir.

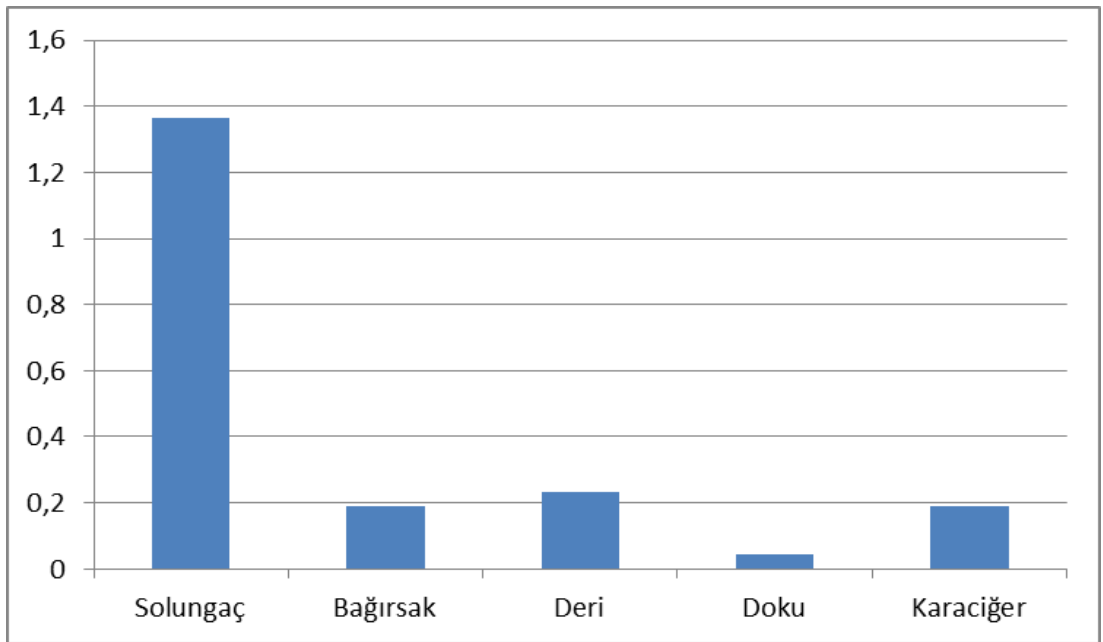
Kadife balığının farklı organlarındaki alüminyum değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,4076 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,883 $\mu\text{g/g}$, bağırsak için minimum değer; 0,3413 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,85 $\mu\text{g/g}$, deri için minimum değer; 0,2587 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,581 $\mu\text{g/g}$, kas için minimum değer; 0,3317 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,081 $\mu\text{g/g}$, karaciğer için minimum değer; 0,4369 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,8133 $\mu\text{g/g}$ 'dir.



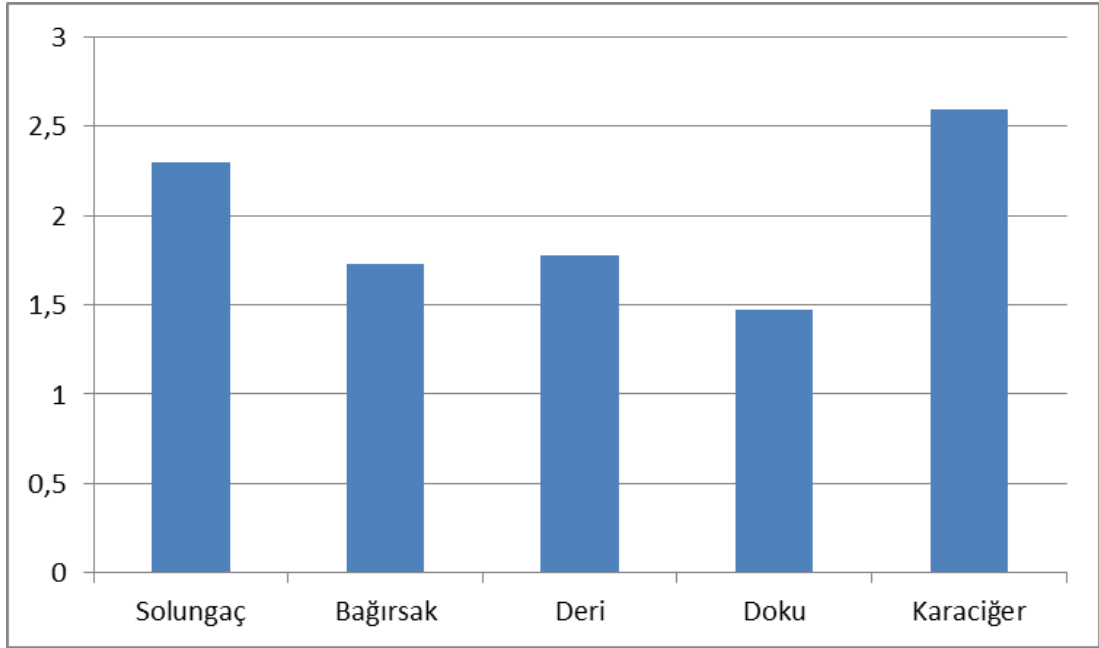
Şekil 4.16. Sonbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cu Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)



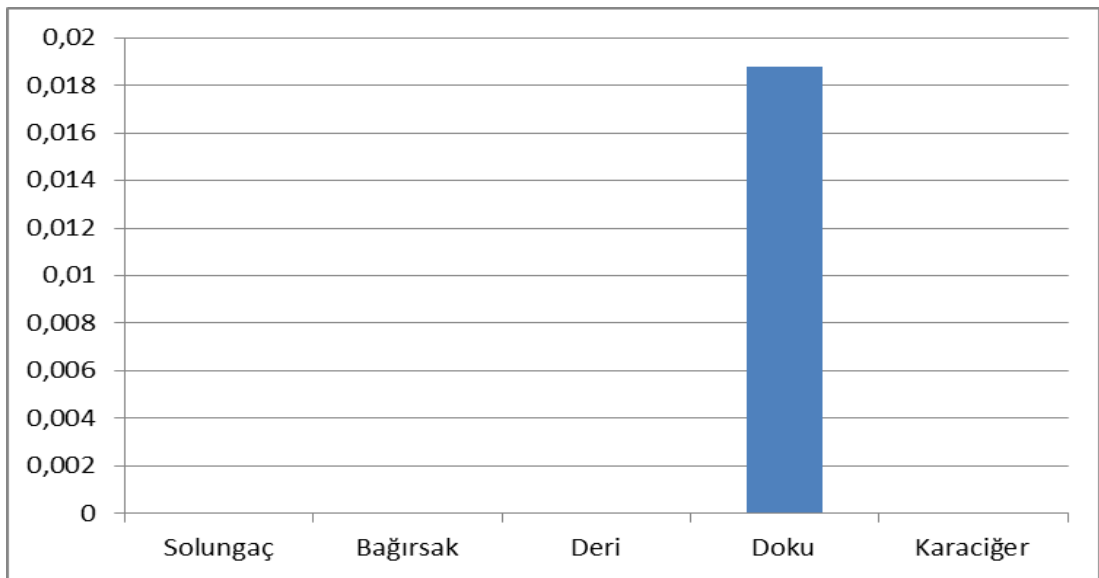
Şekil 4.17. Sonbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Fe Düzeyleri (µg/g)



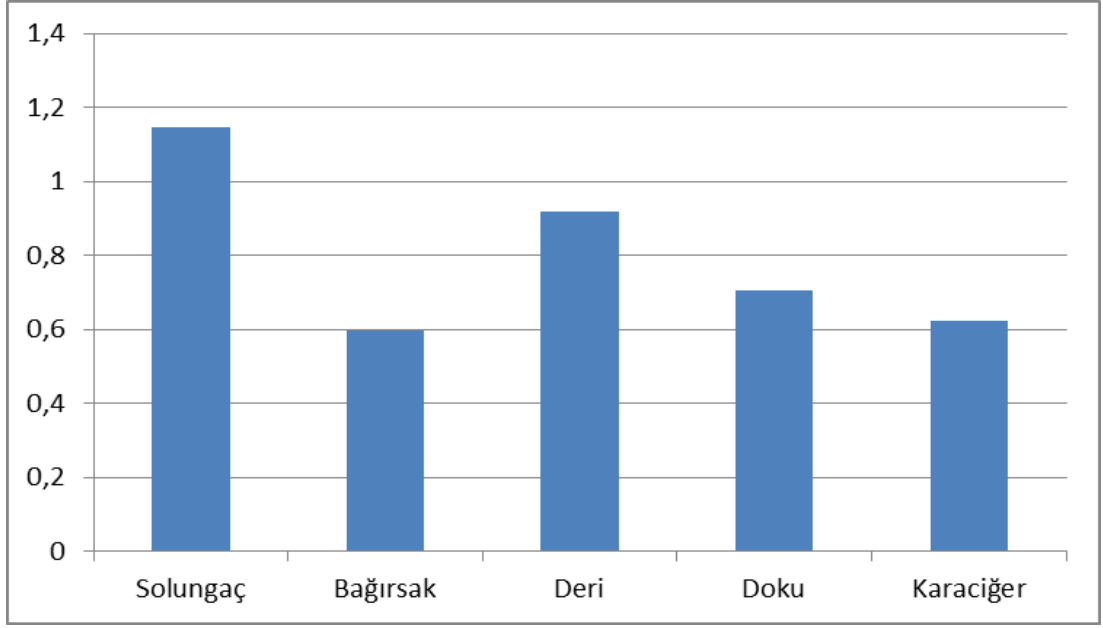
Şekil 4.18. Sonbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Mn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.19. Sonbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Zn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.20. Sonbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cr Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.21. Sonbahar mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Al Düzeyleri (µg/g)

Bu çalışmada sonbahar mevsiminde ağır metallerin doku ve organlardaki birikim düzeyi karşılaştırıldığında bakırın en fazla karaciğerde, en az deride (Şekil 4.15.), demirin en fazla karaciğerde en az deride (Şekil 4.16.), manganın en fazla solungaçta, en az kasta (Şekil 4.17.), çinkonun en fazla karaciğerde, en az kasta (Şekil 4.18.), kromun sadece kasta biriktiği diğer dokularda rastlanılmadığı (Şekil 4.19.), alüminyumun en fazla solungaç, en az bağırsakta (Şekil 4.19.) biriktiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. *Tinca tinca*'nın kış mevsiminde farklı organlarında ölçülen Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Al değerleri ($\mu\text{g/g}$)

		Solungaç	Bağırsak	Deri	Doku	Karaciğer
Cu	Ortalama	0,6252	0,5808	0,2528	0,3476	2,2805
	S	12,45	12,45	12,45	12,45	12,45
	S H	35	35	35	35	35
	Maksimum	1,142	0,9696	0,4449	0,6311	3,476
	Minimum	0,1085	0,1921	0,0608	0,0642	1,085
Fe	Ortalama	6,2825	1,797	1,7008	0,9894	7,807
	S	43,94	43,94	43,94	43,94	43,94
	S H	35	35	35	35	35
	Maksimum	10,52	2,165	1,074	1,369	14,6
	Minimum	2,045	1,429	0,3277	0,6099	1,014
Mn	Ortalama	0,8884	0,5545	0,2105	0,0783	0,1401
	S	6,944	6,944	6,944	6,944	6,944
	S H	35	35	35	35	35
	Maksimum	1,718	1,074	0,3022	0,1307	0,24
	Minimum	0,0589	0,035	0,1588	0,0259	0,0403
Zn	Ortalama	0,135	2,617	1,7765	1,4985	1,696
	S	126,9	126,9	126,9	126,9	126,9
	S H	35	35	35	35	35
	Maksimum	2,798	3,149	2,101	1,915	2,387
	Minimum	1,472	2,085	1,452	1,082	1,005
Cr	Ortalama	0,3638	1,0369	0,0059	0,7714	0,1913
	S	14,04	14,04	14,04	14,04	14,04
	S H	35	35	35	35	35
	Maksimum	0,9518	2,293	0,2316	1,762	0,5953
	Minimum	-0,2242	-0,2192	-0,2197	-0,2192	-0,2127
Al	Ortalama	1,8281	0,8636	0,9476	1,3872	1,0224
	S	39,67	39,67	39,67	39,67	39,67
	S H	35	35	35	35	35
	Maksimum	2,991	1,104	1,175	1,848	1,38
	Minimum	0,6652	0,6232	0,7203	0,9264	0,6649

Kadife balığının farklı organlarındaki bakır değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,1085 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,142 $\mu\text{g/g}$, bağırsak için minimum değer; 0,1921 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,9696 $\mu\text{g/g}$, deri için minimum değer; 0,0608 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 0,449 $\mu\text{g/g}$, kas için minimum değer; 0,0642 $\mu\text{g/g}$,

maksimum değer; 0,6311 µg/g, karaciğer için minimum değer; 1,085 µg/g, maksimum değer; 3,476 µg/g'dir.

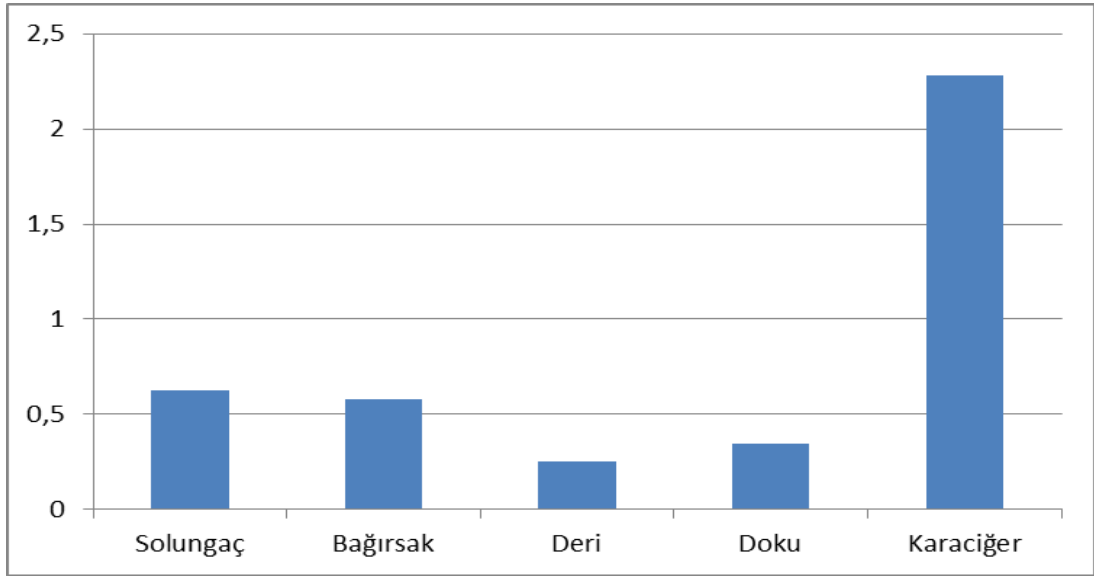
Kadife balığının farklı organlarındaki demir değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 2,045 µg/g, maksimum değer; 10,52 µg/g, bağırsak için minimum değer; 1,429 µg/g, maksimum değer; 2,165 µg/g, deri için minimum değer; 0,3277 µg/g, maksimum değer; 1,074 µg/g, kas için minimum değer; 0,6099 µg/g, maksimum değer; 1,369 µg/g, karaciğer için minimum değer; 1,014 µg/g, maksimum değer; 14,6 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki mangan değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,0589 µg/g, maksimum değer; 1,718 µg/g, bağırsak için minimum değer; 0,035 µg/g, maksimum değer; 1,074 µg/g, deri için minimum değer; 0,1188 µg/g, maksimum değer; 0,3022 µg/g, kas için minimum değer; 0,0259 µg/g, maksimum değer; 0,1307 µg/g, karaciğer için minimum değer; 0,0403 µg/g, maksimum değer; 0,24 µg/g'dir.

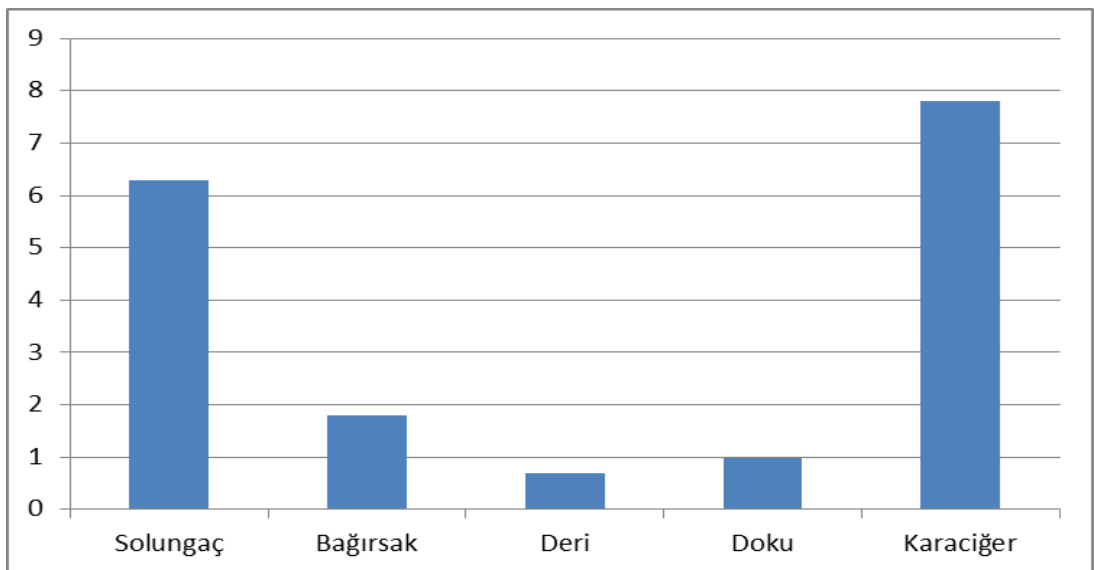
Kadife balığının farklı organlarındaki çinko değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 1,472 µg/g, maksimum değer; 2,798 µg/g, bağırsak için minimum değer; 2,085 µg/g, maksimum değer; 3,149 µg/g, deri için minimum değer; 1,452 µg/g, maksimum değer; 2,101 µg/g, kas için minimum değer; 1,082 µg/g, maksimum değer; 1,915 µg/g, karaciğer için minimum değer; 1,005 µg/g, maksimum değer; 2,387 µg/g'dir.

Kadife balığının farklı organlarındaki krom değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; -0,2242 µg/g, maksimum değer; 0,9518 µg/g, bağırsak için minimum değer; -0,2192 µg/g, maksimum değer; 2,293 µg/g, deri için minimum değer; -0,2197 µg/g, maksimum değer; 0,2316 µg/g, kas için minimum değer; -0,2192 µg/g, maksimum değer; 0,762 µg/g, karaciğer için minimum değer; -0,2127 µg/g, maksimum değer; 0,5953 µg/g'dir.

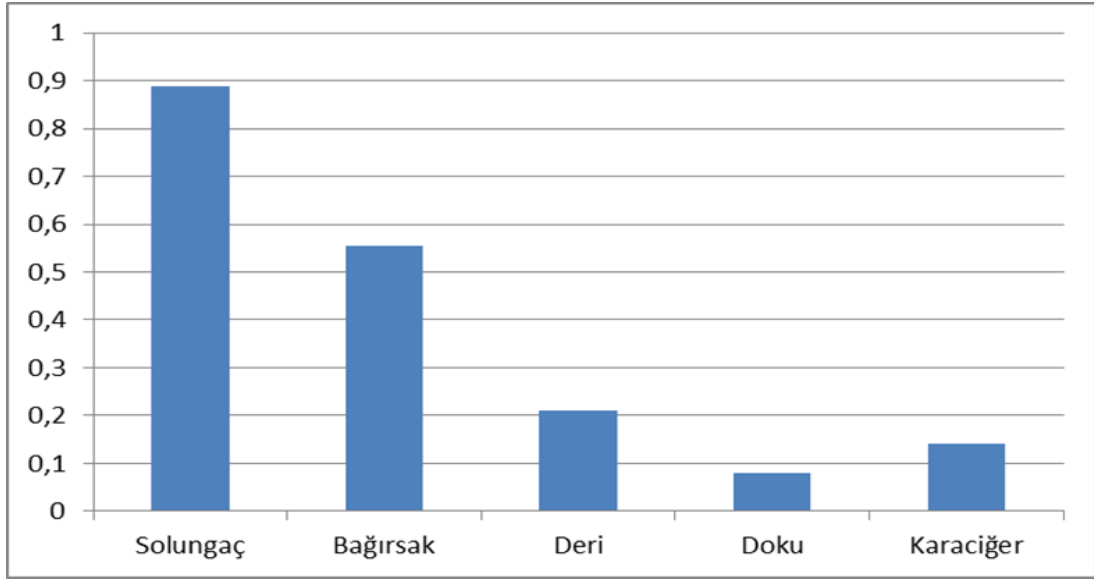
Kadife balığının farklı organlarındaki alüminyum değerleri incelendiğinde solungaç için minimum değer; 0,6652 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 2,991 $\mu\text{g/g}$, bağırsak için minimum değer; 0,6232 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,104 $\mu\text{g/g}$, deri için minimum değer; 0,7203 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,175 $\mu\text{g/g}$, kas için minimum değer; 0,9264 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,848 $\mu\text{g/g}$, karaciğer için minimum değer; 0,6649 $\mu\text{g/g}$, maksimum değer; 1,38 $\mu\text{g/g}$ 'dir.



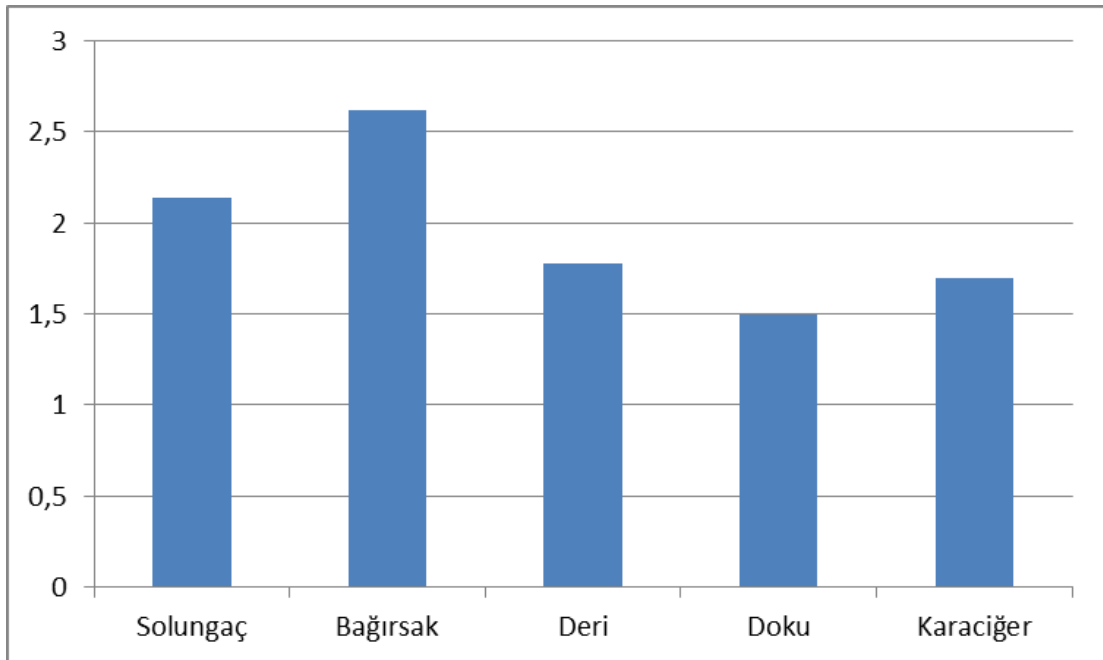
Şekil 4.22. Kış mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cu Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)



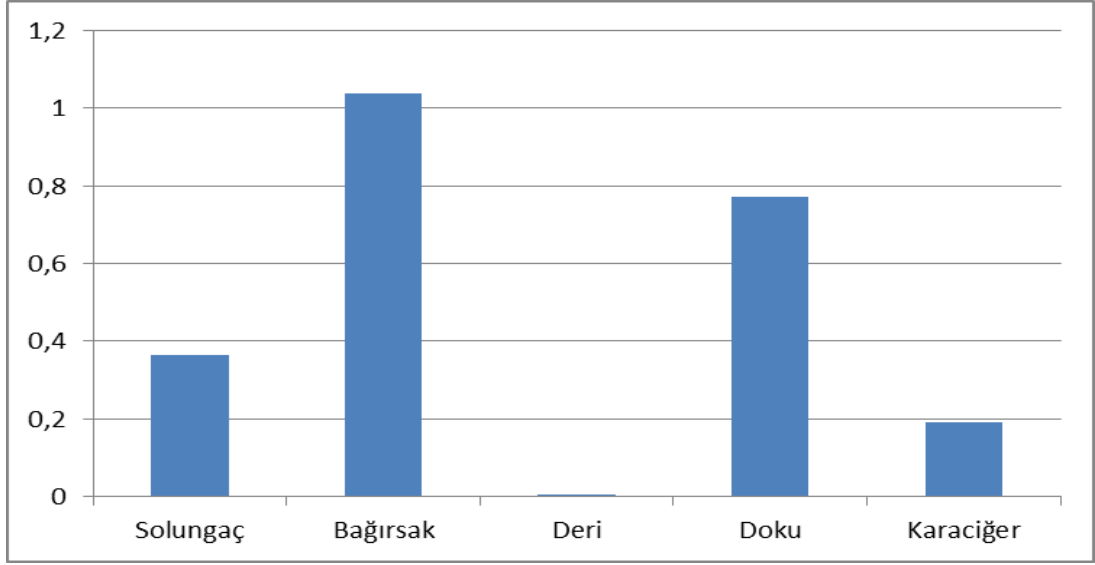
Şekil 4.23. Kış mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Fe Düzeyleri ($\mu\text{g/g}$)



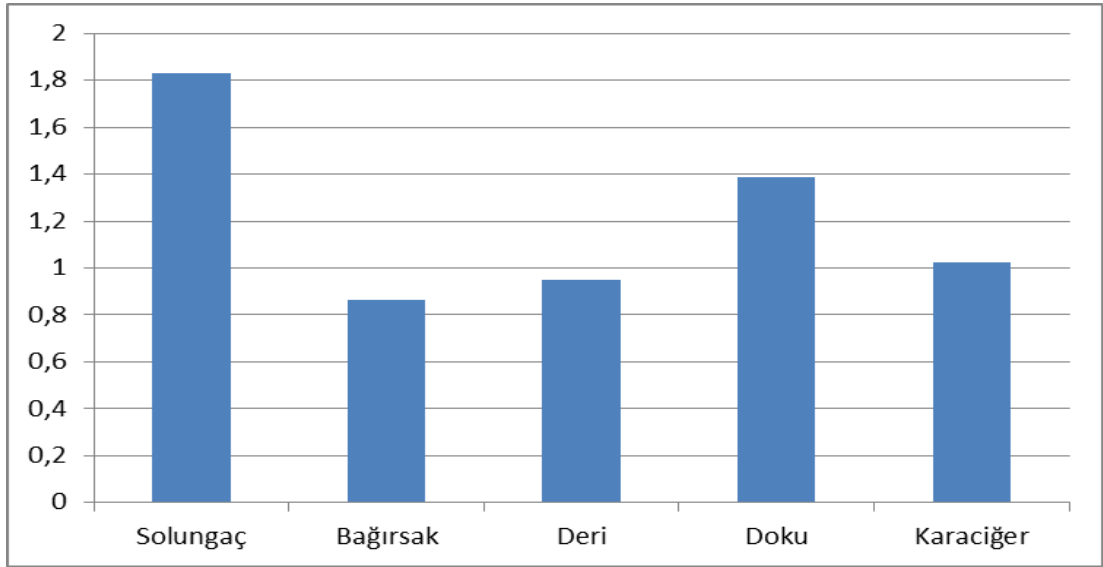
Şekil 4.24. Kış mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Mn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.25. Kış mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Zn Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.26. Kış mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Cr Düzeyleri (µg/g)



Şekil 4.27. Kış mevsiminde *Tinca tinca*'nın dokularındaki Al Düzeyleri (µg/g)

Bu çalışmada kış mevsiminde ağır metallerin doku ve organlarındaki birikim düzeyi karşılaştırıldığında bakırın en fazla karaciğerde, en az deride (Şekil 4.21.), demirin en fazla karaciğerde, en az deride (Şekil 4.22.), manganın en fazla solungaçta, en az kasta (Şekil 4.23.), çinkonun en fazla bağırsak, en az kasta (Şekil 4.24.), kromun en fazla bağırsak, en az deride (Şekil 4.25.), alüminyumun en fazla solungaç, en az deride (Şekil 4.26.), biriktiği belirlenmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. TARTIŞMA

01.03.2012-28.02.2013 tarihleri arasında yapılan bu çalışmamızda, Orta Anadolu Bölgesinde yer alan Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nden alınan su, sediment ve *Tinca tinca* örneklerinde toksik etkiye sahip Cu, Fe, Mn, Zn, Cr ve Al ağır metallerinin konsantrasyonları ve bunların mevsimlere göre değişimleri araştırılmıştır.

Bu çalışmada; *Tinca tinca* bireylerinde Cu değeri tüm mevsimlerde karaciğerde en yüksek seviyede ölçülürken, deri ve kasta en düşük seviyede ölçülmüştür.

Tüm mevsimlerde Fe değeri karaciğerde en yüksek seviyede ölçülürken, deri, kas ve solungaçta en düşük seviyede ölçülmüştür.

Tüm mevsimlerde Mn değeri solungaçta en yüksek seviyede ölçülürken, bağırsak, deri, kas ve karaciğerde en düşük seviyede ölçülmüştür.

Tüm mevsimlerde Zn değeri karaciğerde en yüksek seviyede ölçülürken, deri ve dokuda en düşük seviyede ölçülmüştür.

Tüm mevsimlerde Cr değerine ait istatistiksel açıdan önemli bir bulguya rastlanılmamıştır.

Tüm mevsimlerde Al değeri dokular arası bir farklılık göstermemiştir.

Su örneklerinde Cu ve Cr birikim düzeyleri eser miktarda ölçüldüğünden istatistiksel olarak değerlendirmeye alınmamıştır. Zn birikim düzeyi önemsiz, Fe ve Mn birikim düzeylerinin ise önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$ önemli, $p > 0,05$ ise önemsizdir).

Sediment örneklerinde Cu, Fe, Zn, Cr ve Al birikim düzeyleri istatistiksel olarak önemsiz, Mn birikim düzeyi ise önemlidir ($p < 0,05$ önemli, $p > 0,05$ ise önemsizdir).

Cu sedimentte Fe-Mn oksitlerine ve karbonatlara bağlı olarak bulunur. İmmobildir (hareketsiz) ve çevresel riski orta düzeydedir (Jain, 2004).

Mangan yeryüzündeki en bol 11. elementtir ve sedimentteki miktarı oldukça yüksektir (Anschutz *et al.* 2005). Redox potansiyelinde elektron alıcısı ve vericisi olarak sucul ekosistemde önemli bir rol oynar. Sedimentte yüksek miktarda Mn bulunması Ca^{+2} 'un çökmesine neden olur ve anoksik bir ortam oluşturur (Neretin *et al.* 2003).

Çinkonun sedimentten alınabilirliği düşüktür ve çevresel riski azdır (Jain 2004). Zn, pH $>7,7$ olduğunda hidrolize olur, hidrolize olduğunda ise organik ve inorganik maddelerle bileşik oluşturur. pH'ın artması Zn'nin sedimentte soğurulmasını artırır (Jain 2004).

Dündar vd., (2003), 17 Ağustos 1999 Marmara depremi öncesi ve sonrası Sapanca gölüne akan dereler üzerinde yaptıkları bir çalışmada, İstanbul, Mahmudiye, Kuruçay ve Çark derelerinden alınan su numunelerinde Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe düzeylerini tespit etmişlerdir. İstanbul, Mahmudiye ve Kuruçay derelerindeki kurşun ve kadmiyum birikiminin deprem sonrasında arttığı, bakır bakımından standartlara uyduğu, çinko ve demir bakımından deprem öncesi göle kirlilik taşıdığı gözlenirken deprem sonrası bu değerlerin düştüğü görülmüştür. Gölün tek deşarj noktası olan Çark deresinde ise kadmiyum dışındaki metal kirliliğinin standartların altında kaldığı gözlenmiştir.

Karacaören II Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın bazı doku ve organlarında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; Fe ve Zn her mevsimde bütün dokularda, Cu sadece İlkbahar-2009'da karaciğerde, Pb sadece İlkbahar-2009'da karaciğer ve solungaçta tespit edilmiştir. Mn Yaz-2009, Sonbahar-2009 ve Kış-2010'da sadece kasta, Al

sadece Sonbahar-2009'da karaciğerde, Sr ise sadece sonbahar-2009 ve Kış-2010'da karaciğer dokusunda analiz limitinin altında bulunmuş, diğer mevsim ve dokularda ise tespit edilmiştir. Cr, Cd ve Hg tüm mevsimlerde hiçbir doku ve organda tespit edilememiştir (Tumantozlu, 2010).

Bu çalışmada İlkbahar 2012' de Cu (6,611 µg/g) ve Fe (17,74 µg/g) karaciğerde, Mn (0,3849µg/g) solungaçta en yüksek oranda tespit edilmiştir. Yaz 2012'de Cu (5,843µg/g), Fe (13,95 µg/g) karaciğerde, Mn (1,465 µg/g) solungaçta en yüksek oranda tespit edilmiştir.

Metallerin karaciğerde yüksek çıkmasının sebebi karaciğerin fonksiyonları ile ilgilidir. Karaciğerin metabolik olarak aktif bir organ olmasıdır. Ayrıca diğer bazı besinleri (yağ, karbonhidrat, vitamin vd.) olduğu gibi toksik ve toksik olmayan metalleri de biriktirme kabiliyetine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle vücuda zarar verecek birçok maddeyi alıkoyabilme özelliği bulunmaktadır. Solungaçta yüksek çıkmasının sebebi ise su ve sediment ile doğrudan temas halinde olmasından kaynaklanmış olabilir. Metallerin genel olarak kas dokusunda az tespit edilmesinin sebebi aktif bir organ olmamasından kaynaklanabilir (Tumantozlu, 2010).

Metal düzeylerinin karaciğerden sonra en fazla kas dokusunda belirlenmesi, detoksifikasyon merkezi olan karaciğerin taşıma kapasitesini artırmak amacı ile alınan metallerin karaciğerden kasa taşınması ile açıklanabilir.

Tuzla istasyonu örneklerinin karaciğer ve solungaç dokularında demir dışında incelenen metallerin yüksek düzeyde olması, kaynağını drenaj kanallarından sağlaması ve iki işletmede uygulanan besleme rejimlerindeki farklılıkla açıklanabilir (Timoçin, 2008).

Sucul ortamlarda doğal koşullarda düşük derişimlerde bulunan ağır metaller temelde antropojenik faktörlerin etkisiyle yüksek derişimlere ulaşarak akuatik organizmalarda habitat değişimlerine, toplu ölümlere ya da hoşgörüsü yüksek türlerin dokularında

birikerek yaşamsal olaylarda değişikliklere neden olduğu gibi artan derişimlerde besin zinciri aracılığı ile de üst trofik düzeyleri etkilemektedir (Health, 1995).

Al-Yousuf ve arkadaşları(2000), yapmış oldukları çalışmada *Lethrinus lentjan*'da çinko, bakır, kadmiyum ve manganez konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Çinko, bakır ve manganezin karaciğerde en fazla, kasta ise en az oranda biriktiğini belirlemişlerdir. Kadmiyum ise karaciğerde en fazla, deride ise en az oranda bulunmuştur.

Karadede ve arkadaşları(2003), Atatürk Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada *Liza abu* ve *Silurus triostegus*'da en fazla metal birikimini karaciğer ve solungaçta tespit etmişler. Bununla birlikte kasların daha az metal biriktirme eğiliminde olduğunu ifade etmişlerdir.

Mendil ve Uluözlü (2007), Tokat'taki altı gölden (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy ve Akın) yakaladıkları *Cyprinus carpio*, *Capoeta tinca*, *Leuciscus cephalus*, *Carassius gibelio* ve *Silurus glanis*'te AAS yöntemiyle bazı metallerin (Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni ve Cd) birikimini araştırmışlardır. Buna göre, balıklarda en fazla konsantrasyona sahip element Fe olarak tespit edilmiştir. *Capoeta tinca*'da Zn en fazla 28,9 µg/g, Pb en fazla 1,4 µg/g, Cu ise en fazla 3,0 µg/g olarak tespit edilmiştir.

Kocahan (1999), Marmara Denizi'nden yakaladığı bazı demersal balık türlerindeki metal birikimini araştırmıştır. Yaş ağırlık esas alınarak yapılan analizler neticesinde, bakır konsantrasyonu *Merluccius merluccius*'ta 0,012–0,112 µg/g, *Merlangius merlangus*'ta 0,043–0,172 µg/g, *Trigla lyra*'da 0,071–0,192 µg/g, *Mullus barbatus*'ta 0,038–0,098 µg/g değerleri arasında bulunmuştur. Çinko değerleri ise *M. merluccius*'ta 0,498–0,96 µg/g, *M. merlangus*'ta 1,008–2,148 µg/g, *T. lyra*'da 1,024–1,536 µg/g ve *M. barbatus*'ta 0,497–0,861 µg/g olarak ölçülmüş ve tüm örneklerdeki bakır ile çinko konsantrasyonlarının dünyada kabul edilen limitlerin altında yer aldığı ifade edilmiştir. Aynı çalışmada; organlarda belirlenen birikim değerlerinde, bakırın en fazla karaciğer, sonra kas ve solungaçta birikime uğradığı, çinkonun ise; öncelikle solungaçta, sonra karaciğer ve kasta olduğu belirlenmiştir.

Deniz ürünlerinin elde edilmesinde önemli bir potansiyele sahip Güllük Körfezi'ndeki araştırmada *Dicentrarchus labrax*'daki metal birikimi araştırılmış, kurşun <0,02-0,4 mg/kg, kadmiyum <0,01-0,04 mg/kg, bakır 0,1 mg/kg ve çinko <0,5-7,2 mg/kg olarak saptanmıştır. Özellikle balığın besin olarak tüketilen kas dokusundaki metal birikimleri yasal sınırların oldukça altında bulunduğu için tüketiminde insan sağlığı açısından bir tehlike bulunmamıştır. Dalman ve arkadaşları *D. labrax*'ın kas dokusu ile sedimentteki metal birikimleri arasında korelasyon bulunamadığı için bazı balık türlerinin sucul ekosistemlerdeki kirliliğin araştırılmasında yararlı olmadığını ifade etmiştir (Dalman, 2006).

5.2. SONUÇ

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yapılan bu çalışmada suda ölçülen pH değerleri 7,66-10,01 arasında, sıcaklık değerleri ise 5,1-22,9⁰C arasında olduğu tespit edilmiştir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün suyunda yapılan ağır metal analizi sonucunda Cr tüm mevsimlerde analiz limitinin altında tespit edilmiştir. Cu sadece Ağustos ayında tespit edilmiştir. Fe, Mn ve Zn Haziran ve Eylül ayları arasında tespit edilmiştir. Al Mayıs ve Eylül ayları arasında tespit edilmiştir. Al İlkbahar mevsiminde, Al, Zn ve Cr Yaz mevsiminde en yüksek oranda tespit edilmiştir. Suda en fazla rastlanılan metallerin Al ve Zn olduğu saptanmıştır.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün sedimentinde yapılan ağır metal analizinde Mayıs-Haziran ve Temmuz 2012'de Cr'ye rastlanırken diğer aylarda Cr analiz limitinin altında tespit edilmiştir. Cu, Fe, Mn, Zn ve Al tüm mevsimlerde tespit edilmiştir. Sedimentte birikimin en fazla olduğu element tüm aylarda Al olmuştur.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölünde yaşayan kadife balığının doku ve organlarında yapılan ağır metal analizleri sonucunda; İlkbahar ve sonbahar 2012'de Mn solungaçta tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde Mn ve Zn solungaçta tespit edilmiştir. Tüm mevsimlerde Cu ve Fe karaciğerde tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, kadife balığının solungaç, bağırsak, deri, kas ve karaciğerinde tespit edilen ağır metal miktarları Tarım ve Köy işleri Bakanlığı (Anonim, 2002)'nin verdiği balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleriyle karşılaştırıldığında bölgedeki kadifelerin besin olarak tüketilmesinde herhangi bir tehlike olmadığı belirlenmiştir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün kirlenmesinin önlenmesi için, özellikle baraj gölü ve onu besleyen akarsu üzerinde bulunan ticari faaliyetin denetime tabi tutulması gerekmektedir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün çevresinde tarımsal faaliyetler yoğun olarak yapılmaktadır. Gübreleme ve pestisit uygulamaları sonucunda ağır metaller, yağışlar ve sızma yoluyla göle karışmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan zirai ilaç ve kimyevi gübrelerin göle sızmasının engellenmesi gerekmektedir. Bölge halkı bu konuda bilinçlendirilmeli ve organik tarıma geçilmesi için teşvik edilmelidir.

Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nün suyu tarımda sulama amaçlı kullanılmasından ve besinsel amaçlı balık tüketiminden dolayı göl suyunun metal kirliliğini arttıracabilecek muhtemel tehlikelere karşı tedbirlerin alınması ve düzenli kontrollerin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Ağcasulu, Ö., **2007**. “*Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı’nda Yaşayan Capoeta tinca (Heckel, 1843)’nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin incelenmesi*” Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54s, Ankara

Akbulut, A., Akbulut, N.E., **2009**. “*The Study of Heavy Metal Pollution and Accumulation in Water, Sediment, and Fish Tissue in Kızılırmak River Basin in Environ*” Monit. Assess., 521-526.

Akgün, M., **2006**. “*Sakarya Nehri Çeltikçi Çayı’ndaki Tatlı Su Kefallerinin (Leuciscus cephalus L.,1758) Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi*” Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 56s, Ankara.

Aksun, F.Y., **1986**. “*Karamık Gölü’nde Yaşayan Turna Balıklarında (Esox lucius L., 1758) Ağır Metal Birikimi*” VIII Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-5 Eylül 1986. 2, 454-461.

Alan S., “*Alüminyum Raporu*” Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, **2008**.

Alhas, E., Oymak, S.A., Karadede-Akın, H., **2009**. “*Heavy metal concentrations in two barb, Barbus xanthopterus and Barbus rajanorum mystaceus from Atatürk Dam Lake*”, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 148, 11–18.

Al-Yousuf, M.H., El- Shahawi, M.S., Al-Ghais, S.M., “*Trace elements in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex*”, The Science of the Total Environment , 256, 87-94 (**2000**).

Amundsen, P., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A., Reshetnikov, Y.S., “*Heavy Metal Contamination in Freshwater fish from the Border Region Between Norway and Russia*”, The Science of the Total Enviromental, 201 (**1997**).

Anonim, “*Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği*”, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara, 63-78 (2002).

Anonim, 2006a. *Copper (Cu) – Chemical properties, health and environmental effects*. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cu-en.htm. Erişim tarihi: 21.06.2012. 12.10

Anonim, 2006b. *Zinc (Zn) – Chemical properties, health and environmental effects*. www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Zn-en.htm. Erişim tarihi: 15.04.2012. 9.55

Anonim, 2009. *itai-itai disease*. http://en.wikipedia.org/wiki/Itai-itai_disease. Erişim tarihi: 23.05.2012. 15.13

Anschutz, P., Dedieu, K., Desmazes, F. and Chaillou, G. 2005. “*Speciation, oxidation state, and reactivity of particulate manganese in marine sediments*”, Chemical Geology, (In Press).

Aslan K. *Elementler*. Biyotıp Laboratuvarı, 2010

Bakar C., Baba A., “*Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu*”, 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı. 2009

Begenirbeş. C, A. S., 2002, “*Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)’ndeki Tatlısu Midyesi (Unio sp.)’nde bazı ağır metallerin araştırılması*”, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, 47 s.

Boguist, L., “*Effects of the endocrine pancreas in Chinese hamsters fed zinc deficient diets*”, Acta. Pathol. and Microbiol. Sci. 76: 215-228 (1969).

Canlı, M., Ay, Ö., Kalay, M., 1998. “*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, 22, 149-157.

Canlı, M., Furness, R., “*Mercury and cadmium uptake from seawate and fromfood by the Norway lobster Nephrops notvegicus*”, Environ. Toxicol. Chem. (14): 819-828 (1995).

Canpolat, Ö., 2001, “*Hazar Gölü’nde yakalanan Capoeta capoeta umbla Heckel, 1843’da bazı ağır metal miktarlarının tespiti*”, Yüksek lisans tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı, 50 s.

Carpene, E., Cattani, O., Serrazanetti, G.P., Fedrizze, G., Cortesi, P.,1990. “*Zinc and Copper in Fish from Naturel Waters and Rearing Ponda in Northern Italy*”.

Carpene, E., Cattani. ,O., “*Zn and Cu in fish from natural waters and Rearing Ponds in Nothern Italy*” , Journal of Fish Biology, 37: 293 —299 (1990).

Carpene, E., Vasak, M., 1989. “*Hepatic Metallothionein from Goldfish (Carassius auratus L.). Comparative Biochemistry and Physiology*”, 92B, 463-468.

Clark, R.B., 1992. “*Marine Pollution. Third edition. Clarendon Press*” 64-82p. Oxford.

Cicik, B., 2003. “*Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (Cyprinus carpio L.)’nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri*”, Ekoloji Çevre Dergisi, 12 (48), 32-36.

Ciminli, C.S., 2005. “*Gölbaşı Gölü’nde Su, Sediment ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi*” Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, Antakya.

Çalışkan ,E., 2005, “*Asi Nehri’nde su, sediment ve Karabalık (Clarias gariepinus Burchell, 1822)’ta ağır metal birikiminin araştırılması*”, Yüksek lisans tezi, T.C. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 64 s.

Çınar, Ö., **2008.** 'Çevre kirliliği ve kontrolü', Nobel yayın dağıtımı. 1. basım, 201s. Ankara. Clark, R.B., 1992. Marine Pollution. Third edition. Clarendon Press. 64-82p. Oxford.

Dalman, Ö., Demirak, A., Balcı, A., "Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry", Food Chemistry, 95:157- 162 (**2006**).

Dökmeci, İ., "Toksikoloji", **Nobel Tıp Kitabevi**, İstanbul, 56-60, 488-489 (1988).

Dural, M., Göksu, M.Z.L., **2006.** "Çamlık Lagünü (Karataş, Adana), Seston, Bentoz ve Sedimentinde Mevsimsel Ağır Metal Değişimi". Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23 (1), 65-69.

Dündar, M.Ş., Altundağ, H., Boz, V., Akaya, K. ve Sayın, M. **2003.** "Sapanca gölüne akan derelerdeki bazı eser elementlerin 17 Ağustos 1999 Marmara depremi öncesi ve sonrası karşılaştırmalı analizi". A.Ü. Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2), 205-210

Düzgünes, O., "Bilimsel araştırmalarda istatistik prensipleri ve metotları". Ege Üniv. Matbaası, İzmir, 21 (**1983**).

Erdem, O., Kargin, F., "Farklı ortam ve derişimlerde *T.nilotica* (L.) 'nın doku ve organlarında Cu birikimi", Doğa. Tr. J. of Zoo., 14: 173- 178 (**1990**).

Erdoğrul, Ö., Erbilir, F., **2007.** "Heavy Metal and Trace Elements in Various Fish Samples from Sir Dam Lake", Kahramanmaraş, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 130, 373-379

Edwards, J., Edyvane, K., "Metal levels in seston and marine fish flesh near Industrial and Metropolitia Centres in S. Australia", Mar.Pollut. Bull., 5: 389- 396 (**2001**).

Fergusson, F., E., “*The Heavy Elements In: Chemistry, Environmental Impact and Health Effect Pergamon Pres*”, 614 (1990).

Fowler, S., “*Biological transfer and transport process*”, U.S.A., II. CRC Press, 1-53 (1982).

Güler Ç. *Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi -43*. Ankara,1997.

Google Earth uydu Programı 28.12.2012 13.40

Haswell, S. J., “*Atomic Absorption Spectrometry*, Elsevier Science Publishers B. V., Netherlands, 310 (1991).

Health, A.G., 1987. “*Water Pollution and Fish Physiology*”, CRP Pres Inc. Florida 245.

Health, A.G., 1995. “*Water Pollution and Fish Physiology*”, CRC Press. New York, Inc. 2nd Ed., 359 pp.

Hogstrand, O., Haux, C., “*Mini review binding and detoxification of heavy metals in lower vertebrates with reference to metallothionein*”, Comp. Biochem. Physiol., 100C (1/2), 137-141 (1991).

John H. Duffus, Howard G.J. Worth, “*Fundamental toxicology for chemists*”, Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services, c 1996

Jain, C.K. 2004. “*Metal fractionation study on bed sediments of River Yamuna*”, India. Water Research, 38, 569-578.

“Kadife Balığı”

http://tr.wikipedia.org/wiki/Kadife_balığı. Erişim Tarihi: 19.05.2012 11.25

Kanada Çevre Bakanlığı Resmi Web Sitesi

<http://www.ene.gov.on.ca/envision/gp/B1-3.pdf>. Erişim Tarihi: 13.03.2012 14.10

Karadede, H., **1997**, “Atatürk Baraj Gölü’nde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması”, Yüksek lisans tezi, T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 72 s.

Karadede, H., Ünlü, E., **2000**. “*Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates)*”, Turkey. Chemosphere, 41, 1371-1376.

Karadede, H., Oymak, S.A., Ünlü, E., “*Heavy metals in mullet, Liza abu, and catfish, Silurus triostegus, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey*”, Environment International, 30 : 183-188 (**2003**).

Karahan, B., “*Rasyonla alınan bakırın sazanların dokularında birikimi, büyüme ve üreme özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma*”, Doktora tezi, A.Ü. Fen Bil. Enst., Su Ur. A.D., Ankara. 78 (**1991**).

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., **2004**. “*Metallerin çevresel etkileri-II*”, Metalurji Dergisi, 137, 46-51

Kargın, F., Erdem, C., “*Farklı Cu konsantrasyonlarının T.nilotica’da birikimi ve mortalite üzerine etkileri*”, Ç. Ü. Fen Bil. Ens., Fen ve Müh. Bil. Derg., 3 (2): 53-66 (**1989**).

Kargın, E., Erdem, C., **1992**. “*Bakır-çinko Etkileşiminde Tilapia nilotica (L.)’nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi*”, Doğa Tr. J. Of Zoology, 16, 343-348

Kır, I., Tekin-Özan, S., Tuncay, Y., **2007**. “*Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi*”, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 24 (1-2), 155–158.

Kocahan, İ., “*Marmara Denizi demersal balıklarında ağır metal kirliliği*”, İ.Ü. Deniz Bil. ve İşlet. Enst., Kim. Oşinog. A.D., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 158-176 (1999).

Kocaman, I., “*Marmara Denizi demersal balıklarında ağır metal kirliliği*”, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Deniz Bil. ve İşlet. Enst., Kim. Oşinog. A.D., İstanbul, 25 (1999).

Köse, E., Uysal, K., **2008**. “*Cinsi Olgunluğa Erişmemiş Pullu Sazan (Cyprinus carpio L., 1758)'ların Kas, Deri ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Karşılaştırılması*” Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17.

Köse, E., **2007**. “*Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması*”, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70s, Kütahya

Kruger, T., **2002**. “*Effects of Zinc, Copper and Cadmium on Oreochromis Mossambicus Freeembryos and Randomly Selected Mosquito Larvae as Biological Indicators During Acute Toxicity Testing (MSc thesis, not published)*” Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A.

Larsson, A., Haux, C., “*Fish physiology and metal pollution : result and experiences from laboratory and field studies*”, Ecotoxicol. Environ. Saf., 9: 250-281 (1985).

Lindström, M., Hakanson, L., “*Water, Air and Soil Pollut.*”: Focus, 1, (314): 119-132 (2001).

Lynby, J.E., Brix, H., “*Monitoring of heavy metal contamination in the limfjord Denmark, using biological indicators and sediment*”, The Sci. Total Environ., 64: 239-252 (1987).

Mendil, D., Uluözlü, Ö.D., “*Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes Tokat, Turkey*”, Food Chemistry, 101:739- 745 (2007).

Metelw, V., Kanaev, E., “*Water Toxicology*”, Amerind Publishing, Co. Pvt. Ltd., Newyork, 1-216 (1971).

Neretin, L. N., Pohl, C., Jost, G., Leipe, T. and Pollehne, F. 2003. “*Manganese cycling in the Gotland Deep*”, Baltic Sea Marine Chemistry, 82 (3-4), 125-143.

Onur E. “*Alüminyum Toksisitesinin Kalite Kontrol Açısından Değerlendirilmesi*” Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi. 1997; 74-9.

Özden, Y., 2008. “*Enne ve Porsuk Barajı Sedimentine Bağlı Ağır Metallerin Cyprinus Carpio’ nun Değişik Dokularına Biyoakümüülasyonununun Araştırılması*” Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54s, Kütahya.

Phillips, D., “*The common mussel (Mytilus edulis) as a indicator pollution by Zn, Cd, Pb and Cu, I. Effect of environmental variables on uptake of metals*”, Mar. Biol., 38: 71-80 (1976).

Rether A., 2002, Doktora Tezi, Münih Teknik Üniversitesi, “*Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstoffunktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen*”

Sönmez, A.Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G., Aras, M.S., 2008. “*Sular Bilgisi*”, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi, Nobel Basımevi, 64, 201. Ankara.

Tanyolaç, J., **1993**. “*İç Sularda Kirlenme*”, Limnoloji. Hatiboğlu Yayınevi. Ankara. 263s.

Tayfur M, Ünlüoğlu İ, Bener Ö. “*Alüminyum ve Sağlık*”, Gıda Dergisi. **2002**; 27(4): 305-9.

T.C. Kırşehir Valiliği, “Kırşehir’in Konumu”

<http://www.kirsehir.gov.tr/yeni/Default.asp?p=s&ID=48>, (25.06.2012, 18.20)

Tekin-Özan, S., Kır, İ., Barlas, M., **2004**. “*Kovada Gölü (Isparta) Suyunda ve Sudak Balığı (Stizostedion lucioperca L., 1758) ’nda Bazı Ağır Metal Birikiminin Araştırılması*” I. Ulusal Limnoloji Çalıştayı, İstanbul Üniversitesi, 16-19.

Timw, “*Report of workshop sponsored by the environmental studies board , The Int. Mussel (Watch)*”, National Academy of Sci, Washington. 107 (**1990**).

Timoçin, Ç., “*İki farklı balık çiftliğinden örneklenen Clarias gariepinus ve Cyprinus carpio ’nun solungaç, kas ve karaciğer dokularında Cu, Zn, Fe, Cr, Pb ve Cd düzeyleri*”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 25, **2008**

Tumantozlu, H., “*Karacaören II Baraj Gölü ’ndeki su, sediment ve sazan (Cyprinus carpio L., 1758) örneklerinde bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesi*”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 43-44, **2010**

Tuncay, Y., **2007**. “*Kovada Gölü ’nde Yaşayan Istakozlarda (Astacus leptodactylus Eschscholtz, 1823) Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi*”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s, Isparta.

Tunçer, S., “İzmir ve Çandarlı Körfezleri’nde yasayan bazı rnollusk, alg ve ortamlarındaki ağır metal kirlenmesi ile ilgili araştırmalar”, Doktora tezi, TÜBİTAK Den. Bil. Ar. Enst., Çag-75, Gebze, 38 (1985).

Tümen, F., Bildik, M., Baybay, M., Cici, M., Solmaz, B., “Ergani Bakır İşletmesi Katı Atıklarının Kirlilik Potansiyeli”, Doga Tr. J. of Engineering and Environmantal Sciences , 16 (1992).

“Türkiye’nin Akarsu ve Göller Haritası”

www.aygunhoca.com/cografi-haritalar/72-turkiye-haritalari/2746-turkiyenin-golleri-haritasi.html Erişim Tarihi: 01.02.2013 10.50

Türkoğlu, M., 2008. “Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve inci Kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması”, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Van.

Vural, N., “Toksikoloji”, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 504, 508- 509, 555 (2005).

WHO, 1984, “Guidelines for Drinking-Water Quality”, Vol. 1. (Recommendations), Geneva.

WHO, 1995. “Principles and Methods for Assesing Direct Immunotoxicity Associated with Exposure to Chemicals Criteria”, No. 180.

Windom H., “Distribution of Fe, Mg, Cu, Zn, Ag in oyster along the Georgia coast”, J. Fisheries Res. Board of Canada, 29: 450-452 (1991).

Wittmann, G., “*Toxic metals, metal pollution in the aquatic environment*”, Springer-Verlag Chapter B., Berlin, 3-70 (1981).

www.cadirli.azbuz.com/blog/yazi/oku, Erişim Tarihi: 13.01.2012 16.15

www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-t/daten/umweltkatastrophen.htm.
Erişim Tarihi: 25.04.2012 15.13

Yalçinkaya, Ö., “*Askorbik asit (C vitamini), iyodür ve tiyosülfatın alevli atomik absorpsiyon spektrometresi ile dolaylı yöntemle tayini*”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 52,53 (2005).

Yokel AR, Hicks LC, Florence LR. “*Aluminum Bioavailability From Basic Sodium Aluminum Phosphate, an Approved Food Additive Emulsifying Agent, Incorporated in Cheese*”, Food Chem Toxicol. 2008; 46(6): 2261-6

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TEBER Çiğdem

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 18.06.1980 Kızıltepe

Medeni hali : Evli

e-mail : cigdemteber@gmail.com

Eğitim Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Mersin Üniversitesi/Tezsiz Yük.Lisans	2005
Lisans	Mersin Üniversitesi / Biyoloji Bölümü	2003
Lise	Kızıltepe Lisesi	1997

Yabancı Dil

İngilizce