



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**YAMULA BARAJI (KAYSERİ) SU, SEDİMENT VE TATLI SU
KEFALİ (*SQUALIUS CEPHALUS*) ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL
DÜZEYLERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**Hazırlayan
Musa KAR**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2011
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**YAMULA BARAJI (KAYSERİ) SU, SEDİMENT VE TATLI SU
KEFALİ (*SQUALIUS CEPHALUS*) ÖRNEKLERİNDE AĞIR
METAL DÜZEYLERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN
İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Musa KAR**

**Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN**

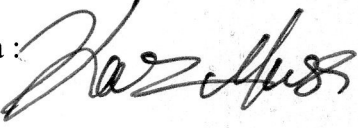
**Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBY-
09-1058 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Ağustos 2011
KAYSERİ**

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı Soyadı : Musa KAR

İmza : 

YAMULA BARAJI (KAYSERİ) SU, SEDİMENT VE TATLI SU KEFALİ (SQUALIUS CEPHALUS) ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Musa KAR



Danışman

Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN



Biyoloji Anabilimdalı Başkanı

Prof. Dr. Ahmet AKSOY

Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN danışmanlığında **Musa KAR** tarafından hazırlanan “Yamula Barajı (Kayseri) Su, Sediment ve Tatlı Su Kefali (*Squalius cephalus*) Örneklerinde Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

27/07/2011

JÜRİ:

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN

Üye :Prof. Dr. Ahmet AKSOY

Üye :Doç. Dr. Erdoğan ÇİÇEK

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 09/08/2011 tarih ve 2011/27-07 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bana yol gösteren, bu çalışmanın tasarlanıp yürütülmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında değerli bilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN'a yakın ilgi ve yardımlarından dolayı Biyoloji Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ahmet AKSOY'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Muzaffer BUĞDAY'a, Arş. Gör. Fuat BOZOK, Fatih Doğan KOCA ve Arş. Gör. Ahmet CEYLAN'a, ayrıca laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ'ye teşekkür ederim

Tez yazım aşamasında değerli fikirlerini ve düşüncelerini benden esirgemeyen Nevşehir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölüm Başkanı Sayın Doç. Dr. Erdoğan ÇİÇEK'e çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmayı destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi (BAP)'ne teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, tez çalışmam süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, özellikle de sabır, anlayış ve desteklerinden ötürü sevgili anneme sonsuz minnetlerimi sunarım.

YAMULA BARAJI (KAYSERİ) SU, SEDİMENT VE TATLI SU KEFALİ (*SQUALIUS CEPHALUS*) ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

Musa KAR

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2010

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Fatih DUMAN

KISA ÖZET

Bu çalışmada su, sediment ve *Squalius cephalus* (L., 1758) örneklerinde ağır metal düzeylerinin mevsimsel değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Yamula baraj gölünden seçilen 5 farklı istasyondan mevsimsel olarak su, sediment ve *Squalius cephalus* (L., 1758) örnekleri alınmış ve Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonları belirlenmiştir. Genel olarak ağır metal konsantrasyonları su<doku<sediment şeklinde sıralanmıştır. Su örneklerinde yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd, ve Pb konsantrasyonları sırası ile 0.27, 0.41, 0.28, 0.68, 1.6, 0.16 ve 0.39 mg l⁻¹ olarak belirlenmiştir. Su örnekleri için en yüksek metal konsantrasyonlarına yaz örneklemeğinde rastlanmıştır ve bulunan metal konsantrasyonlarının ulusal ve uluslararası kuruluşların yayınlamış olduğu sınırların üzerinde olduğu belirlenmiştir. Sediment örneklerinde yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları ise Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd, ve Pb; konsantrasyonları sırası ile 8.95, 120.815, 15.98, 7.68, 16.95, 17.66 ve 8.08 µg g⁻¹ olarak bulunmuştur. Sediment örnekleri için en yüksek Zn ve Pb konsantrasyonlarına kış örneklemeğinde rastlanırken, Cd ve Mn konsantrasyonlarının yaz mevsimine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda sedimentte uluslar arası kriterlere göre Cd kirlenmesinin olduğu belirlenmiştir. İncelenen balık örneklerinde en fazla metal akümüasyonu karaciğer dokusunun kış örneklemeğinde meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca kas dokusunda Mn, Cd ve Pb konsantrasyonlarının otoritelerce izin verilen sınırlardan yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen veriler baraj gölünde daha sonra yapılacak kirlilik çalışmaları için temel teşkil etmektedir ve kirlilik çalışmaları periyodik olarak sürdürülmelidir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal; mevsimsel değişim; Yamula Barajı; *Squalius cephalus*.

**SEASONAL VARIATIONS OF HEAVY METAL LEVELS IN WATER,
SEDIMENT AND CHUB (*SQUALIUS CEPHALUS*) FROM YAMULA DAM
LAKE (KAYSERİ)**

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, August 2010

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Fatih DUMAN

ABSTRACT

The aim of this study is to carry out seasonal variation of the heavy metal concentrations in water, sediment and *Squalius cephalus*. Five different stations selected from Yamula Dam Lake and water, sediment and *S.cephalus* samples were taken and Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd and Pb concentrations were determined. In general heavy metal concentrations are listed in the form of water<tissue<sediment. Annual average concentrations of Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd, ve Pb in water samples were 0.27, 0.41, 0.28, 0.68, 1.6, 0.16 and 0.39 mg l⁻¹. The highest metal concentration for water samples was found in summer sampling and the metal concentrations were determined on the borders of national and international organizations published concentrations. Annual average concentrations of heavy metals in sediment samples were determined Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd, ve Pb; concentration in order 8.95, 120.815, 15.98, 7.68, 16.95, 17.66 and 8.08 µg g⁻¹. For sediment samples, while the highest Zn and Pb concentrations were found in winter sampling, Cd and Mn were higher in summer. As a result of the research, the Cd contamination of the sediment is too high according to international criteria. Examined in fish tissues, the highest accumulation occurred in the liver which is sampled in winter. In edible muscle tissue Mn, Cd, and Pb concentrations were higher national and international limits allowed. Findings in this study in Dam Lake, basis for subsequent pollution studies and pollution studies should be continued as periodic.

Keywords: Heavy metal; Seasonal Variation; Yamula Dam Lake; *Squalius cephalus*.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ONAY.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
KISA ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ	1

1.BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Ağır Metalin Tanımı ve Özellikleri.....	4
1.2 Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar	5
1.3. Ağır Metallerin Sucul Canlılara Etkileri.....	7
1.4. Ağır Metallerin Besin Zinciri ile Taşınması	9
1.5. Ağır Metallerin Dokulara Alınımı	9
1.6. Ağır Metallerin Organizmadan Atılması.....	9

2. BÖLÜM

İNCELENEN METALLERİN ÖZELLİKLERİ

2.1. Krom (Cr)	11
2.2. Mangan (Mn).....	12
2.3. Demir (Fe).....	12
2.4. Kobalt (Co)	13
2.5. Nikel (Ni).....	13
2.6. Bakır (Cu)	14

2.7. Çinko (Zn).....	15
2.8. Kadmiyum (Cd).....	15
2.9. Kurşun (Pb)	17

3. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

3.1. Literatür Özeti.....	18
---------------------------	----

4. BÖLÜM

MATERYAL-METOD

4. 1. Araştırma Alanı	25
4.2. İstasyonlar.....	25
4.3. Materyal.....	26
4.4. <i>Squalius cephalus</i> Hakkında Genel Bilgi	26
4.5. Metod	27
4.6. İstatistiksel Veri Analizi	29

5. BÖLÜM

BULGULAR

5.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları.....	30
5.1.1 Krom (Cr)	30
5.1.2. Mangan (Mn)	31
5.1.3. Nikel (Ni).....	31
5.1.4. Bakır (Cu).....	32
5.1.5. Çinko (Zn)	33
5.1.6. Kadmiyum (Cd)	34
5.1.7. Kurşun (Pb).....	34
5.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları.....	35
5.2.1 Krom (Cr)	35
5.2.2 Mangan (Mn)	36

5.2.3 Nikel (Ni).....	37
5.2.4. Bakır(Cu).....	37
5.2.5. Çinko (Zn)	38
5.2.6. Kadmiyum (Cd)	39
5.2.7. Kurşun (Pb).....	39
5.3. <i>Squalius cephalus</i> Doku Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları	40
5.3.1. Krom (Cr)	41
5.3.2. Mangan (Mn)	42
5.3.3. Nikel (Ni).....	43
5.3.4. Bakır (Cu).....	44
5.3.5. Çinko (Zn)	44
5.3.6. Kadmiyum (Cd)	45
5.3.7. Kurşun (Pb).....	46
6. BÖLÜM	
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	
6.1. Tartışma.....	48
6.2. Sonuç ve Öneriler	55
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ	

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. 1 Ekosisteme dâhil olan toksik ağır metallerin kaynakları	6
Tablo 4. 1. ICP-MS dedeksiyon limitleri	28
Tablo 5. 1. Su örneklerindeki ortalama Cr değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})	30
Tablo 5. 2. Su örneklerindeki ortalama Mn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1}).....	31
Tablo 5. 3. Su örneklerindeki ortalama Ni değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1}).....	32
Tablo 5. 4. Su örneklerindeki ortalama Cu değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1}).....	32
Tablo 5. 5. Su örneklerindeki ortalama Zn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})	33
Tablo 5. 6. Su örneklerindeki ortalama Cd değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1}).....	34
Tablo 5. 7. Su örneklerindeki ortalama Pb değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1}).....	35
Tablo 5. 8. Sediment örneklerindeki Cr değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	35
Tablo 5. 9. Sediment örneklerindeki Mn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	36
Tablo 5. 10. Sediment örneklerindeki Ni değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	37
Tablo 5. 11. Sediment örneklerindeki Cu değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	38
Tablo 5. 12. Sediment örneklerindeki Zn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	38
Tablo 5. 13. Sediment örneklerindeki Cd değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	39
Tablo 5. 14. Sediment örneklerindeki Pb değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	40

Tablo 5. 15. Yamula Barajından avlanan <i>Squalius cephalus</i> 'un toplam boy ve toplam ağırlık değerleri	41
Tablo 5. 16. <i>Squalius cephalus</i> dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})	41
Tablo 5. 17. <i>Squalius cephalus</i> dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})	42
Tablo 5. 18. <i>Squalius cephalus</i> dokularındaki Ni konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})	43
Tablo 5. 19. <i>Squalius cephalus</i> dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})	44
Tablo 5. 20. <i>Squalius cephalus</i> dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})	45
Tablo 5. 21. <i>Squalius cephalus</i> dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})	46
Tablo 5. 22. <i>Squalius cephalus</i> dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})	46
Tablo 6. 1. Sudaki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması	49
Tablo 6. 2. Suda bulunan metal konsantrasyonu ile bazı kuruluşların yönetmeliklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması	50
Tablo 6. 3. NOAA'ya göre sedimentte bulunması gereken sınır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)	51
Tablo 6. 4. Bazı çalışmalarda bulunan sedimentteki metal konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1 Çevrede iz elementlerin taşınma yolları	6
Şekil 4. 1 Yamula Barajından örnekleme yapılan istasyonlar.....	26

GİRİŞ

Yeryüzündeki suyun bütün insanlığın gereksinimini karşılayacak kadar çok ve tükenmez bir kaynak olduğu düşünülebilir. Dünya'daki su kaynaklarının ancak %0,3'ünden içme ve kullanma suyu olarak yararlanılabilmekte, bu kaynaklar da hızla kirlenmektedir [1]. İnsan nüfusunun artışına bağlı olarak ortaya çıkan üretimin artışı doğaya bırakılan atık miktarının artışını da beraberinde getirmektedir. Bu artış oranı doğanın kendini yenileme kapasitesinin üzerine çıktığında çevre kirlenmeye başlamaktadır. Kirliliğin basit fakat doğru bir tarifi "herhangi bir şeyin yanlış alanda çok fazla olması" durumudur [2]. Bu tarif sucul ekosistemlerdeki kirleticilere uygulandığında; bir kirleticinin olması gerekenin üstünde bir konsantrasyonda bulunmasıdır. Aslında kimyasal kirletici diye bir şey söz konusu değildir, ancak bazı kimyasalların yüksek konsantrasyonda bulunma durumu vardır.

Çevre kirliliği denildiğinde hava, su ve toprak kirlenmesi akla gelmektedir. Toprakta ve havadaki kirleticiler de sonunda su ortamına ulaşır ve su kirliliğine sebep olmaktadır. Çünkü toprağa ve havaya bırakılan kirleticiler, bulundukları bölgede kalmayarak, yağmur, sel vb. gibi yollarla yer üstü ve yeraltı sularına karışarak bu ortamların da kirlenmesine yol açmaktadır. Son yıllarda teknolojinin gelişmesi sonucu, endüstri ve sanayi artıkları ile kentsel atıkların bulunduğu kanalizasyon suları, deşarj edildiği nehir ve gölleri kirletmekte ve böylece sucul ortamda yaşayan canlı organizmaları tehdit etmektedir. Özellikle atık sulardaki eser elementler, bu suların sulama amaçlı kullanılması ve deşarj edildiği ortamda yaşayan canlılar açısından, doğrudan ve de dolaylı olarak besin zinciri ile aktarılması nedeniyle halk sağlığı açısından önem taşımaktadırlar. Daha da önemlisi, toksik organik atıkların metallerle birleşerek veya başka bileşiklerine dönüşmek suretiyle daha toksik hale geçmeleri büyük sorunlar yaratmaktadır [3].

Her geçen gün giderek artan miktarlarda, çok farklı kaynaklardan gelen çeşitli kirleticiler akarsulara ve denizlere hiçbir önlem alınmadan verilmekte ve sucul canlıların yaşam ortamı olan suyun kirlenmesine neden olmaktadır. Diğer yandan, doğal su kaynaklarının sulama suyu ve elektrik enerjisi elde etmek amacıyla baraj ve göletlerde toplanması, sanayi atık sularının hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan kanalizasyona verilmesi, tarımsal mücadelede kullanılan ağır metal içeren kimyasalların çeşitli yollarla sulara karışması, metal cevherlerinin işlenmesi, tozdan ve araba egzoz gazlarının salınması ve ayrıca endüstride pil ve plastik içeriğinde kullanılması sonucu doğaya salınan ağır metaller, suların kirlenmesine ve doğal özelliklerini kaybetmelerine neden olmaktadır [4, 5].

Sucul ortamdaki besin zincirinin son halkasını balıklar oluşturmaktadır. Ağır metaller, birincil üreticiler olan planktonik organizmalardan başlayarak, sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara kadar ulaşır. Balıklar da insan beslenmesinde önemli bir protein ve çoklu doymamış yağ asidi kaynağıdır. Bu nedenle sucul ortamlarda artan ağır metal kirliliğinin balıklarda hangi oranlarda biriktiğinin araştırılması, hem balık biyolojisi hem de insan sağlığı açısından önemli bir konudur. Bu nedenle sucul ortamlarda ağır metallerin, balıklarda ve diğer organizmalardaki birikimleri üzerine önemli çalışmalar yapılmıştır [6-9]. Son yıllarda, Türkiye sularında yaşayan birçok su ürünü ve balık türünde de ağır metal birikimleri araştırılmıştır [7, 10-13]. Ağır metalin balıklardaki konsantrasyonu balık türünün beslenme alışkanlığı yaşı, yaşadığı bölge vb. gibi etmenlerle ilgili olup, balığın dokuları ve organları arasında da farklılık göstermektedir [14].

Ağır metaller sularda düşük seviyelerde bulunmasına rağmen, sediment ve sucul biota içinde önemli seviyelere ulaşabilmektedirler. Sediment sucul biota için ağır metal kaynağı olarak değerlendirilebilir [15]. Ayrıca sediment tatlı su ekosistemlerinde iz element atıklarının son noktalarından biri olup; ağır metal çalışmalarında bir arşiv görevinde yapabilir [16]. Ağır metallerin sedimentteki konsantrasyonları, değişik jeokimyasal fazlardaki dağılımı ve taşınımı birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Metallerin farklı formlarının canlı organizmalarca alınabilirlikleri de farklı düzeylerde olabilmektedir. Yani metallerin her formu alınabilir formda değildir. Ayrıca sedimentte metalin bulunma durumu ve formu, pH, elektriksel iletkenlik, toplam organik madde miktarı ve redoks potansiyeline de bağlı olarak değişiklik gösterebilir [17]. Türkiye’de

su kirliliği ilk kez Haliç'in evsel ve endüstriyel atık suları taşıyan kanalizasyon haline dönüşmesi ile dikkat çekmeye başlamıştır. Bunu İzmit ve İzmir körfezlerinin kirlenmeleri, Porsuk Çayı kirlenmesi takip etmiş; daha sonraki yıllarda su kaynaklarının etkili kontrol edilmemesi nedeni ile kirlilik tüm ülkede yaygınlaşmıştır. Ülkemizin yıllık nüfus artışı oranının yüksek oluşu ve kalkınma çabası içinde oluşu göz önüne alınacak olursa, önümüzdeki yıllarda su tüketimi ve bunların kirletici kaynaklarının giderek artacağı açıktır [1].

Yamula Barajı, Kayseri ili sınırları içerisinde Kızılırmak üzerine 2007 yılında kurulmuştur. Nehrin doğduğu yer olan Sivas'tan itibaren nehir üzerinde kurulmuş olan ilk barajdır. Bu baraj hidroelektrik santrali olarak ve sulama amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca yöre balıkçıları barajda olta balıkçılığı yapmaktadırlar. Aynı zamanda baraj setinin bulunduğu Ebiç'te çok yoğun bir şekilde kafes balıkçılığı yapılmaktadır. Şimdiye kadar bu barajla ilgili olarak literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Ağır Metalin Tanımı ve Özellikleri

Fiziksel olarak normal şartlar altında, Hg hariç, katı olan ısı ve elektriği ileten, levha ve tel haline gelebilen, metalik renk parlaklığına sahip olup, kimyasal olarak elektron vererek (+) değerlikli iyon haline geçebilen asitlerde bulunan $[H]^+$ iyonu ile yer değiştirebilen kendi aralarında bileşik oluşturamayıp ametallerle bileşikler oluşturabilen ve konsantrasyonları 5 g/cm^3 'den fazla olan metallere “ağır metal” denir [18].

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılır;

1. Sıvı ortamlarda normalde hareketli katyonlar olarak taşınan hafif metaller (sodyum, potasyum, kalsiyum, v.b.),
2. Düşük konsantrasyonlarda esansiyel fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik olan geçiş elementleri (demir, bakır, çinko, kobalt ve mangan),
3. Metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan metaloitler (Civa, kurşun, kadmiyum ve arsenik).

Bunlardan geçiş elementleri ve metaloitler genelde ağır metal olarak adlandırılır. Ağır metaller, canlılarda olmadığı zaman çeşitli semptomatik bozukluklara yol açar, fakat belirli sınırların altında detoksik etki yapıp organizmada birçok biyokimyasal fonksiyonlar için fonksiyonel rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Fe, Mo, Co ve Se ile endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada kuvvetli toksik etkiye sahip Cd, Ni, Hg ve gibi ağır metaller, su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapıp organizmanın ölümüne sebebiyet veren metallerdir. Cd, Cu, Hg, Pb ve Zn gibi ağır metaller atık sularında normal olarak bulunmakta balıklarda birikime ve böylece canlılarda toksikasyona neden olabilmektedir. Bu birikim oranları balıkların yaşı,

bulunduğu yer ve beslenme durumlarına göre değişiklik göstermektedir [19]. Ağır metaller insan vücudunda protein aminoasitlerin yan halkaları, nükleik asitlerin bazlarındaki halkasal azot atomları, hücre membranı ve çok küçük hücresel stoplazmik elemanlar ve organik kofaktörler gibi birçok değişik biyomoleküllere bağlanarak taşınır ve biriktirilir.

Ayrıca ağır metal stresine uğramış canlılarda strese cevap olarak geliştirilen metallotiyeninler (metal bağlayıcı proteinler) ağır metallere çok yüksek affiniteyle bağlanır [20].

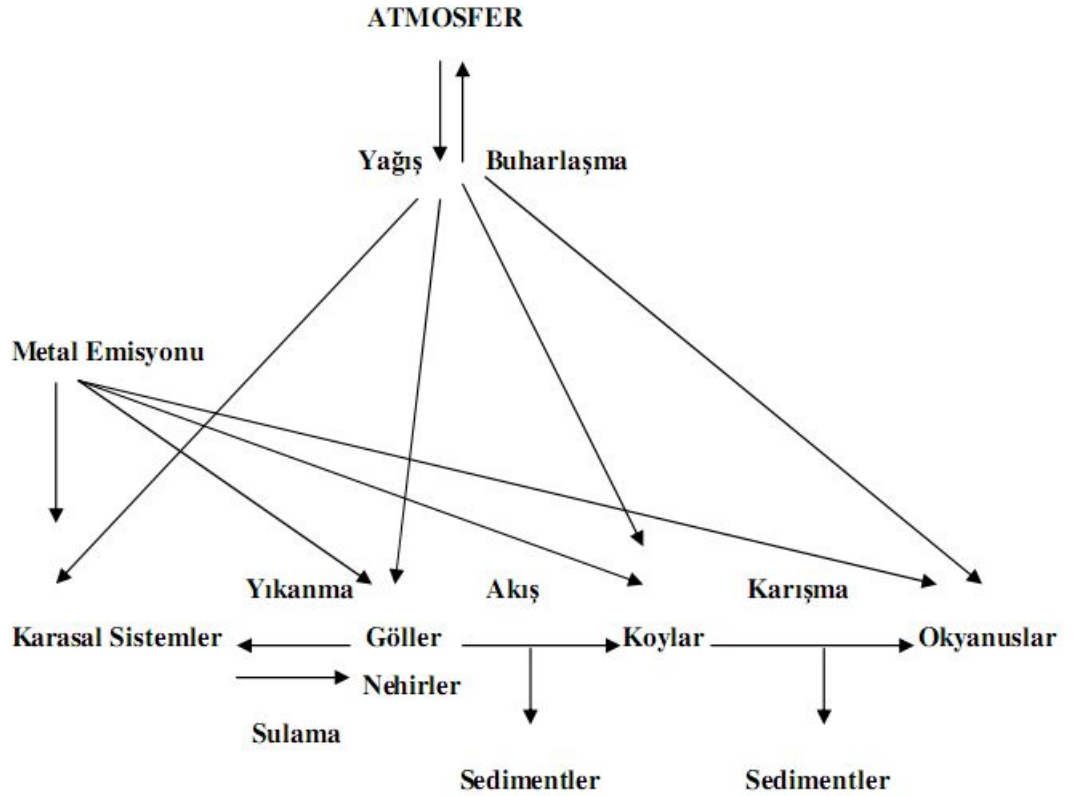
1.2 Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar

Ağır metal kirliliği, kimyasal bir kirlilik olarak kabul edilir. Ağır metaller çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, ekolojik koşullara dayanıklı olmaları ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan konsantrasyonlarda birikebilmeleri nedeni ile diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer alır [21]. Doğal dengeyi bozan kirleticiler unsurlar; organik maddeler, ağır metaller, petrol türevleri, suni tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktif maddeler, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak sıralanabilir. Bu kirleticilerden özellikle endüstriyel atıklar ve bazı pestisitlerin içerisinde bulunan ağır metaller, deşarj edildikleri ortamda uzun süre kalabilmeleri, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirmeleri ve besin zincirinde birikmek sureti ile insan sağlığını tehdit etmeleri nedeniyle büyük önem taşırlar [20,21].

Metaller deniz sularına erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarla taşınan tozla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanması ile ve bitki örtüsü ile taşınır (Şekil 2.1) Denizlerdeki metaller, birçok nehrin bu denize olan katılımı sayesinde de birikir. Nehirlerden taşınan parçalar drenaj bölgelerinde birikirler. Hatta bu nehirlerin endüstriyel yada kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları sayesinde birikim çok daha fazlada olabilir.

Sularda çözünür haldeki metaller çökerek sediment parçaları ile absorbe olurlar, özellikle de nehrin denizle birleştiği yer olan deltalarda ağır metallerin sedimentasyonu daha yoğundur. Böylece göl ve denizlerin sedimentlerinde yüksek oranda ağır metal biriktiği bilinmektedir [22, 23].

Ağır metaller birçok kaynaktan ekosisteme dahil olmaktadır (Tablo 2.1). Akut toksik etkileri nedeniyle, uygun metotlarla ortamdan uzaklaştırılmaları veya daha az toksik formlara dönüştürülmeleri gerekmektedir



Şekil 1. 1 Çevrede iz elementlerin taşınma yolları [20]

Tablo 1. 1 Ekosisteme dâhil olan toksik ağır metallerin kaynakları [24]

A- ENDÜSTRİ
Plastikler (Co, Cr, Cd, Hg)
Ev aletleri yapım sanayi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)
Ağaç işlemeciliği (Cu, Cr, As)
Rafineri (Pb, Ni, Cr)
B- HAVADAKİ PARTİKÜL VE DUMANLAR
Fosil yakıtlar (As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd)
Metal işlemeciliği (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn)
Şehir, fabrika vs. (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
Taşıtlar (Pb, V, Cd)
C- TARIM

Sulama (Cd, Pb, Zn)
Gübreleme (As, Cd, Mn, U, V, Zn)
Pestisit uygulaması (Cu, Mn, Zn)
Hayvansal gübreler (As, Cu, Mn, Zn)
Kireçler (As, Pb)
Metal aşınması (Fe, Pb, Zn)
D- METAL İŞLETMECİLİĞİ VE ERİTMEDEN GELEN ATIKLAR
Maden işlemlerinden rüzgârla çevreye yayılanlar (Cd, Hg, Pb, As)
Metallerin eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Se)
Demir ve çelik endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
Metal işlemciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
E- ATIKLAR
Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn)
Kazma ve delme (As, Cd, Fe, Pb)
Küller (Cu, Pb)
Ev aletleri yapım sanayi (Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
Tekstil (Zn, Al, Ti, Sn)
Ağaç işlemciliği (Cu, Cr, As)
Rafineri (Pb, Ni, Cr)
B- HAVADAKİ PARTİKÜL VE DUMANLAR
Fosil yakıtlar (As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd)
Metal işlemciliği (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Ti, Zn)
Şehir, fabrika vs. (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
Taşıtlar (Pb, V, Cd)
C- TARIM
Sulama (Cd, Pb, Zn)
Gübreleme (As, Cd, Mn, U, V, Zn)
Pestisit uygulaması (Cu, Mn, Zn)
Hayvansal gübreler (As, Cu, Mn, Zn)
Kireçler (As, Pb)
Metal aşınması (Fe, Pb, Zn)
D- METAL İŞLETMECİLİĞİ VE ERİTMEDEN GELEN ATIKLAR
Maden işlemlerinden rüzgârla çevreye yayılanlar (Cd, Hg, Pb, As)
Metallerin eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Se)
Demir ve çelik endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
Metal işlemciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)
E- ATIKLAR
Lağım (Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn)
Kazma ve delme (As, Cd, Fe, Pb)
Küller (Cu, Pb)

1.3. Ağır Metallerin Sucul Canlılara Etkileri

Sucul ortamlarda yaşayan organizmalar bulundukları ortamdan ağır metalleri bünyelerine alır ve biriktirirler. Canlı sistemlerde yapılan pek çok çalışma organizmanın ağır metal biriktirdiğini göstermiştir [20]. Sucul ekosistemlerde ağır metal kirliliği toksik etkilerinden ve organizmalara akümle olmalarından dolayı önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir.

Ağır metaller sıklıkla özelleşmiş dokularda yoğunlaşmaktadır. Bazı ağır metaller en yüksek konsantrasyona erişince depolanmaya başlar. Depolanan toksik madde genellikle limiti aşmadığı sürece toksik değildir. Bu ağır metallerden bazıları (kadmiyum, kurşun, arsenik, civa v.s.) canlı dokularda çok düşük konsantrasyonlarda olsalar bile oldukça yüksek toksik etkiler meydana getirirler. Bununla birlikte bazı metaller de (bakır, çinko, demir v.s.) biyolojik öneme sahiptirler ve sucul ekosistemin doğal bileşenleridir. Ancak çok yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterirler [25].

Ağır metaller sucul hayatı etkileyen, indirgenemeyen inorganik kirleticilerdir. Hücre zarının yapısını ve fizyolojik özelliklerini etkileyerek hücre, doku ve organlara zarar verirler, üremeyi olumsuz yönde etkiler, ölüm oranını arttırmırlar. Sucul ekosistemlerde fonksiyonel ve yapısal değişimlere neden olurlar [26, 27].

Balıklarda ağır metaller sublethal dozlarda, yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, çeşitli fiziki etkilerle, besin almaya karşı duyarsızlık, operkulum hareketlerinde artış gibi çeşitli davranış değişikliklerine neden olurken, metal konsantrasyonun artması ile davranışlarda gözlenen değişimler ortadan kalkar. Davranışlarda görülen bu değişimler, etkide kalma süresine bağlı olarak düzelmenin balığın ortama katılan kirletici ajana karşı tepkisinden ve değişen ortam şartlarına alışmasından kaynaklanabilir [28, 29]. Ağır metaller solunum yollarına çeşitli şekillerde etki ederler. Kurşun, civa, bakır, çinko gibi ağır metaller suda çok az bulunurlar. Bunların hepsi sucul hayvanlar için toksiktir ve çoğu 1 ppm sınırında öldürücüdür. Çünkü ağır metaller solungaçlar üzerine çökerler ve solungaçların salgıladığı salgıyı pıhtılaştırarak oksijen alınmasını zorlaştırırlar [30, 31].

Ağır metaller normalde açık okyanuslarda ve kıyı sularında litrede mikrogram ($\mu\text{g l}^{-1}$), acı su veya haliçlerde ve metalce zengin akarsularda litrede miligram düzeyindedir. Canlılar için hayati öneme sahip bir eser elementin çevre kirlenmesi sonucu yüksek dozda olması organizma üzerinde zehir etkisi yapar. Buna karşılık yine eser düzeydeki elementlerin vücutta bulunması gereken düzeyden daha düşük düzeylerde olması da çeşitli rahatsızlıklara sebep olur [31, 32]. Örneğin solungaçlarda düşük oranda demir olması hemeoglobin üzerinde olumsuz etki yaparken yüksek oranda demir birikiminin olması da, asfeksi (Solunum güçlüğü) sonucu balık ölümlerine neden olabilir. Özellikle ortamdaki yavru balıkları etkileyerek popülasyonun gelişmesini önleyebilir [33].

1.4. Ağır Metallerin Besin Zinciri ile Taşınması

Ekosistemlerde bulunan türlere ait bireylerin diğer tür veya türlere ait bireyler üzerinden beslenmesi sonucu oluşan halkalar serisine besin zinciri denir. Sucul ortamda besin zincirinin tabanında fitoplankton bulunur. Fitoplankton sudaki besleyiciler ve güneş ışığından aldıkları enerjiyi kullanarak besin zincirini başlatırlar. Sulardaki piramidinin üst kısımlarında ise balıklar bulunur. Ağır metaller, besin zinciri yolu ile planktonlar ya da sudaki diğer organizmalardan balıklara geçer. Ağır metallerin balıklarda ki konsantrasyonu ağır metale maruziyet süresine, balıkların boylarına yaşlarına ve beslenme rejimlerine bağlı olup, vücut içerisinde biriktiği organlarda da farklılık gösterir [20].

1.5. Ağır Metallerin Dokulara Alınımı

Ağır metaller solungaç, deri ve besin yolu ile sucul canlılara geçer;

Solungaçlar yolu ile; Sudaki ağır metallerin balıklara geçişi özellikle geniş bir yüzey alanına sahip olan solungaçlar aracılığı ile olur. Balıklar ağız yoluyla alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan alınması sırasında suda çözünmüş veya askıda bulunan materyalleri de alır.

Sindirim sistemi ile; Ağır metaller yiyecekler yolu ile direkt olarak sindirim sistemi ile de alınabilir. Balık zehirlenmeleri genelde ağız yolu ile alınan toksik maddelerce olur. Sindirim kanalından absorbe olan toksik maddeler, kan dolaşımı ile tüm vücuda dağılır. Ağız yoluyla vücuda giren toksik maddelerin absorpsiyonunun en fazla olduğu yer ince bağırsaklardır. Bağırsak mukozasındaki valvül, villus ve mikrovillusların mideye oranla çok daha yaygın olması, toksik maddelerin burada daha uzun sürede kalmalarına, dolayısıyla mukozalarla daha çok temas etmeleri absorpsiyonun yüksek olmasına neden olmaktadır.

Deri yolu ile; Deri genellikle toksik maddelerle sık sık temas halindedir. Ancak derinin ağır metallerle karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle, canlıların bu yoldan zehirlenmeleri nispeten düşük bir olasılıktır [20].

1.6. Ağır Metallerin Organizmadan Atılması

Kirleticiler, organizmalardan çözülebilir veya partikül formlarından biriyle uzaklaştırılır. Element veya bileşiğe bağlı olarak çözünebilir kısmının ayrılması, pasif olarak iyon değiştirme veya aktif olarak metabolik boşaltım yoluyla gerçekleşir.

Metaller balıkların vücudundan;

- Vücut yüzeyi ve solungaçlar yoluyla ve
- Boşaltım yoluyla atılabileceği gibi belirli bir dokuda da depolanabilirler [34].

2. BÖLÜM

İNCELENEN METALLERİN ÖZELLİKLERİ

2.1. Krom (Cr)

Krom, kayalarda, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, doğada birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr^0 , Cr^{+3} , Cr^{+6} 'dır. Çelik 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 olarakta kullanılmaktadır. Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir [35]. Üç ana şekilde (Cr^0 , Cr^{+3} , Cr^{+6}) bulunabilen krom bileşikleri tatsız ve kokusuzdur. Sadece Cr^{+3} bileşikleri vücut için diyetle eser miktarlarda alınması gerekli elementtir. Diğer formlardaki kroma vücutun ihtiyacı yoktur. Krom partikülleri havaya karıştığında 10 gün kadar kalabilir. Toprak partiküllerine sıkıca yapışır. Suda dibe çöker ve topraktan küçük miktarlarda sulara karışabilir. Havadan solunarak, suyla ve besinlerle vücuda alınabilir [36]. Cr^{+3} doğal olarak pek çok taze meyve, sebze, et, bira mayası ve hububat tohumlarında bulunabilir. Farklı işleme, depolama ve hazırlama metotları gıdanın krom içeriğini değiştirebilir. Paslanmaz çelik kutular ve pişirme kaplarında depolanan asitli gıdalar, paslanmaz çelik kaplardan dolayı yüksek miktarda krom içerebilir. Dünya sağlık örgütü, nefes yoluyla alınan yüksek dozlarda kromun akciğer kanseri riskini arttırdığını, su ve gıdayla alımların ise mide ülserine, böbrek ve karaciğer hastalıklarına ve hatta ölümlere sebep olduğunu bildirmektedir. Ayrıca bazı insanlarda şiddetli alerjik reaksiyonlar da belirlenmiştir. Balıklar sulardan bünyelerine çok miktarda Cr birikimi yapmazlar [35]. Krom bileşiklerinin tümü yüksek miktarlarda alındığında toksik olabilir, ancak Cr^{+6} Cr^{+3} 'e göre daha toksiktir. Yüksek miktarlarda solunması, burun, akciğer, mide ve bağırsaklara zarar verebilir. Kroma alerjisi olan kişilerde astım krizlerine neden olabilir.

Uzun süre yüksek ve orta düzeylerde maruziyet burun kanaması, yaraları, akciğer hasarı ve kanser dışındaki akciğer hastalıklarında artışa neden olabilir. Sindirim yoluyla yüksek düzeylerde alınırsa mide şikâyetleri ve ülser, böbrek ve karaciğer hastalıklarına, hatta ölüme neden olabilir. Cilde temas durumunda cilt ülserleri oluşabilir. Ayrıca ciltte alerjik reaksiyonlara yol açabilir. Bazı Cr^{+6} bileşikleri kanserojendir. Akciğer kanserine neden olduğu bilinmektedir. Krom saç, idrar, serum, kırmızı kan hücreleri ve kanda tespit edilebilir. EPA'ya göre içme sularında 100 mg l^{-1} 'den fazla olmaması önerilir [36].

2.2. Mangan (Mn)

Kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Saf manganiz kırmızı-gri renkli olup, doğal olarak bulunmaz, ancak oksijen, sülfür ve klor gibi diğer maddelerle bileşik halinde bulunur. Yaşam için gerekli olup, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdada bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir-çelik fabrikaları, enerji santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suyu 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 biriktirilir. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Su, hava ve gıda yoluyla düşük miktarlarına herkesçe maruz kalınabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde etkilenirler. Bilinçsizce pestisit kullanımı da yine aşırı dozlarda alımına sebep olur. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu “magnetism” olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ancak solunum problemlerine sebep olan manganizin insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir [35]. EPA'ya göre içme sularında $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ 'den fazla olmaması önerilir.

2.3. Demir (Fe)

Demir dünyada en çok bulunan elementlerden birisi olup, yerkabuğunda %5 oranında bulunur. Tüm metaller içinde en çok kullanılandır ve tüm dünyada üretilen metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur [37].

Normal olarak çözünemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözünabilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler.

Bu yüzden aşırı demir, yeraltı sularında genel bir problemdir [21]. İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de, vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla, alınan aşırı miktardaki demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir ve kan dolaşım sistemine girebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir. İnsanlarda demir zehirlenmesinin başlangıç değeri, vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligramdır [37].

2.4. Kobalt (Co)

Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla girer. Havada parçacık halinde bulunup, birkaç günde su veya toprağa düşerek, parçacıklara bağlanır. Bazı kobalt bileşikler suda çözülebilir, çevrede yok olmaz ancak form değiştirir. Çevredeki radyoaktif kobalt miktarının artmasının tek sebebi radyoaktif bozulmadır. Solunum, gıda ve içme suyuyla düşük miktarda kobalt alımı söz konusudur. İnsan sağlığına hem zararlı hem de faydalı olabilir [35]. Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerinin üretiminde ve sinir düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir. En fazla karaciğerde birikip, yüksek düzeylerde alımı, insanlarda ve hayvanlarda akciğer, kalp, karaciğer, böbrek ve deri hastalıklarına sebep olabilir. Gıda ve su yoluyla yüksek düzeyde radyoaktif olmayan kobalt alımının insan ve hayvanlarda kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Fakat yapılan hayvansal deneylerde direkt solunum yoluyla verildiğinde yada kas ve deri altına uygulandığında kansere sebep olduğu görülmüş ve buna dayanarak, insanlarda da kanserojen olabileceği bildirilmiştir. Yüksek düzeyde kobalt radyasyonu, hücrelerdeki genetik materyalleri değiştirerek bazı kanser tiplerinin gelişmesine sebep olabilmektedir [21].

2.5. Nikel (Ni)

Esas olarak çevrede oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan bir element olup, volkanlardan kaynaklanır ve bütün topraklarda bolca bulunur. Saf nikel, sert, gümüş renkli bir metal olup alaşımları oluşturmak üzere diğer metallerle birleşir. Nikel alaşımlı bazı önemli metaller, demir, bakır, krom ve çinko olup, madeni para ve mücevher yapımında da

kullanılmaktadır. Genellikle toprak ve sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. İnsan ve hayvanlar için esansiyel olan ve çok düşük miktarlarda olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri bildirilmektedir. Bazı nikel bileşikleri kanserojen olarak kabul edilebilir. İnsanlara en fazla nikel hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşır. Aşırı miktarda nikel ve bileşiklerinin olduğu rafineriler ile işleme ünitelerindeki havayı teneffüs ederek çalışan işçilerde akciğer ve sinüs kanserleri görülmüştür. EPA'ya göre içme sularında 0,04 ppm'den az olmalıdır [21].

2.6. Bakır (Cu)

Cu, hayvanlar için esansiyeldir. Biyolojik sistemlerde +2 ve +1 değerlikli olan Cu, organizmalarda bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde, omuriliğin miyelinleşmesinde, kalp fonksiyonlarında ve doku pigmentasyonunda etkin rol oynar [26-38]. Madeni kaplama işlemleri, endüstriyel atıklar ve bazı tarımsal ilaçlar ile bakırın sucul ortamlara bırakılması sonucu; su, sediment ve organizmalarda yüksek miktarlarda birikir. Bu da çok ciddi ekolojik değişikliklere neden olur. Yüksek konsantrasyonlardaki birikimler toksik etki yaparak canlıların ölümüne neden olabilir. Balıklar tarafından Cu'nın alınması büyük oranda solungaçlar ve alınan besinlerle olur [20]. Balıkların Cu'a maruz kalma süresi arttıkça toksik etkiler meydana gelir ve Cu letal olmayan derişimlerde aktif organ ve dokularda birikir [39]. Balıklarda Cu'nın en fazla depo edildiği organ karaciğerdir. Cu'nın vücuttan atılması ise idrar ve dışkı yoluyla olur [20, 34].

Karaciğerdeki Cu düzeyinin etkide kaldığı süreye bağlı olarak arttığı, yüksek konsantrasyonlarda ise balıklarda belirli hemoostatik mekanizmaları uyarması sonucu hayvanlarda daha fazla miktarda Cu'nın biriktiği ve karaciğerin işlevini yapamadığı ve kısa sürede öldükleri bildirilmiştir [40]. Cu, bir çok enzimin yapısına girer. Bundan dolayı insan hayatında çok önemli görevlere sahiptir. Erişkinlerde ortalama 100-150 mg arasında olan Cu proteinlere bağlı olarak bulunur. Mevcut miktarlarda destek olarak günlük Cu alımı 3-5 mg dır. Cu, demir metabolizmasında önemli rol oynar. Cu eksikliği insanlarda, demir miktarı yeterli olsa dahi kansızlığa neden olur. İnsanlarda Cu metabolizmasının en önemli bozukluğu; karaciğerde birikmesi sonucu oluşan Wilson Hastalığı (Hepatolentiküler dejenerasyon)'dır. Bu hastalıkta; Cu, karaciğerde, beyinde,

böbrekte ve korneada birikir. Bununla ilgili olarak nörolojik bozukluklar ve karaciğer sirozisi görülür [26, 39].

2.7. Çinko (Zn)

Zn temel iz elementlerden biridir. Doğada ve canlı organizmalarda yaygın bir şekilde bulunur. Canlılarda normal büyüme ve gelişme için esansiyeldir, suda ve yemlerin içinde az miktarda bulunması zorunludur. Zn, biyolojik sistemlerde yalnız +2 değerlikli olarak bulunur. Yaklaşık 300 enzimin yapısına girer [26].

Balık vücudunda en yüksek konsantrasyonda bulunan iz element Zn'dur. Balıklar Zn'yu, sudan ve besinlerden alırlar. Suyun Zn konsantrasyonu balık vücudundaki Zn konsantrasyonu üzerinde kayda değer bir öneme sahiptir. Hayvanlarda Zn'nun esansiyel fonksiyonu, çok sayıda metalloenzimin tamamlayıcı parçası olarak üstlendiği rol ve Zn'ya bağımlı özel enzimlerin aktivitelerini düzenlemesiyle ilgilidir [41]. Kısacası, Zn enzimatik reaksiyonlar, protein sentezi ve karbonhidrat metabolizması için gereklidir [20, 39]. Zn, insan vücudunda demirden sonra en çok bulunan eser elementtir. Enzimlerin ve hormonların bileşenlerinden biridir [39]. Karbonhidrat metabolizmasında etkin rol oynayan insülin hormonu, Zn kompleksi halinde depo edilir. Dolayısıyla vücuttaki derişimi, insülinin üretimi, depolanması ve salgılanmasında etkilidir [20]. Zn, esansiyel olduğu için her gün belirli bir miktar alınması gerekir [30]. Erişkin bir insanda günlük Zn ihtiyacı 15 mg. kadardır [39]. Zn en fazla böbrek, karaciğer dokularında birikir. Zn'un fazla alınması durumunda iştah ve bağışıklık sistemi aktivitesinde azalma, yaraların geç iyileşmesi, kolesterolün yükselmesi ve deride hassasiyet gibi olumsuzluklar görülür. Eksikliğinde ise hamile kadınlarda bebeklerin gelişimi yavaşlar, gençlerde büyüme olumsuz etkilenir ve bağışıklık sistemi zayıflar [21].

2.8. Kadmiyum (Cd)

Cd, besin zinciri yolu ile insana zararlı konsantrasyonlarda transfer olabildiğinden dolayı insan toksikolojisinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Cd, doğada Zn ile birlikte bulunur. Suda bu metalin temel kaynağı elektrikle kaplama veya kaynak işlerinden kaynaklanan atıklardır. Ayrıca bu metalin kullanım alanı çok yaygındır. Jeolojik depolardan da bir miktar Cd yüzey sularına karışır. Cd sudaki organik ve inorganik partiküller üzerine güçlü bir şekilde tutunur. Fakat humik maddelerle çözünebilir

kompleksler oluşturabilmesine rağmen Cu'da olduğu gibi toksisitesi azalmaz. Bununla birlikte, katı partiküllere bağlandığından dolayı suda total Cd seviyesinin önemi sınırlandırılmış olur. Fakat bunun da büyük bir kısmı sedimentte depolanır. Burada biriken Cd sedimentte yaşayan omurgasızların vücuduna geçer. Besin zinciri ile de balıklara ve insanlara kadar transfer olur [20, 21, 39]. Cd, canlılarda herhangi bir biyolojik işlevi olmayan, kanserojen ve mutajen etkileri bilinen ve gerekli elementler grubuna girmeyen bir ağır metaldir [5, 21]. Balığın büyüme ve gelişmesi için gerekli değildir. Özellikle larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olduğundan çok düşük derişimlerde bile oldukça toksiktir. Biyolojik sistemlerde Cu ve Zn gibi davranır. Böylece, esansiyel iz elementlerin metabolizmasını fonksiyonel olarak yerine getiren proteinlere bağlanır ve balıkların karaciğer ve böbrek gibi aktif doku ve organlarında birikir. Metalotiyonein (MT), en iyi bilinen bu tipteki bir proteindir. Bu protein ilk kez 1950 yılında Margoshes ve Vallee tarafından böbrek korteksinde tespit edilmiştir. Bu proteinler, birçok prokaryot ve ökaryotlarda bulunan, düşük moleküler ağırlığa sahip metal bağlayan proteinler sınıfına girmektedir [20, 21].

Balıklarda Cd'un toksik etkileri řu şekilde sıralanabilir [39].

- 1) Balıkların büyüme ve gelişimini yavaşlatır
- 2) Karaciğer,   reme, beyin ve sinir sisteminde patolojik değişikliklere neden olur.
- 3) Solunga  rlardan Ca^{+2} alınımını engeller ve solungaç lamelleri epitelyumunda erime hipertropi ve kılcal damarlarda tıkanma gibi solungaç yapısında patolojik değişikliklere, ayrıca mukus salgınlmını arttırarak doku düzeyinde hipoksiyaya neden olur.
- 4) İskelet deformasyonununa yol açar. Cd, kanda proteinlere ve alyuvarlara bağlanır ve taşınır [22]. Vücuda alınan Cd'un bir kısmı su ve metabolizma atıkları ile dışarı atılmak üzere böbreğe taşınır. MT gibi metal bağlayıcı proteinlere bağlanır ve bu dokuda oldukça yüksek derişimlerde birikir. Cd balıklarda böbrek, solungaç, karaciğer gibi doku ve organların yanı sıra etkide kalma s  resinin uzaması ile kas dokusunda da önemli oranda birikir. Bulunduğu ortama bağlı olarak yaş ilerledikçe vücuttaki Cd birikimi artmakla beraber atılım miktarı değişmez [20].

2.9. Kurşun (Pb)

Yerkabuğunda yaygın bir element olan kurşun, toprakta yaklaşık 12,5 ppm'lik bir konsantrasyona sahip olup, toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece yüksek oranlarda absorbe edilir. Aynı zamanda, sucul ortamlarda kurşun alımı, sertlik, pH, tuzluluk, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler tarafından son derece etkilenmektedir [21]. Çevredeki ana kaynakları, maden ve metal endüstrileri, otomobil aküleri, tıbbi ekipmanlar, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi, kaplama, bilimsel ve optik aletler, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin kullanımınıdır. Balık ve kabuklularda öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte biriken kurşun, organizmalarda son derece uzun bir yarılanma ömrüne sahiptir. Larvaları tamamen öldürmese de önemli hasarlar verebilir. Önce iskelete girer ve vücudu terk etmesi 20 yıl alır. Yumurta ve embriyolarda birikebilir. Genellikle, karaciğer, böbrek, iskelet ve dalakta birikim yaptığı bildirilmektedir. Yüksek düzeyde kurşun zehirlenmesinden, gastrointestinal sistem ve sinirlerde hasarlar bildirilmiştir. Düşük düzeylerde bile beynin büyüme ve gelişimini engellemektedir. Ayrıca plasentayı geçip, cenini etkileyebilir. Bundan başka, kırmızı kan hücrelerinin sağlığını olumsuz etkileyerek anemiye sebep olabilir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından kanserojen olabileceği bildirilmektedir [35]. EPA'ya göre içme sularında $15 \mu\text{g l}^{-1}$ 'den fazla olmaması önerilir.

3. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

3.1. Literatür Özeti

Su kirlenmesi canlılar için büyük tehdit oluşturmaya başladığından beri bilim adamları için araştırma konusu olmuştur. Sularda meydana gelen kirlenmeyi izlemek ve etkilerini tahmin edebilmek için bilim adamlarınca birçok çalışma yapılmıştır.

Kovada Gölü'nden (Isparta) yakalanmış olan *Sander lucioperca* ve *Carassius carassius*'da bazı ağır metallerin mevsimsel değişiminin araştırıldığı çalışmada incelenen balıkların kas ve karaciğerlerinde Mn'a kas ve solungaçlarında Cu'a rastlanmamıştır. Ortalama metal değerleri olarak ise *Sander lucioperca*'da kas Fe>Zn, karaciğerde Fe>Zn>Cu ve solungaçlarda Fe>Zn>Mn olarak bulunmuştur. *Carassius carassius*'da ise kasta Zn>Fe, karaciğerde Fe>Zn>Cu ve solungaçlarda Zn>Fe>Mn olarak bulunmuştur. Genel olarak metal birikiminin yaz ve ilkbahar mevsimlerinde kış ve sonbahar mevsimlerine göre daha yoğun olduğu bulunmuştur. Bulunan değerler sonrası balığın yenilebilir yerlerindeki ağır metal birikimin gıda ve tarım örgütü (FAO)'nun izin verdiği limitlerin altında olduğu bulunmuştur [42].

Avşar Baraj Gölü 'ndeki (Manisa) su sediment ve balıklarında ağır metalin belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada Cd, Cr, Cu, Fe, Ni ve Pb gibi metalleri suda, sedimentte ve *Cyprinus carpio*'da mevsimsel olarak belirlenmiştir. Suda bulunan metaller ulusal ve uluslar arası su kalite parametrelerine göre kıyaslanmış ortalama Fe yoğunluğu temiz su olarak sınıflandırılan sudan fazla çıkmıştır. Test edilen 6 metal arasında sedimentte en çok biriken metal Fe olmuş ve bunu sırası ile Ni, Cu, Cr, Pb, ve Cd izlemiştir. Balıktaki ağır metal konsantrasyonu sedimente göre daha düşük çıkmıştır. Balığın organlarındaki birikim ise kas ve sindirim sisteminde Fe>Cu>Pb>Ni>Cr>Cd, solungaç, kalp ve karaciğerinde Fe>Cu>Ni>Pb>Cr>Cd ve hava kesesinde ise Fe>Cu>Ni>Pb>Cd>Cr olarak bulunmuştur. Balık örneklerinde Cd, Cr, Ni ve Pb

konsantrasyonları uluslar arası kuruluşların belirlediği sınırları aşmışlardır [43]. Beyşehir Göl'ündeki (Konya) su sediment ve *Tinca tinca* 'da meydana gelen mevsimsel ağır metal değişimi adlı çalışmada analiz edilen bütün numunelerde Fe yüksek olarak bulunmuştur. Su örneklerini ulusal ve uluslararası su kalite parametrelerine göre karşılaştırılmış ve Fe'nin yüksek olduğunu bulmuştur. Ayrıca sedimentte Mn ve Fe sonbahar mevsiminde yüksek çıkarken Cu ve Zn'de ilkbaharda yüksek çıkmıştır. Balıkta ise Cu ve Mn dedeksiyon limitlerinin altında bulunmuştur. Diğer metallerin birikiminde ise yaz ve kış mevsimlerinde ilkbahar ve sonbahara göre daha fazla birikim mevcuttur. Son olarak balıklarda ki metal birikiminin insan sağlığı için tehlikeli boyutlarda olmadığı belirlemiştir [44].

Asi Nehri (Hatay)'nde su, sediment ve *Clarias caripenus*'ta yapılan çalışmada, metal birikimlerinin mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Genellikle en yüksek birikim, su ve balık örneklerinde yazın, sedimentte ise kışın ölçülmüştür. Ayrıca, balık dokuları arasında birikim genellikle karaciğerde en yüksek olmasına rağmen Cr ve Mn solungaçta, Zn ise deride en fazla birikmiştir. En az Cd, Cu, Mn ve Pb birikimi deri dokuda, Co, Cr, Fe, Ni ve Zn kas dokuda tespit edilmiştir. Sedimentteki birikimin balık ve suya göre (sudaki Cd hariç) daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Cd birikimi suda en fazla bulunmuştur. Genelde birikim sıralaması su<balık<sediment olmasına rağmen Cr ve Ni metallerinde sıralamanın balık<su<sediment olarak değiştiği gözlenmiştir. Su, sediment ve balık örneklerindeki Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri (suda Cd hariç) kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur [23].

Sarıçay'da yapılan bir çalışmada ise *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus* ' un kas, solungaç ve karaciğer dokularında ortalama metal konsantrasyonları; *L. cephalus* için Cd 0.010-0.084 Co N.D-0.131, Cu 0.193-2.611, Fe 4.240-172.000, Mn 0.112-24.230, Pb 0.068-0.874 ve Zn 6.350-28.550, *L. gibbosus* içinde Cd 0.008-0.082, Co N.D.-0.233, Cu 0.065-4.360, Fe 11.200-125.000, Mn N.D.-12.434, Pb 0.070-0.920 ve Zn 6.540-16.064 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak tespit edilmiş, Ni ise bu dokularda tespit edilememiştir. Balıklarda ölçülen konsantrasyonların WHO/FAO, AB ve Türk Gıda Kodeksi nin yayınlamış olduğu balıklarda yenilebilir dokulardaki metal miktarı limitlerini aşmadığı gözlemlenmiştir [45].

Dipsiz Çayı'nın Yatağan Termik Santrali (Muğla) etkisi altında kalan alanda yapılan bir çalışmada, *L. cephalus* ' un kas ve solungaç dokularındaki Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn

metallerinin birikimi incelenmiştir. Çalışma sonunda solungaçtaki Zn, Cd, Pb ve Cr metallerinin kas dokusundakinden daha yüksek olduğu ancak Cu seviyesinin kasta, solungaca göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bulunan bu değerlerin Cu ve Cd'un yasal limitlerin altında, Cr, Pb ve Zn'nun yasal sınırların üzerinde olduğu bildirilmiştir. Cu ve Zn metallerinin kastaki ve sedimentteki konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuşken, diğer metallerin kas, solungaç ve sedimentteki birikimlerinde bir korelasyon bulunamamıştır [46].

Manisa Belediyesi evsel atık su arıtma tesisinin Gediz Nehri'ne boşaldığı su ve sediment örneklerinde ağır metaller üzerinde yapılmış olan çalışmada, su örneklerinde Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Ni ve Pb konsantrasyonları sırasıyla 0.0161, 0.0103, 0.0075, 1.0579, 0.036, 0.0063, 0.1055, 0.0796 ve 0.2183 ppm olarak bulunmuştur. Sediment örneklerinde ise 346, 3072, 145, 631, 0.95, 159, 135 ve 25.5 ppm olarak tespit edilmiştir [47].

Atatürk Baraj Gölü'nden (Şanlıurfa) alınan su, sediment ve bazı balık türlerinde (*Acanthobrama marmid*, *Chalcalburnus mossulensis*, *Chondrostoma regium*, *Carasobarbus luteus*, *Capoetta trutta* ve *Cyprinus carpio*) Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn düzeylerinin incelendiği çalışmada balık örneklerinin farklı dokularında sadece Cu, Fe, Mn, ve Zn konsantrasyonlarını ölçülebilmüş, diğer metallerin konsantrasyonlarını tespit edilebilir sınırların altında bulunmuştur. Su ve sediment örneklerinde ise balık örneklerinden farklı olarak Ni değerleri de tespit edilebilir sınırların altında bulunmuş, sonuç olarak Atatürk Baraj Gölü'nde çalışılan dönemde ciddi bir kirliliğin olmadığı, ancak önlemlerin alınmaması durumunda kirliliğin tehlikeli boyutlara ulaşabileceği bildirilmiştir [17].

Seyhan Nehri'nde (Adana) 5 farklı istasyondan yakalanan *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*'un kas, solungaç ve karaciğer dokularında Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb düzeylerini belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada dokulardaki ağır metal düzeylerinin istasyonlar arasında önemli oranlarda değişim göstermiş olduğunu belirlenmiştir. Özellikle hastane atıkları tarafından kontamine edildiğini düşünülen bir istasyonda en yüksek düzeylerde ölçülmüştür. Karaciğer ve solungaç dokularının kas dokusundan daha yüksek düzeylerde metal biriktirdiğini ve balıkların dokularındaki ortalama metal konsantrasyonlarını kuru ağırlık olarak solungaç, karaciğer ve kas dokularında; Cd düzeyleri sırasıyla 1.26-6.10, 0.96-4.72 ve 0.51-1.67 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında, Pb düzeyleri 9.41-44.75, 5.22-37.15 ve 2.94-13.73 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında, Cu düzeyleri 5.43-

58.63, 5.91-201.1 ve 3.27-7.35 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında, Cr düzeyleri 1.72-6.10, 0.23-5.35 ve 0.36-1.71 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değişim gösterdiğini, Ni için ise bu değişimlerin 6.83- 28.03, 3.42-27.05 ve 1.62-13.35 $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında olduğu bildirilmiştir. Bazı metallerin konsantrasyonlarının bazı dokularda insan tüketimi için kabul edilebilir düzeyleri aştığını belirtilmiştir [12].

Gediz Nehri (İzmir) sedimentinde bazı ağır metaller tayin edilmiş ve metal derişimlerinin Gediz Havzası'nın sanayi bölgelerinde yüksek olduğunu saptamıştır. Tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin yer aldığı yoğun yerleşim alanlarında Pb, Cr, Mn ve Cu derişimlerinin önemli boyut kazandığını bildirilmiştir [48].

Hatay'daki dört tatlı su kaynağından (Asi Nehri, Yenişehir Gölü, Kırıkhan Gölbaşı Gölü ve Tahta Köprü Barajı) alınan su ve sarı benlinin (*Carasobarbus luteus Heckel, 1843*) kas, karaciğer, solungaç ve deri dokusunda ağır metal düzeylerinin incelendiği çalışmada, ortalama değerlerde *C. luteus*'un ağır metal konsantrasyonlarının organlara göre değişken olduğu gözlenmiştir. Genel olarak karaciğer ve solungacın, kas dokudan daha yüksek metal birikimi gösterdiği ve kastaki birikimlerin su ürünleri için belirlenen tüketilebilirlik sınırlarının altında olduğu bildirmiştir [49].

Demirköprü Baraj gölü (Manisa) su, sediment, ve balık türlerinde ağır metal birikiminin mevsimsel değişiminin incelendiği çalışmada, *Cyprinus carpio*, yüzey suyu ve sedimentten alınan örneklerde ölçülen ağır metaller (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni ve Pb) genel olarak ulusal sağlık ajanslarının, Türk Standartları Enstitüsünün insan sağlığı için sınır kabul ettiği seviyeyi aşmadığı belirlenmiştir. Ağır metal değerleri yüzey suyunda $\text{Fe} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{Cd}$ şeklinde *Cyprinus carpio* örneklerinden kasta $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Cd}$, solungaçta $\text{Fe} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Cd}$ ve karaciğerde $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Cd}$ olarak bulunmuştur [50].

Büyük Menderes ve Gediz nehirlerinde (İzmir) yapılan çalışmada su örneklerinde Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn metallerinin yaz ve kış mevsiminde birikimini incelemişlerdir. Büyük Menderes Nehri'nde yazın Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 0.005, 0.011, 0.012, 0.65, 0.090; 0.010; 0.022; 0.056 ve kış mevsiminde 0.010; 0.013; 0.010; 0.58 (%); 0.098; 0.009; 0.020, 0.053 mg l^{-1} (Fe %, diğerleri mg l^{-1}) olduğu bildirmiştir. Gediz Nehri'nde ise yazın Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 0.007, 0.020, 0.013, 1.20 (%); 0.053, 0.013, 0.048, 0.08 ve kışın 0.011, 0.028, 0.011, 1.10 (%); 0.050, 0.011, 0.040, 0.076 mg l^{-1} (Fe %, diğerleri mg l^{-1}) olduğu bildirmiştir [51].

Pearl Nehri'ndeki sucul organizmalarda (balık, karides, yengeç ve molluska) bulunan iz elementlerin potansiyel kaynaklarını ve birikiminin araştırıldığı çalışmada; balıklardaki metal konsantrasyonlarında Cd için 0.01-0.13, Co için 0.02-0.48, Cr için 0.11-4.27, Cu için 0.15-7.55, Ni için 0.17-2.08, Pb için 0.09-30.7 ve Zn için 8.78-30.26 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak bulunmuştur. Karides, yengeç ve kabuklularda Cd balıklarda ise Pb yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur [52].

Macaristan'daki Balaton Gölü'nde yapılan çalışmada su ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarını ölçülmüş, sudaki Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonların aralıkları sırasıyla 0.064, 0.65, 0.46, 0.97, 0.002, 0.04 $\mu\text{g l}^{-1}$ ve sedimentteki Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonlarını sırasıyla 5.7-66, 160-760, 1.7-17, 4.4-55, 0.7-36, 13-150, 0.1-0.7; 2.4-160 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bulunmuştur [53].

Yeşilırmak Nehri'nden belirlenen farklı balık türleri ve sediment örneklerinde iz elementlerin belirlenmesi isimli çalışmada 2008-2009 arasında kirli olduğu düşünülen bölgeden 5 farklı balık türü ve sediment toplanmış, kirlenmediği düşünülen yerler kontrol noktası olarak adlandırılmış ve metal değişimleri gözlenmiştir. Standart sapma %10'nun altında bulunmuştur. Balık örneklerinde ki maksimum Fe, Zn, Cu, Pb, Mn, Ni ve Cd konsantrasyonları sırası ile 116, 63.5, 2.5, 0.56, 9.4, 10.2 ve 0.75 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Sedimentte ki maksimum metal maksimum metal Fe, Zn, Cu, Pb, Mn, Ni ve Cd konsantrasyonları sırası ile 3566, 463, 45., 38.7, 17.3 79.2 ve 0.55 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bazı türlerin ağır metalleri çok yüksek oranda biriktirdiği belirlenmiştir [54].

Kirlenmiş bir akarsudaki su ve sedimentte ağır metal değişiminin izlenmesi ve biyoalınabilirliği isimli çalışmada İspanyanın Huelva şehrinde Avrupa'nın en kirli nehirleri olarak bilinen Odiel ve Tinto nehirlerinde su sediment ve iki balık türünde Cu, Zn, Cd, Pb ve As in konsantrasyonlarını incelenmiştir. Metallerin bioalınabilirliğini ve sucul biyotaya olan etkilerini tahmin edebilmek için su ve sedimentte ağır metal ölçümü için özel bir yöntem geliştirilmiştir. Toplam ve çözünmüş Zn ve Cu yüksek kirlilik seviyelerinde suda rastlanmış diğer metaller Zn, Pb,As ise sedimentte rastlanmıştır. Sudan ve sedimentten metallerin alınabilirliği $\text{Cd} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb}$ olarak bulunmuştur. Buna ek olarak sediment ve sudaki metalle beraber dokulardaki metal birikimi ile ilgili kolerasyonları da görülmüştür. İki türün karaciğerinde de suda ve sedimentte de olduğu gibi yüksek oranda çinko bulunmuştur. Ayrıca incelenen iki türün dokularında

biriken metal miktarı ile suda bulunan metal miktarları arasında da bir ilişkinin olduğu saptanmıştır [55].

Tokat'ın göllerinde sedimette ve bazı balık türlerinde metal konsatrasyonlarının tespit edilmesinin amaçlandığı çalışmada Tokat ilinde bulunan bazı göllerden 2003-2004 yıllarında ilkbahardan yaza kadar sediment ve 5 farklı (*Cyprinus carpio*, *Capoeta tinca*, *Leiciscus cephalus*, *Carassius gibelio* ve *Silurus glanis*) balık türü alınmış ve AAS'de ölçülmüştür. Sediment örneklerinde ki maksimum metal değerleri Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr ve Ni de sırasıyla 2138, 232, 38.9, 8.2, 7.0, 10.7 ve 55.4 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Balık örneklerinde ki maksimum metal değerleri Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr ve Ni de sırasıyla 67, 48.6, 3.6, 2.8, 1.6, 64.3 ve 5.6 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur [56].

Brezilya'nın Piracicaba Bölgesinde yapılan bir çalışmada ağır metal alınımlarını belirlemek için 2008 yılının mart ve ekim ayları arasında 16 türden 202 adet balık yakalanmış ve ICP-OES cihazı ile Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Sr, ve Zn metallerinin dokularda meydana gelen birikimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda balıklarda yüksek oranlarda Al ve Sr'ya rastlanmıştır bu metallere nazaran daha az fakat yine de yüksek konsantrasyonlarda Cr, As, Zn, Ni, Mn ve Pb'a rastlanmıştır. Balıklarda metal miktarı toplanan zaman aralığında yağmurlu mevsimlerde daha yüksek oranda bulunmuştur. Ayrıca metal biriktirme kapasitesinin balıklarda türlere bağlı olarak farklılık gösterdiği ispatlanmıştır. Tropik bir kedi balığı olan *Hypostomus punctatus* da ve pirana olarak bilinen *Serrasalmus spilopleura* bütün metalleri *Prochilodus lineatus* a göre daha yüksek oranda biriktirdiği tespit edilmiştir. Birkaç tür ise metalleri çok az miktarda dokularında biriktirmişleridir. Sonuçlar göstermiştir ki Piracicaba Bölgesi ağır metal bakımından yüksek oranda kirlenme göstermektedir ve buradan tutulan balıklardaki ağır metal oranı insan sağlığı açısından endişe verici boyutlara ulaşmıştır [57].

İskenderun Körfezi'nin kirlenmiş ve kirlenmemiş bölgelerinden yakalanan gastropod türü *Patella caerulea* türünde ağır metal birikimi incelenmesinin amaçlandığı çalışmada 2008 yılının ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimlerinden toplanan numelerde sindirim bezi, solungaç ve kas dokusunda ağır metal birikimine bakılmış ve kirlenmiş bölgelerde ki ağır metallerin kirlenmemiş bölgelere oranla oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. En fazla ağır metale sindirim sisteminde ve solungaçta rastlanmıştır. Ağır metallerin ortalama olarak birikme oranı $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Pb} > \text{Co}$ şeklinde oluşmuştur.

Ayrıca aynı istasyonlardan alınan numunelerde farklı dokularda farklı oranlarda ağır metal biriktirdiği anlaşılmıştır [58].

Fransa Lot Nehrinde 1987-2007 yılları arasında nehirlerde tutulan balıklarda ağır metal birikimin değişiminin incelenmesi amacıyla Ekim 1987'den 2007'ye kadar belirlenmiş olan 3 istasyondan su, sediment ve balık örnekleri alınmıştır. 1987'den bu yana su sediment ve balık dokularındaki ağır metal birikimlerinde gözle görülen bir azalma meydana geldiği bulunmuştur. 2007 yılında elde edilen sonuçlara bakıldığında 1990'larda yapılmış olan bir çalışmayla paralellik gösterdiği görülmüştür. Lot Nehrinin önemi son iki yılda artmıştır bu yüzden nehirdeki akuatik yaşam bir ağır metal kirliliği ile karşı karşıyadır. Ayrıca 2007 yılında balık kasında ölçülmüş olan Cd insan sağlığı için üst sınır olarak kabul edilen değerin üzerindedir [59].

Kars Çayı'nda Siraz balıklarının kas dokusundaki metal birikimlerinin araştırıldığı çalışmada Fe, Zn, Co, Cr, Cu ve Cd değerlerini sırasıyla 8.22-16.33, 0.610-0.757, 0.0038-0.0373 , 0.0053-0.0140, 0.030-0.093 ve 0.0018-0.029 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak tespit edilmiştir [60].

Bu çalışmada da Yamula Baraj Göl'ünden belirlenmiş olan 5 farklı istasyonda su, sediment ve *Squalius cephalus* (L,1758) örneklerinde ağır metal birikiminin mevsimsel değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

4. BÖLÜM

MATERYAL-METOD

4. 1. Araştırma Alanı

Yamula Barajı, Kızılırmak Nehri üzerinde Kayseri'nin 25 km kuzeybatısında, Yemliha kasabası yakınlarında kuruludur. Yamula Barajı ve Hidroelektrik Santral Projesi, Yap-İşlet-Devret modeli ile yapılan, enerji ve sulama amaçlı Türkiye'nin önemli projelerinden birisidir. Barajda 27 Aralık 2003 tarihinde su tutulmaya başlanmıştır. Kaya gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi $1.582.000 \text{ m}^3$, akarsu yatağından yüksekliği 120 m., normal su kotunda göl hacmi 2025 hm^3 , normal su kotunda göl alanı $85,30 \text{ km}^2$ 'dir. Baraj 6.500 hektarlık bir alana sulama hizmeti verirken, 100 MW güç ile de yıllık 422 GWh'lik enerji üretimi yapmaktadır [61]. Aynı zamanda yöre halkının balıkçılık yaparak geçimini sağladığı Yamula Baraj Gölü'nde kafeste alabalık yetiştiriciliğide yapılmaktadır.

4.2. İstasyonlar

Araştırma Barajı en iyi temsil ettiği düşünülen 5 farklı istasyonda Nisan 2009- Ocak 2010 tarihleri arasında yürütülmüştür. Bu İstasyonların yerleri sırası ile Baraj Setinin tutulduğu yer olan Ebiç (1. İstasyon) Dadağı (2. İstasyon), Taşhan (3. İstasyon) Çevril (4. İstasyon) ve Baraj Gölü'nün son kısmı olan Kuşcu Kasabasıdır (5. İstasyon). İstasyonlardan mevsimleri temsil etmek üzere Temmuz, Ekim, Ocak ve Nisan aylarında örnekleme yapılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1 Yamula Barajından örnekleme yapılan istasyonlar

4.3. Materyal

Araştırma boyunca her mevsim için su ve sediment örnekleri alınmıştır. Tatlı su kefalı (*S. cephalus*) 5.istasyon olan Kuşçu'da kendi olanaklarımızla yakalanmıştır.

4.4. *Squalius cephalus* Hakkında Genel Bilgi

Vücut kalın yapılı ve yanlardan çok hafif basıktır. Baş büyük, geniş ve üstten bakıldığında yuvarlağımsı görünüştedir. Genellikle baş boyu vücut yüksekliğine eşit veya daha küçüktür. Gözler küçük olup interorbiter mesafe göz çapından 2-2,5 defa daha büyüktür. Ağız geniş ve hafif eğik yapıda olup, arka köşeleri gözlerin anterior kenarına kadar uzanmaz. Çeneler birbirine eşit uzunluktadır. Dişlerinin uç kısımları çengel şeklinde kıvrık ve hafif tırtıklıdır. Dorsal yüzgecin serbest kenarı düz veya çok hafif yuvarlaktır ve daima 8 dallanmış ışın taşır. Anal yüzgeç kuyruğa kadar uzanmaz ve özellikle ergin fertlerde serbest kenarı daima yuvarlaktır. Kuyruk yüzgeci hafif girintili ve loplarının ucu kısmen yuvarlaktır. Boyları en fazla 80 cm ağırlığı ise 4 kg kadar olabilir.

Renk, vücudun sırt kısmında koyu olup, mavi-yeşil renkte metalik yansımalar gösterir. Bu koyu renk yan taraflara doğru gittikçe açılır ve karın kısmında sarı-beyaz bir

görünüş kazanır. Genellikle dorsal, kavdal ve pektoral yüzgeçler renksiz; ventraller ve anal ise portakal sarısı rengindedir. Vücudu örten her bir pulun özellikle posterior kısımlarında küçük ve siyah pigment taneleri bulunur. Omnivor karakterli olan bu balıklar her çeşit sucul böcekleri, kurtları, molluskları, balık yumurtalarını, çeşitli su bitkilerini ve tohumlarını yiyerek yaşarlar. Çok yaşlı bireyler ise, tamamen predatör özellik kazanır ve bilhassa çeşitli balıkların genç yavrularıyla beslenirler. Yumurtlama mevsimi Nisan-Haziran ayları arasına rastlar [33].

4.5. Metod

Çalışmalara başlamadan önce, herhangi bir bulaşmanın olmaması için kullanılan bütün malzemeler %0,69'luk HNO_3 ve deiyonize su ile hazırlanan yıkama suyundan geçirilip etüvde kurutulmuştur. Su örnekleri 0.5 m derinden 1 lt' lik cam şişelere alındı. Cam şişe daha önceden %10'luk HNO_3 'de 1 gece bekletildi ve örnekleme alanında cam şişeler 2 kez göl suyu ile yıkandı. Daha sonra laboratuvara getirilen su örneklerinden falcon tüpe 9 ml alınmış ve 1 ml HNO_3 ilave edilmiş analize kadar buzdolabında bekletilmiştir [80]. Sediment her istasyondan yaklaşık kıydan 1.5 metre uzaktan ve yüzeyden yaklaşık 15 cm derinlikten alındı. Laboratuvara getirilen sediment örnekleri 7 gün boyunca oda sıcaklığında ve aralıklı olarak karıştırılarak kurutuldu, kurutulan örnekler porselen havanda iyice dövülüp toz haline getirilmiş ve 2 mm'lik elek ile elenmiştir[2]. Daha sonra bu elenmiş sedimentlerden CEM MARS marka mikrodalga çözme cihazının kaplarına 0.5 g. alınıp 10 ml % 65' lik HNO_3 (Merck) eklenerek kapakları kapatılmıştır. Mikrodalgada 180 °C ve 200 PSI'de çözündürülmüştür. Cihazın 180 °C' ye ulaşabilmesi için 20 dakika, çözünme için 10 dakika, soğuma aşaması ise 5 dakika olarak belirlenmiştir.

Çözme işlemi için geçen toplam süre 35 dakika olmasına karşın örneklerin bulunduğu mikrodalga çözme kaplarının tamamen soğuyup dışarı çıkarılması için geçen süre daha fazla olmaktadır. Kapların kapaklarının sıcakken açılmaması gerekmektedir. Açılması halinde ise nitrik asidin buharı ile örneklerdeki ağır metal düzeylerinde kayıplar olabilmektedir. Bozundurulmuş örnekler, mavi bant filtre kâğıdından geçirilerek polietilen şişelere alınmış daha sonra çift distile su ile örnekle 25 ml'ye tamamlanarak Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometer (ICP-MS)'de ölçümler yapılınca kadar +4 °C' de saklanmıştır.

Balıklar ise belirtilen tarihler arasında hem kendi imkânlarımız ile yakalanmış hemde yöredeki balıkçılardan yardım alınmıştır. Analizler için bölgede gıda olarak çok tüketilen büyüklükteki örnekler seçilmiştir. Deneylerde kullanılacak örneklerin yaklaşık aynı büyüklükte olmasına dikkat edilmiştir (Tablo 6.15). Analiz işlemlerine başlanmadan balıklar önce çeşme suyu daha sonra saf su ile yıkanarak üzerlerindeki kalıntılardan arındırılmıştır. Temiz bir havlu ile kurulanıp boy ve ağırlıkları ölçülmüştür. Ağır metal analizlerinde kullanılan balıkların boy ve ağırlıkları Tablo 6.15’de verilmiştir. Daha sonra, pens ve bistürü yardımıyla diseksiyonu yapılan balıkların kas, karaciğer ve solungaçlarından yeteri ayrılmış ve örnekler 2 gün boyun etüvde 80 °C de kurutulmuştur. Kurutulan örneklerden yaklaşık 0.5 g. alınıp mikrodalga cihazının kaplarına konmuştur. Üzerine 10 ml %65’lik nitrik asit (extra pure) ilave edilerek kapakları kapatılmıştır. Cihazda örnekler 200 °C’ de bozundurulmuştur. Sedimentte belirlenen mikrodalga çözme yöntemi balık örneklerine de uygulanmıştır. Bozundurulmuş balık örnekleri mavi bant filtre kâğıtlarından süzülerek polietilen şişelere alınmış daha sonra çift distile su ile örnekler 25 ml’ye tamamlanarak ICP’ de ölçümler yapılınca kadar +4 °C’ de saklanmıştır.

Numune analizleri Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) ‘nde bulunan ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. ICP-MS cihazı dedeksiyon limitleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 4. 1. ICP-MS dedeksiyon limitleri

Element	Algılama limiti (ppm)
Krom (Cr)	6.775×10^{-5}
Mangan (Mn)	1.090×10^{-4}
Nikel (Ni)	1.66×10^{-4}
Bakır (Cu)	8.22×10^{-4}
Çinko (Zn)	8.408×10^{-4}
Kadmiyum(Cd)	4.435×10^{-5}
Kurşun (Pb)	1.625×10^{-4}

4.6. İstatistiksel Veri Analizi

Veriler 3 tekrarın standart sapması ile birlikte ortalamaların göstermektedir. Değerlerin normal dağılımını ve homojenitesini kontrol etmek için Kolmogrov- Simirnov ve Levene's testi yapıldı. Heterojenitenin belirlendiği durumlarda logaritmik dönüşüm ($\ln(x+1)$) yapıldı ve homojenite yeniden değerlendirildi. Mevsimler ve istasyonlar arasındaki farkın önemliliğini test etmek için tek yönlü varyans analizi yapıldı.

Tüm istatistiksel analizler SPSS 15.0 paket programı ile yapıldı. Önemlilik derecesi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

5. BÖLÜM

BULGULAR

5.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

5.1.1 Krom (Cr)

Su örneklerindeki Cr konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre değerleri ve önemlilik test sonuçları Tablo 6.1’de verilmiştir. Buna göre Cr yoğunluğu mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde en düşük yazın 2. istasyonda ($0,242 \text{ mg l}^{-1}$), en yüksek ise ($0,288 \text{ mg l}^{-1}$) ile ilkbaharda 5. istasyonda ölçülmüştür.

Tablo 5. 1. Su örneklerindeki ortalama Cr değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT±S.D
İlkbahar	$0,26 \pm 0,01^{Aa*}$	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	-	$0,28 \pm 0,02^{Aa}$	$0,27 \pm 0,01^A$
Yaz	$0,27 \pm 0,01^A$	$0,24 \pm 0,01^{Aa}$	$0,25 \pm 0,01^{Aa}$	$0,28 \pm 0,01^{Aa}$	$0,27 \pm 0,01^{Aa}$	$0,27 \pm 0,02^A$
Sonbahar	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	$0,27 \pm 0,01^{Aa}$	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	$0,27 \pm 0,01^{Aa}$	$0,27 \pm 0,01^{Aa}$	$0,27 \pm 0,01^A$
Kış	$0,27 \pm 0,01^{Aa}$	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	$0,26 \pm 0,01^{Aa}$	$0,27 \pm 0,01^A$
İ.ORT±S.D	$0,27 \pm 0,01^a$	$0,26 \pm 0,01^a$	$0,26 \pm 0,01^a$	$0,28 \pm 0,01^a$	$0,27 \pm 0,01^a$	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$).

Tablodan da görülebileceği gibi gerek mevsimler arasında gerekse istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

5.1.2. Mangan (Mn)

Su örneklerindeki Mn konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre değişimi Tablo 5.2’de verilmiştir. Tablodan da görülebileceği üzere en düşük Mn konsantrasyonu ilkbaharda 1. istasyonda ($0,092 \text{ mg l}^{-1}$) olarak en yüksek ise yazın 3. istasyonda ($1,25 \text{ mg l}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. 2. Su örneklerindeki ortalama Mn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

Mevsim	İSTASYON					Y.ORT±S.D
	1	2	3	4	5	
İlkbahar	$0,09\pm0,005^{Aa}$	$0,09\pm0,007^{Aa}$	$0,25\pm0,01^{Ab}$	-	$0,26\pm0,02^{Ab}$	$0,18\pm0,08^A$
Yaz	$1,1\pm0,05^{Cb}$	$0,99\pm0,04^{Cb}$	$1,25\pm0,05^{Cc}$	$0,80\pm0,05^{Ba}$	$1,01\pm0,03^{Cb}$	$1,04\pm0,15^B$
Sonbahar	$0,16\pm0,01^{Ab}$	$0,12\pm0,003^{Aa}$	$0,14\pm0,002^{Aab}$	$0,12\pm0,001^{Aa}$	$0,16\pm0,01^{Ab}$	$0,14\pm0,01^A$
Kış	$0,30\pm0,01^{Bd}$	$0,71\pm0,04^{Bc}$	$0,11\pm0,001^{Ba}$	$0,11\pm0,006^{Aa}$	$0,19\pm0,01^{Bb}$	$0,29\pm0,2^A$
İ.ORT±S.D	$0,42\pm0,425^a$	$0,48\pm0,403^a$	$0,44\pm0,491^a$	$0,35\pm0,345$	$0,41\pm0,369^a$	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

İstasyonlardaki ortalama Mn seviyeleri incelendiğinde istatistiksel açıdan bir fark bulunamamıştır. Ancak mevsimler arasındaki Mn seviyelerine bakıldığında yaz mevsiminde ölçülen Mn konsantrasyonunun diğer mevsimlerden yüksek olduğu belirlenmiştir.

5.1.3. Nikel (Ni)

Tablo 5.3’e göre en düşük Ni konsantrasyonu kışın 2. istasyonda ($0,17 \text{ mg l}^{-1}$) en yüksek ise sonbaharda 5. istasyonda ($0,64 \text{ mg l}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardaki ortalama Ni seviyelerinde bakıldığında konsantrasyonun en düşük 1. istasyonda en yüksek ise 5. istasyonda gerçekleştiği görülmektedir.

Ayrıca yaz ayı örneklemelerindeki Ni değerlerinin istatistiksel olarak diğer mevsimlerden yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. 3. Su örneklerindeki ortalama Ni değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

Mevsim	İSTASYON					Y.ORT $\pm$ S.D
	1	2	3	4	5	
İlkbahar	0,17 $\pm$ 0,01 ^{Aa*}	0,572 $\pm$ 0,01 ^{Bb}	0,18 $\pm$ 0,008 ^{Aa}	0,17 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,17 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,25 $\pm$ 0,16 ^A
Yaz	0,2 $\pm$ 0,03 ^{Ca}	0,45 $\pm$ 0,01 ^{Bc}	0,5 $\pm$ 0, 01 ^{Bc}	0,38 $\pm$ 0,01 ^{Bb}	0,52 $\pm$ 0,01 ^{Bd}	0,42 $\pm$ 0,12 ^B
Sonbahar	0,18 $\pm$ 0,01 ^{ABa}	0,18 $\pm$ 0,03 ^{Aa}	0,18 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,19 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,64 $\pm$ 0,01 ^{Cb}	0,28 $\pm$ 0,18 ^A
Kış	0,19 $\pm$ 0,01 ^{BCa}	0,17 $\pm$ 0,08 ^{Aa}	0,19 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,17 $\pm$ 0,03 ^{Aa}	0,19 $\pm$ 0,008 ^{Aa}	0,19 $\pm$ 0,01 ^A
İ.ORT$\pm$S.D	0,19 $\pm$ 0,01 ^a	0,35 $\pm$ 0,18 ^{ab}	0,27 $\pm$ 0,14 ^{ab}	0,23 $\pm$ 0,09 ^{ab}	0,38 $\pm$ 0,21 ^b	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

5.1.4. Bakır (Cu)

Su örneklerindeki Cu konsantrasyonunun mevsimler ve istasyonlara göre değişimi Tablo 5.4’de verilmiştir. En düşük Cu konsantrasyonuna en düşük (0,23 mg l^{-1}) ile ilkbahar 1. istasyonda en yüksek konsantrasyonuna ise (2,74 mg l^{-1}) ile yazın 5. istasyonda rastlanmıştır.

Tablo 5. 4. Su örneklerindeki ortalama Cu değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

Mevsim	İSTASYON					Y.ORT $\pm$ S.D
	1	2	3	4	5	
İlkbahar	0,23 $\pm$ 0,01 ^{Aa*}	0,24 $\pm$ 0,01 ^{Aab}	0,28 $\pm$ 0,01 ^{Ab}	0,25 $\pm$ 0,01 ^{Aab}	0,24 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,25 $\pm$ 0,02 ^A
Yaz	1,51 $\pm$ 0,07 ^{Dc}	0,37 $\pm$ 0,01 ^{Ba}	0,53 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	1,09 $\pm$ 0,07 ^{Db}	2,74 $\pm$ 0,10 ^{Bd}	1,25 $\pm$ 0,88 ^B
Sonbahar	0,54 $\pm$ 0,03 ^{Ca}	0,64 $\pm$ 0,04 ^{Ca}	0,82 $\pm$ 0,04 ^{Cb}	0,94 $\pm$ 0,05 ^{Cb}	1,26 $\pm$ 0,07 ^{Cc}	0,85 $\pm$ 0,26 ^B
Kış	0,39 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,34 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,46 $\pm$ 0,01 ^{Ab}	0,39 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,34 $\pm$ 0,05 ^{Aa}	0,39 $\pm$ 0,04 ^A
İ.ORT$\pm$S.D	0,525 $\pm$ 0,15 ^{ab}	0,157 $\pm$ 0,04 ^a	0,205 $\pm$ 0,05 ^{ab}	0,374 $\pm$ 0,1 ^{ab}	1,049 $\pm$ 0,30 ^b	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

İstasyonlardaki ortalama Cu seviyelerine bakıldığında ise en düşük konsantrasyona 2. istasyonda en yüksek konsantrasyonda 5. İstasyonda rastlanmıştır. İstasyonlar arasındaki sıralama ise $2 < 1 \approx 3 \approx 4 < 5$ olarak bulunmuştur.

Mevsimlere ait ortalama Cu seviyelerindeki değişime bakıldığında ise sonbahar ve yaz mevsimlerinin istatistiksel olarak birbirine eşit fakat diğer mevsimlere oranla yüksek bulunmuştur.

5.1.5. Çinko (Zn)

Mevsimlere ve istasyonlara göre Zn konsantrasyonunun değişimi ve önem seviyesi sonuçları Tablo 5.5’de verilmiştir. Buna göre en düşük konsantrasyona ($0,59 \text{ mg l}^{-1}$) ile ilkbaharda 1. istasyonda. en yüksek konsantrasyon ise ($5,05 \text{ mg l}^{-1}$) ile yazın 4. istasyonda olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. 5. Su örneklerindeki ortalama Zn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

Mevsim	İSTASYON					Y.ORT±S.D
	1	2	3	4	5	
İlkbahar	$0,59 \pm 0,03^{Aa*}$	$0,71 \pm 0,04^{Ab}$	$0,79 \pm 0,04^{Ac}$	$0,63 \pm 0,02^{Aab}$	$0,61 \pm 0,05^{Aab}$	$0,67 \pm 0,085^A$
Yaz	$2,58 \pm 0,13^{Db}$	$1,26 \pm 0,06^{Ca}$	$4,91 \pm 0,2^{Bd}$	$5,05 \pm 0,36^{Cd}$	$4,25 \pm 0,15^{Cc}$	$3,61 \pm 1,530^B$
Sonbahar	$0,9 \pm 0,05^{Ba}$	$1,02 \pm 0,07^{Ba}$	$0,85 \pm 0,05^{Aa}$	$2,58 \pm 0,16^{Bb}$	$0,95 \pm 0,05^{Ba}$	$1,26 \pm 0,688^A$
Kış	$1,11 \pm 0,05^{Cd}$	$0,71 \pm 0,04^{Aab}$	$0,84 \pm 0,03^{Abc}$	$0,71 \pm 0,03^{Aac}$	$0,92 \pm 0,05^{Bc}$	$0,86 \pm 0,159^A$
İ.ORT±S.D	$1,3 \pm 0,800^a$	$0,93 \pm 0,245^a$	$1,85 \pm 1,849^a$	$2,25 \pm 1,886^a$	$1,69 \pm 1,555^a$	

Tablodan da görülebileceği gibi istasyonların ortalama Zn konsantrasyonu bakımından anlamlı herhangi bir farklılık tespit edilemedi ancak Zn konsantrasyonunun diğer mevsimlere oranla yüksek olduğu belirlendi.

5.1.6. Kadmiyum (Cd)

Cd konsantrasyonunun istasyonlar ve mevsimlere göre değişimi Tablo 5.6'de verilmiştir. en düşük Cd konsantrasyonu ilkbaharda 1. istasyonda ($0,16 \text{ mg l}^{-1}$) olarak en yüksek ise yazın 3. istasyonda ($0,183 \text{ mg l}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. 6. Su örneklerindeki ortalama Cd değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

Mevsim	İSTASYON					Y.ORT±S.D
	1	2	3	4	5	
İlkbahar	$0,16 \pm 0,008^{\text{Aa}*}$	$0,164 \pm 0,011^{\text{Aa}}$	$0,165 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,164 \pm 0,006^{\text{Aa}}$	$0,164 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,16 \pm 0,009^{\text{A}}$
Yaz	$0,177 \pm 0,009^{\text{Aa}}$	$0,167 \pm 0,008^{\text{Aa}}$	$0,183 \pm 0,008^{\text{Aa}}$	$0,160 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,167 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,17 \pm 0,011^{\text{A}}$
Sonbahar	$0,166 \pm 0,009^{\text{Aa}}$	$0,166 \pm 0,012^{\text{Aa}}$	$0,168 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,169 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,167 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,16 \pm 0,009^{\text{A}}$
Kış	$0,166 \pm 0,008^{\text{Aa}}$	$0,169 \pm 0,011^{\text{Aa}}$	$0,166 \pm 0,007^{\text{Aa}}$	$0,166 \pm 0,1^{\text{Aa}}$	$0,168 \pm 0,01^{\text{Aa}}$	$0,16 \pm 0,008^{\text{A}}$
İ.ORT±S.D	$0,17 \pm 0,009^{\text{a}}$	$0,16 \pm 0,009^{\text{a}}$	$0,17 \pm 0,008^{\text{a}}$	$0,16 \pm 0,009^{\text{a}}$	$0,17 \pm 0,008^{\text{a}}$	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$).

Cd konsantrasyonu gerek istasyonlar gerekse mevsimler arasında önemli bir fark tespit edilememiştir.

5.1.7. Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonunun mevsimsel ve istasyonlara göre değişimi ve önemlilik test sonuçları Tablo 5.7'de verilmiştir. Buna göre en düşük Pb konsantrasyonu ilkbaharda 1. istasyonda ($0,27 \text{ mg l}^{-1}$) en yüksek olarak ise yazın 3. istasyonda ($0,7 \text{ mg l}^{-1}$) ölçülmüştür.

Tablodan da görülebileceği gibi Pb bakımında istasyonlar arasında istatistikî olarak önemli bir farklılık bulunamadı. Ancak, yaz mevsiminin ortalamasının diğer mevsimlerden büyük olduğu, ilkbahar ortalamasının ise diğer mevsimlerden küçük olduğu tespit edildi. Sonbahar ve kış mevsimi ortalamaları arasında önemli bir fark bulunamadı ($p < 0,05$).

Tablo 5. 7. Su örneklerindeki ortalama Pb değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı(mg l^{-1})

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT $\pm$ S.D
İlkbahar	0,27 $\pm$ 0,01 ^{Aa*}	0,27 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,3 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,28 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,27 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,28 $\pm$ 0,01 ^A
Yaz	0,7 $\pm$ 0,03 ^{Ca}	0,6 $\pm$ 0,03 ^{Ca}	0,62 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,44 $\pm$ 0,03 ^{Ca}	0,53 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,58 $\pm$ 0,09 ^C
Sonbahar	0,35 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,3 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,35 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,37 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,34 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,35 $\pm$ 0,02 ^B
Kış	0,4 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,4 $\pm$ 0,02 ^{Ba}	0,30 $\pm$ 0,01 ^{Aa}	0,32 $\pm$ 0,01 ^{ABa}	0,36 $\pm$ 0,02 ^{Aa}	0,36 $\pm$ 0,04 ^B
İ.ORT$\pm$S.D	0,43 $\pm$ 0,17 ^a	0,40 $\pm$ 0,13 ^a	0,40 $\pm$ 0,13 ^a	0,35 $\pm$ 0,06 ^a	0,38 $\pm$ 0,1 ^a	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

5.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

5.2.1 Krom (Cr)

Cr konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.8'de verilmiştir. Buna göre Cr konsantrasyonu mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde en düşük yazın 1. istasyonda ($2,61 \mu\text{g g}^{-1}$) en yüksek ise yazın 5. istasyonda ($19,88 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak bulunmuştur.

Tablo 5. 8. Sediment örneklerindeki Cr değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT $\pm$ S.D
İlkbahar	3,84 $\pm$ 0,19 ^{Ba*}	9,99 $\pm$ 0,66 ^{BCc}	4,94 $\pm$ 0,30 ^{Aa}	10,36 $\pm$ 0,31 ^{Bc}	6,64 $\pm$ 0,53 ^{Ab}	7,16 $\pm$ 2,74 ^A
Yaz	2,61 $\pm$ 0,18 ^{Aa}	7,98 $\pm$ 0,47 ^{Ab}	11,42 $\pm$ 0,48 ^{Cc}	8,37 $\pm$ 0,67 ^{Ab}	19,88 $\pm$ 0,73 ^{Bd}	10,05 $\pm$ 5,89 ^A
Sonbahar	5,07 $\pm$ 0,21 ^{Ca}	10,53 $\pm$ 0,52 ^{Cb}	10,53 $\pm$ 0,58 ^{Cb}	10,63 $\pm$ 0,45 ^{Bb}	17,86 $\pm$ 1,07 ^{Cc}	10,93 $\pm$ 4,25 ^A
Kış	7,13 $\pm$ 0,35 ^{Dc}	8,49 $\pm$ 0,6 ^{ABa}	8,46 $\pm$ 0,6 ^{Ba}	8,81 $\pm$ 0,69 ^{Aa}	5,39 $\pm$ 0,33 ^{Ab}	7,66 $\pm$ 1,38 ^A
İ.ORT$\pm$S.D	4,67 $\pm$ 1,75 ^a	9,25 $\pm$ 1,19 ^b	8,84 $\pm$ 2,64 ^b	9,55 $\pm$ 1,11 ^b	12,44 $\pm$ 6,79 ^b	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

İstasyonlardaki ortalama Cr değerlerine bakıldığında en düşük konsantrasyonun 1.istasyonda olduğu gözlenmiş olup bu istasyondaki seviyenin diğer istasyonlara göre istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Ancak; mevsimler arasında ortalama Cr seviyelerine bakıldığında istatistiksel açıdan bir fark görülememiştir.

5.2.2 Mangan (Mn)

Mn konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.9'da verilmiştir. Buna göre Mn konsantrasyonu mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde en düşük ilkbaharda 4. istasyonda ($45,89 \mu\text{g g}^{-1}$) en yüksek ise yazın 5. istasyonda ($341,03 \mu\text{g g}^{-1}$) olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 9. Sediment örneklerindeki Mn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT±S.D
İlkbahar	98,37±4,91 ^{Cbc*}	111,45±7,46 ^{Bc}	45,8±2,8 ^{Aa}	106,5±3,19 ^{Ac}	91,67±7,42 ^{Ab}	90,7±24,72 ^A
Yaz	78,14±5,47 ^{ABa}	93,83±5,53 ^{Aa}	195,1±8,19 ^{Dc}	128,2±10,39 ^{Bb}	341,03±12,61 ^{Cd}	167,2±99,37 ^B
Sonbahar	72,13±3,03 ^{Aa}	113,96±5,69 ^{Bb}	112,5±6,18 ^{Cb}	97,03±6,01 ^{Ab}	245,51±14,73 ^{Bc}	128,2±63,04 ^{AB}
Kış	84,24±4,21 ^{Ba*}	79,6±5,65 ^{Aa}	68,3±4,85 ^{Ba}	133,21±6,92 ^{Bb}	119,4±7,4 ^{Ab}	96,9±26,26 ^A
İ.ORT±S.D	83,23±10,87 ^a	99,72±15,49 ^a	105,46±59,7 ^a	116,2±16,7 ^a	199,41±105,11 ^b	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

İstasyonlardaki ortalama Mn konsantrasyonlarına bakıldığı zaman bütün diğer istasyonlardan farklı ve en yüksek birikimin 5.istasyonda olduğu bulunmuştur.

Mevsimler arasındaki Mn seviyelerinde bakıldığında, en yüksek yoğunluğun yaz mevsiminde olduğu gözlenmiş olup, bu mevsimdeki seviyenin diğer mevsimlere göre istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir.

5.2.3 Nikel (Ni)

Ni konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.10'da verilmiştir. Buna göre Ni konsantrasyonu mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde en düşük yazın 1. istasyonda ($3,75 \mu\text{g g}^{-1}$) en yüksek ise yazın 5. istasyonda ($42,67 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardaki ortalama Ni değerlerine bakıldığında en yüksek yoğunluğun 5. istasyonda olduğu gözlenmiş olup bu istasyondaki seviyenin diğer istasyonlara göre istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Ancak; mevsimler arasında ortalama Ni seviyelerine bakıldığında istatistiksel açıdan bir fark görülememiştir.

Tablo 5. 10. Sediment örneklerindeki Ni değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT±S.D
İlkbahar	5,44±0,27 ^{Ba}	17,66±1,18 ^{Bc}	21,29±1,3 ^{Ad}	7,03±0,21 ^{Aab}	8,55±0,69 ^{Ab}	12±6,55 ^A
Yaz	3,75±0,26 ^{Aa}	12,73±0,75 ^{Ab}	13,75±0,57 ^{Bb}	22,2±1,27 ^{Bc}	42,67±1,57 ^{Cd}	19,02±13,68 ^A
Sonbahar	7,49±0,31 ^{Ca}	18,38±0,91 ^{Bb}	19,41±1,06 ^{Ab}	20,60±1,79 ^{Bb}	34,43±2,06 ^{Bc}	20,07±8,94 ^A
Kış	12,15±0,6 ^{Dc}	13,38±0,95 ^{Ad}	15,23±1,08 ^{Bab}	13,9±0,72 ^{Cb}	9,5±0,59 ^{Aa}	12,84±2,11 ^A
İ.ORT±S.D	7,21±3,3 ^a	15,54±2,74 ^{ab}	17,43±3,3 ^{ab}	15,93±6,35 ^{ab}	23,79±15,76 ^b	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

5.2.4. Bakır(Cu)

Cu konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.11'de verilmiştir. Buna göre Cu konsantrasyonu mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde en düşük yazın 1. istasyonda ($4,74 \mu\text{g g}^{-1}$) en yüksek ise yazın 5. istasyonda ($12,5 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçüldüğü görülmektedir.

İstasyonlardaki ortalama Cu değerlerine bakıldığında 1. ve 2. İstasyon arasında fark bulunamazken bütün istasyonlardan farklı olarak en yüksek miktara 3. İstasyoda rastlanmıştır. Ancak; mevsimler arasında ortalama Cu seviyelerine bakıldığında istatistiksel açıdan bir fark bulunamamıştır.

Tablo 5. 11. Sediment örneklerindeki Cu değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT $\pm$ S.D
İlkbahar	6,99 $\pm$ 0,35 ^{Aa}	6,56 $\pm$ 0,44 ^{ABa}	8,42 $\pm$ 0,51 ^{Bc}	7,65 $\pm$ 0,23 ^{Bb}	6,96 $\pm$ 0,56 ^{Ab}	7,32 $\pm$ 0,771 ^A
Yaz	4,74 $\pm$ 0,33 ^{Ca}	5,66 $\pm$ 0,33 ^{Aa}	6,32 $\pm$ 0,26 ^{Aa}	7,5 $\pm$ 0,6 ^{Ba}	12,5 $\pm$ 0,46 ^{Cb}	7,35 $\pm$ 2,848 ^A
Sonbahar	5,82 $\pm$ 0,24 ^{Ba}	6,39 $\pm$ 0,32 ^{Aa}	12,34 $\pm$ 0,67 ^{Cb}	5,48 $\pm$ 0,34 ^{Aa}	9,33 $\pm$ 0,56 ^{Bbc}	7,88 $\pm$ 2,734 ^A
Kış	82,83 $\pm$ 4,14	7,61 $\pm$ 0,54 ^{Ba}	10,85 $\pm$ 0,77 ^{Cb}	7,57 $\pm$ 0,39 ^{Ba}	6,71 $\pm$ 0,41 ^{Aa}	8,19 $\pm$ 1,716 ^A
İ.ORT$\pm$S.D	5,86 $\pm$ 1,011 ^a	6,56 $\pm$ 0,812 ^a	9,49 $\pm$ 2,452 ^c	7,05 $\pm$ 1,014 ^{ab}	8,88 $\pm$ 2,470 ^{bc}	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

5.2.5. Çinko (Zn)

Zn konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.12’de verilmiştir. Buna göre Zn konsantrasyonu mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde en düşük konsantrasyon ilkbaharda 4. istasyonda ($6,79 \mu\text{g g}^{-1}$) en yüksek ise yazın 4. istasyonda ($33,92 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçüldüğü görülmektedir.

Tablo 5. 12. Sediment örneklerindeki Zn değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT $\pm$ S.D
İlkbahar	6,5 $\pm$ 0,32 ^{Aa*}	12,21 $\pm$ 0,81 ^{Ab}	19,56 $\pm$ 1,19 ^{Bb}	6,80 $\pm$ 0,20 ^{Aa}	10,0 $\pm$ 1,81 ^{Ab}	11,02 $\pm$ 4,97 ^A
Yaz	8,11 $\pm$ 0,56 ^{Aa}	13,27 $\pm$ 0,78 ^{Aa}	9,01 $\pm$ 0,37 ^{Aa}	33,93 $\pm$ 2,7 ^{Cb}	32,85 $\pm$ 1,21 ^{Bb}	19,43 $\pm$ 11,96 ^{AB}
Sonbahar	11,52 $\pm$ 0,48 ^{Aa}	13,51 $\pm$ 0,67 ^{Aa}	17,34 $\pm$ 0,95 ^{Ab}	9,62 $\pm$ 0,59 ^{Aa}	10,6 $\pm$ 2,63 ^{Aa}	12,52 $\pm$ 2,88 ^{AB}
Kış	66,79 $\pm$ 3,33 ^{Bb}	13,25 $\pm$ 0,94 ^{Aa}	17,74 $\pm$ 1,25 ^{Aa}	13,5 $\pm$ 4,7 ^{Ba}	12,9 $\pm$ 4,8 ^{Aa}	24,85 $\pm$ 21,82 ^B
İ.ORT$\pm$ S.D	23,23 $\pm$ 26,37 ^a	13,06 $\pm$ 0,86 ^a	15,91 $\pm$ 4,34 ^a	15,97 $\pm$ 11,1 ^a	16,60 $\pm$ 9,89 ^a	

*: Büyük harfler mevsimler arası (satırlar), küçük harfler istasyonlar arası (sütunlar) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

İstasyonlar arasındaki ortalama Zn seviyelerine bakıldığında istatistiksel açıdan bir fark bulunamamıştır. Ancak mevsimlerde meydana gelen ortalama Zn seviyesinde yaz ve son bahar aylarında bir fark bulunamazken en düşük birikimin ilk baharda en yüksek birikimin ise kış mevsiminde meydana geldiği görülmektedir.

5.2.6. Kadmiyum (Cd)

Cd konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.13'de verilmiştir. Buna göre Cd konsantrasyonu mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde en düşük yazın 1 istasyonda ($3,74 \mu\text{g g}^{-1}$) en yüksek ise kışın 3.istasyonda ($4,81 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçüldüğü görülmektedir.

Tablo 5. 13. Sediment örneklerindeki Cd değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Mevsim	İSTASYON					Y.ORT±S.D
	1	2	3	4	5	
İlkbahar	$4,54 \pm 0,22^{Aa*}$	$4,32 \pm 0,28^{Aa}$	$4,24 \pm 0,15^{Aa}$	$4,24 \pm 0,12^{Aa}$	$4,52 \pm 0,36^{Aa}$	$4,43 \pm 0,261^B$
Yaz	$3,74 \pm 0,26^Aa$	$4,42 \pm 0,26^{Aa}$	$4,03 \pm 0,16^{Aa}$	$4,04 \pm 0,32^{Aa}$	$3,94 \pm 0,14^{Aa}$	$4,03 \pm 0,307^A$
Sonbahar	$4,81 \pm 0,2^{Aa}$	$4,76 \pm 0,23^{Aa}$	$4,62 \pm 0,25^{Aa}$	$4,54 \pm 0,28^{Aa}$	$4,74 \pm 0,28^{Aa}$	$4,69 \pm 0,238^B$
Kış	$4,61 \pm 0,23^{Aa}$	$4,49 \pm 0,31^{Aa}$	$4,81 \pm 0,34^{Aa}$	$4,39 \pm 0,28^{Aa}$	$4,26 \pm 0,26^{Aa}$	$4,51 \pm 0,308^B$
İ.ORT±S.D	$4,42 \pm 0,46^a$	$4,5 \pm 0,29^a$	$4,5 \pm 0,37^a$	$4,3 \pm 0,29^a$	$4,36 \pm 0,38^a$	

İstasyonlardaki ortalama Cd seviyelerinde bakıldığında istasyonlar arasında bir farklılık bulunamamıştır.

Mevsimler arasındaki Cd seviyelerinde bakıldığında, en düşük yoğunluğun yaz mevsiminde olduğu gözlenmiş olup, bu aydaki seviyenin diğer aylara göre istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir.

5.2.7. Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.14'de verilmiştir. Buna göre Pb konsantrasyonu mevsim ve istasyonlara göre

incelendiğinde en düşük yazın 1 istasyonda ($4,74 \mu\text{g g}^{-1}$) en yüksek ise kışın 3. istasyonda ($12,14 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçüldüğü görülmektedir.

İstasyonlardaki ortalama Pb seviyelerinde bakıldığında istasyonlar arasında istatistikî olarak herhangi bir fark gözlenmemiştir. Ancak mevsimler arasındaki ortalama Pb birikimine bakıldığı zaman istatistikî olarak en fazla birikimin kış mevsiminde olduğu diğer mevsimlerden farklı olduğu bulunmuştur.

Tablo 5. 14. Sediment örneklerindeki Pb değerlerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İSTASYON						
Mevsim	1	2	3	4	5	Y.ORT±S.D
İlkbahar	$7,52 \pm 0,37^{\text{Ba*}}$	$8,76 \pm 0,58^{\text{Aa}}$	$10,14 \pm 0,61^{\text{Aa}}$	$6,62 \pm 0,2^{\text{Aa}}$	$61,77 \pm 5^{\text{Ab}}$	$8,26 \pm 1,44^{\text{A}}$
Yaz	$4,74 \pm 0,33^{\text{Aa}}$	$5,62 \pm 0,33^{\text{Aa}}$	$5,16 \pm 0,21^{\text{Aa}}$	$6,72 \pm 0,5^{\text{Aa}}$	$7,71 \pm 0,28^{\text{Aa}}$	$6,00 \pm 1,16^{\text{A}}$
Sonbahar	$7,74 \pm 0,32^{\text{Ba}}$	$8,21 \pm 0,41^{\text{Aa}}$	$7,87 \pm 0,43^{\text{Aa}}$	$6,05 \pm 0,3^{\text{Aa}}$	$6,03 \pm 0,36^{\text{Aa}}$	$7,18 \pm 1,03^{\text{A}}$
Kış	$17,55 \pm 0,87^{\text{Ca}}$	$7,89 \pm 0,56^{\text{Aa}}$	$12,14 \pm 9,56^{\text{Bb}}$	$10,65 \pm 0,5^{\text{Ba}}$	$7,46 \pm 0,46^{\text{Aa}}$	$10,89 \pm 4,25^{\text{B}}$
İ.ORT±S.D	$9,39 \pm 5,09^{\text{a}}$	$7,63 \pm 1,31^{\text{a}}$	$7,73 \pm 2,19^{\text{a}}$	$7,51 \pm 1,95^{\text{a}}$	$7,07 \pm ,85^{\text{a}}$	

5.3. *Squalius cephalus* Doku Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Araştırma için kullanılan tatlı su kefallerinin toplam boyları 22.4-39.4 cm arasında değişim göstermiş olup mevsimlere göre ortalamalarında boy ve ağırlık değerleri Tablo 5.15' de verilmiştir.

Tatlı su kefalinin kas, karaciğer, ve solungaçlarından, alınan örneklerden tespit edilen Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre ortalama değerleri ve standart sapmaları tablolarda verilmiştir. Tablolardaki değerler her bir dokudan alınan numunenin 3 tekrarlı okunması sonucu elde edilen değerlerdir.

Tablo 5. 15. Yamula Barajından avlanan *Squalius cephalus*'un toplam boy ve toplam ağırlık değerleri

Toplam Boy (cm)					Toplam Ağırlık (g)		
Mevsim	Örnek Sayısı	En Düşük	En Yüksek	Ort±std	En Düşük	En Yüksek	Ort±Std
İlkbahar	5	29,4	39,4	35,76±4 ^A	127,47	225,21	183,24±11,25 ^A
Yaz	5	29,8	32,9	30,4±1,2 ^A	135,58	205,45	172,15±18,9 ^A
Sonbahar	5	28,5	32,1	29,9±1,3 ^A	124,67	202,14	166,18±29,6 ^A
Kış	5	22,4	29,6	27,08±3 ^A	88,24	115,24	156,25±11,81 ^A

5.3.1. Krom (Cr)

Cr'un dokulardaki birikiminin mevsim ve istasyonlara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.16'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde en az birikim. İlkbaharda solungaçta ($2,43 \mu\text{g g}^{-1}$) en fazla birikim kışın karaciğerde ($7,98 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. 16. *Squalius cephalus* dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})

Mevsim	DOKU		
	Kas	Karaciğer	Solungaç
İlkbahar	2,54±0,396 ^{Aa*}	2,99±1,217 ^{Aa}	2,43±0,23 ^{Aa}
Yaz	2,47±0,447 ^{Aa}	5,71±3,612 ^{ABb}	2,89±0,76 ^{Aa}
Sonbahar	2,49±0,159 ^{Aa}	5,04±1,805 ^{ABb}	3,12±0,72 ^{Aa}
Kış	3,62±1,295 ^{Ba}	7,98±2,264 ^{BCb}	3,95±1,27 ^{Ba}

*: Büyük harfler mevsimler arası (sütunları), küçük harfler dokular arası (satırları) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

Mevsim farklı gözetmeksizin dokular arasındaki birikime bakıldığında ilkbaharda dokulardaki metal konsantrasyonu istatistiksel açıdan fark göstermemiştir. Yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise en fazla birikim karaciğerde olmuş kas ve solungaçtaki konsantrasyonlarda istatistiksel bir fark bulunamamıştır.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki birikime bakıldığında kas ve solungaçta en fazla birikim kış mevsiminde bulunmuş ilkbahar, yaz ve sonbahardaki

konsantrasyonlarda fark bulunamamıştır. Karaciğerde ise en az birikim ilkbaharda görülmüş yaz ve sonbaharda ilkbahardan fazla birikim gözlenmiş fakat en fazla birikime kış mevsiminde rastlanmıştır.

5.3.2. Mangan (Mn)

Mn konsantrasyonlarının dokulardaki birikiminin mevsim ve dokulara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.17’de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde en az birikim sonbaharda kas dokusunda $5,55 (\mu\text{g g}^{-1})$ en fazla birikim kışın karaciğerde $(22,5 \mu\text{g g}^{-1})$ olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. 17. *Squalius cephalus* dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})

Mevsim	DOKU		
	Kas	Karaciğer	Solungaç
İlkbahar	$7,82 \pm 2,36^{Aa*}$	$6,14 \pm 2,34^{Aa}$	$7,09 \pm 3,1^{Aa}$
Yaz	$6,47 \pm 3,69^{Aa}$	$12,43 \pm 6,69^{Aab}$	$13,52 \pm 7,85^{Ab}$
Sonbahar	$5,55 \pm 3,45^{Aa}$	$14,97 \pm 5,33^{ABb}$	$14,96 \pm 9,85^{Ab}$
Kış	$13,63 \pm 8,48^{Ba}$	$22,5 \pm 14,85^{Ba}$	$25,56 \pm 13,77^{Ba}$

*: Büyük harfler mevsimler arası (sütunları), küçük harfler dokular arası (satırları) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$).

Mevsim farklı gözetmeksizin dokulardaki Mn birikine bakıldığı zaman kış ve ilkbahar mevsimlerinde dokulardaki metal konsantrasyonunun istatistiksel açıdan fark göstermediği belirlenmiştir. Yaz ve sonbaharda ise en az birikim kasta en fazla birikim ise sonbaharda solungaçta olmuştur. Karaciğerde meydana gelen birikim ise bu iki dokuda değerler arasındadır.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki birikime bakıldığında kas, solungaç ve karaciğerdeki birikim en fazla kış mevsiminde meydana gerçekleşmiştir. Diğer mevsimler arasındaki birikim kış mevsimine göre daha az ve birbirleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

5.3.3. Nikel (Ni)

Ni konsantrasyonlarının dokulardaki birikiminin mevsim ve dokulara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.18’de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde en az birikim yazın kasta ($3,18 \mu\text{g g}^{-1}$) en fazla birikim ise yine yaz mevsiminde karaciğerde ($8,66 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. 18. *Squalius cephalus* dokularındaki Ni konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})

Mevsim	DOKU		
	Kas	Karaciğer	Solungaç
İlkbahar	$3,31 \pm 0,41^{Aa*}$	$3,88 \pm 1,46^{Aa}$	$3,34 \pm 0,4^{Aa}$
Yaz	$3,18 \pm 0,6^{Aa}$	$8,66 \pm 4,31^{Bb}$	$3,18 \pm 0,6^{Aa}$
Sonbahar	$3,27 \pm 0,5^{Aa}$	$7,61 \pm 2,87^{Bb}$	$4,24 \pm 1,17^{Ba}$
Kış	$3,12 \pm 0,39^{Aa}$	$7,51 \pm 1,67^{Bb}$	$3,76 \pm 0,31^{ABa}$

*: Büyük harfler mevsimler arası (sütunları), küçük harfler dokular arası (satırları) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$).

Mevsim farklı gözetmeksizin dokulardaki birikime bakıldığında zaman ilkbaharda dokulardaki metal konsantrasyonu istatistiksel açıdan fark göstermediği belirlenmiştir. Yaz, kış ve sonbaharda ise solungaç ve kas dokularındaki Ni akümülyasyonları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz fakat karaciğerdeki birikim ise bu iki dokudan fazla olduğu belirlenmiştir.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki birikime bakıldığında zaman kas dokusunda bütün mevsimlerde meydana gelen konsantrasyonlar arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık bulunamamıştır. Solungaçta ise en fazla birikim sonbaharda gözlenmiş ilkbahar ve yazdaki birikim arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. Karaciğerde ise en az birikim ilkbaharda gözlenmiş sonbahar, kış ve yazın meydana gelen birikimler ilkbahardan fazla olduğu fakat aralarında istatistiksel bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

5.3.4. Bakır (Cu)

Cu konsantrasyonlarının dokulardaki birikiminin mevsim ve dokulara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.19'da verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde en az birikim sonbaharda kasta ($3,70 \mu\text{g g}^{-1}$) en fazla birikim ilkbaharda karaciğerde ($20,07 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. 19. *Squalius cephalus* dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})

Mevsim	DOKU		
	Kas	Karaciğer	Solungaç
İlkbahar	$4,95 \pm 0,66^{\text{Aa}*}$	$20,07 \pm 18,18^{\text{Ab}}$	$3,96 \pm 1,33^{\text{Aa}}$
Yaz	$4,70 \pm 0,76^{\text{Aa}}$	$9,53 \pm 6,88^{\text{Ab}}$	$4,41 \pm 1,64^{\text{Aa}}$
Sonbahar	$3,70 \pm 0,93^{\text{Aa}}$	$8,83 \pm 2,3^{\text{Ab}}$	$3,70 \pm 0,93^{\text{Aa}}$
Kış	$7,76 \pm 5,17^{\text{Ba}}$	$17,82 \pm 10,67^{\text{Ab}}$	$12,17 \pm 6,6^{\text{Bab}}$

*: Büyük harfler mevsimler arası (sütunları), küçük harfler dokular arası (satırları) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$).

Mevsim farklı gözetmeksizin dokular arasındaki birikime bakıldığında ilkbahar yaz ve sonbaharda en fazla birikim karaciğerde görülmüş diğer iki dokudaki Cu birikimi arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Kış mevsiminde solungaç ve karaciğer arasında istatistiksel bir fark bulunmamış fakat bu iki dokunun kastan daha fazla metal akümüle ettiği bulunmuştur.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki birikime bakıldığında kas ve solungaçta en fazla birikimin kışın meydana geldiği ve diğer mevsimler arasında istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür. Karaciğerde meydana gelen birikimde mevsimler arasında istatistiksel bir fark bulunmazken diğer dokulara oranla daha yüksek Cu akümüle ettiği gözlenmiştir.

5.3.5. Çinko (Zn)

Zn konsantrasyonlarının dokulardaki birikiminin mevsim ve dokulara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.20'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde en az

birikim kışın kasta ($28,08 \mu\text{g g}^{-1}$) en fazla birikim kışın karaciğerde ($110 \mu\text{g g}^{-1}$) ölçülmüştür.

Tablo 5. 20. *Squalius cephalus* dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})

Mevsim	DOKU		
	Kas	Karaciğer	Solungaç
İlkbahar	$28,92 \pm 15,57^{\text{Aa}*}$	$30,42 \pm 10,45^{\text{Aa}}$	$21,21 \pm 10,9^{\text{Aa}}$
Yaz	$22,95 \pm 19,99^{\text{Aa}}$	$69,10 \pm 43,7^{\text{Bb}}$	$56,58 \pm 17,34^{\text{Bb}}$
Sonbahar	$31,37 \pm 17,2^{\text{Aa}}$	$72,43 \pm 34,54^{\text{Bb}}$	$53,73 \pm 20,66^{\text{Bab}}$
Kış	$28,08 \pm 10,52^{\text{Aa}}$	$110,34 \pm 13,11^{\text{Cc}}$	$46,17 \pm 16,36^{\text{Bb}}$

*: Büyük harfler mevsimler arası (sütunları), küçük harfler dokular arası (satırları) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$).

Mevsim farklı gözetmeksizin dokular arasındaki birikime bakıldığı zaman ilkbaharda dokulardaki metal konsantrasyonu istatistiksel açıdan fark göstermemiştir. Yaz ve sonbaharda ise solungaç ve karaciğer arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz, fakat bu iki dokudaki birikim kastaki birikimden fazla olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde ise bütün dokular birbirinden farklı en az birikim kasta ve en fazla birikim karaciğerde gözlemlenmiştir.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki birikime bakıldığı zaman kasta meydana gelen birikimin istatistiksel açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur. Solungaçta ise en az birikim ilkbaharda gözlenmiş diğer mevsimlerdeki birikimde ilkbahardan yüksek olduğu bulunmuştur. Karaciğerde ise en az birikim ilkbaharda en fazla birikim kışın görülmüştür.

5.3.6. Kadmiyum (Cd)

Cd konsantrasyonlarının dokulardaki birikiminin mevsim ve dokulara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.21’de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde en az birikim kışın kasta ($3,63 \mu\text{g g}^{-1}$) ve en fazla birikim yazın karaciğerde ($11,77 \mu\text{g g}^{-1}$) ölçülmüştür.

Tablo 5. 21. *Squalius cephalus* dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Mevsim	DOKU		
	Kas	Karaciğer	Solungaç
İlkbahar	4,73±0,6 ^{Ba}	6,04±2,95 ^{Aa}	4,87±0,28 ^{Ba}
Yaz	4,72±0,44 ^{Ba}	11,77±7,83 ^{Bb}	5,01±0,48 ^{Ba}
Sonbahar	4,46±0,25 ^{Ba}	8,54±2,73 ^{ABb}	4,55±0,39 ^{Ba}
Kış	3,63±0,59 ^{Aa}	7,97±3,79 ^{ABb}	4,04±0,71 ^{Aa}

*: Büyük harfler mevsimler arası (sütunları), küçük harfler dokular arası (satırları) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p<0,05$).

Tablo 5.21 incelendiğinde ilkbaharda dokulardaki metal konsantrasyonu istatistiksel açıdan fark göstermediği belirlenmiştir. Yaz, kış ve sonbaharda ise en fazla birikim karaciğerde olduğu diğer iki dokudaki Cd birikimi arasında istatistiksel fark olmadığı tespit edilmiştir.

Dokulardaki Cd birikimi karşılaştırıldığında; kasta ve solungaçtaki birikimin ilkbahar yaz ve sonbaharda kışa göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Karaciğerde ise en fazla birikim yaz mevsiminde en az birikimde kışın meydana gelirken diğer mevsimlerdeki meydana gelen Cd birikimleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır.

5.3.7. Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonlarının dokulardaki birikiminin mevsim ve dokulara göre önemlilik test sonuçları Tablo 5.22’de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde en az birikim kışın solungaçta ($4,04 \mu\text{g g}^{-1}$) en fazla birikim yazın solungaçta ($12,93 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak ölçülmüştür.

Tablo 5.22’ye göre ilkbaharda en fazla birikim solungaçta meydana gelmiş fakat diğer dokular arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. Yaz ve sonbaharda en fazla birikim karaciğerde meydana gelmiştir. Kışın ise en az birikim solungaçta olmuş, kas ve karaciğerde daha fazla birikim gözlenmiştir.

Tablo 5. 22. *Squalius cephalus* dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı (μgg^{-1})

Mevsim	DOKU		
	Kas	Karaciğer	Solungaç
İlkbahar	$9,13 \pm 0,84^{Aa}$	$6,04 \pm 2,95^{Aa}$	$12,93 \pm 11,576^{Bb}$
Yaz	$9,45 \pm 3,07^{Ab}$	$11,77 \pm 7,83^{Bb}$	$5,01 \pm 0,48^{Aa}$
Sonbahar	$9,36 \pm 6,26^{Ab}$	$8,54 \pm 2,73^{ABb}$	$4,55 \pm 0,39^{Aa}$
Kış	$7,59 \pm 2,35^{Ab}$	$7,97 \pm 3,79^{ABb}$	$4,04 \pm 0,71^{Aa}$

*: Büyük harfler mevsimler arası (sütunları), küçük harfler dokular arası (satırları) karşılaştırmayı göstermekte olup, farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu ifade eder ($p < 0,05$).

Ayrıca, kasta en fazla birikim kışın, solungaçta ise ilkbaharda olduğu belirlenmiştir. Karaciğerde ise en az birikim ilkbahar en fazla birikime ise yaz mevsiminde olmuş diğer iki mevsim arasında ise istatistiksel bir fark bulunamamıştır.

6. BÖLÜM

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

6.1. Tartışma

Bu çalışmada, su örneklerinde yıllık ağır metal değerleri konsantrasyonları ortalama Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd ve Pb için sırası ile 0,27, 0,41, 0,68, 1,6, 0,16 ve 0,39 mg l⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada suda bulunan ağır metal konsantrasyonları ile daha önceki çalışmalarda suda bulunan konsantrasyonlar Tablo 6.1’de verilmiştir. Tablodan da görülebileceği gibi daha önceki yapılmış çalışmalarda Abant ve Sapanca göllerindeki [2] Cr ve Ni değerleri mevcut çalışmadaki değerlerden yüksek, diğer bütün çalışmalarda belirlenen metal konsantrasyonlarında düşük bulunmuştur.

Yamula Barajından alınan su örneklerinde diğer çalışmalara göre ağır metal değerlerinin yüksek oranlarda bulunmasına, Kızılıрмаğın doğduğu Sivas’tan sonra kurulmuş olan ilk baraj gölü olması sebep olmuş olabilir. Diğer bir ifade ile kaynağından itibaren geçtiği yerlerden bünyesine katılan kirleticileri barajda biriktirmiş olabilir. Ayrıca çalışmadaki istasyonlar tarım faaliyetlerinin çok yoğun yapıldığı yerleşim yerlerine yakın olduğu için tarımsal faaliyetlerin ve evsel atıkların herhangi bir işlem görmeden baraja veriliyor olması da ağır metal konsantrasyonunu arttıran sebepler arasında yer alabilir. Bu tür tarımsal evsel ve endüstriyel atıkların doğrudan veya dolaylı yollarla sulara karışması ile ağır metal düzeylerinin artması kaçınılmazdır [48]. Bu çalışmada. Cr ve Cd dışında bütün diğer metallerin konsantrasyonlarının yaz mevsiminde istatistikî olarak diğer mevsimlerden farklı ve daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak yaz mevsiminde buharlaşmanın artması ve azalan su miktarına bağlı olarak metal konsantrasyonundaki artış gösterilebilir. Benzer bir sonuca Beyşehir Gölü’nde yapılan çalışmada da rastlanmıştır [43].

Tablo 6. 1.Sudaki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması

	REFERANS								
	Bu Çalışma (mg ^l ⁻¹)	51	14	42	2	21	43	2	17
Cr	0,27	0,006			0,6	0,0292	0,006	0,6	
Mn	0,41	-		0,2	0,2	0,1145		0,3	
Ni	0,28	0,016	0,012		0,4	0,0603	0,004	0,5	0,015
Cu	0,48	0,02	0,02	0,38	0,2	0,1544		0,2	0,22
Zn	1,6	-		0,1	0,8	0,0266	0,01	0,2	
Cd	0,16	0,001			0,02	0,0461	0,003	0,02	
Pb	0,39	0,02			0,3	0,0058	0,01	0,3	
Bölge	Yamula Baraj Gölü	Demirköprü Barajı	Hazar Gölü	Beyşehir Gölü	Sapanca Gölü	Asi Nehri	Avşar Baraj Gölü	Abant Gölü	Atatürk Baraj Gölü

Tablo6. 2. Suda bulunan metal konsantrasyonu ile bazı kuruluşların yönetmeliklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması (mg l⁻¹)

Kuruluş	Cr	Zn	Ni	Cu	Cd	Pb	Referans
TSE	0,05	0,2	0,02	2	0,005	0,01	63
WPLC	0,02	-	0,02	0,02	0,003	0,01	64
WHO	0,05	-	0,02	2	0,01	0,05	65
EPA	0,05		-	1,3	0,01	0,05	66
EC	5		20	2	5	10	67
Bu Çalışma	0,27	0,68	0,28	1,6	0,16	0,39	

Tablo 6.2’de TSE ve diğer uluslar arası kuruluşların yayınlamış olduğu sularda bulunması kabul edilebilen ağır metal konsantrasyonları ve bu çalışmada elde edilen ortalama miktarları yer almaktadır. TSE yönetmeliği değerleri ile bu çalışmanın bulguları karşılaştırıldığında, Cu dışındaki tüm çalışılan metallerin ilgili yönetmelikte belirtilenden yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde uluslar arası kuruluşların yayınlamış olduğu kriterlere göre de bütün metal değerleri referans değerlerinden yüksek olarak bulunmuştur [64-67] .

Bu çalışmada, sediment örneklerinde Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd, ve Pb; konsantrasyonları sırası ile 8,95, 120,815, 15,98, 7,68, 16,95, 17,66 ve 8,08 µg g⁻¹ olarak bulunmuştur.

Sedimentteki ağır metal miktarının belirlenmesi amaçlanmış olan çalışmalarla bu çalışmada elde edilen değerler karşılaştırıldığında (Tablo 6.4) Cr’un Demirköprü Barajı, Asi Nehri, Balaton Gölündeki değerlerden yüksek olduğu buna karşın Texoma Gölü, Dipsiz Çayı ve Dicle Nehrine göre ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Ni Cu ve Zn değerleri Dicle Nehri ve Avşar Baraj Gölü hariç diğer göllere göre düşük miktarlarda bulunmuşken, Pb ve Cd değerleri ise diğer göllerde bulunan değerlerden daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. 3.NOAA'ya göre sedimentte bulunması gereken sınır metal konsatrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Değerler	Cr	Ni	Zn	Cu	Cd	Pb	Referans
Düşük Etki Konsantrasyonu (DEK)	26	16	98	16	0,6	31	68
Eşik Değer Konsantrasyonu (EDK)	41	22,7	123	31,6	0,9	35,8	68
Yüksek Değer Konsantrasyonu (YDK)	110	46,8	315	110	4,1	128	68
Tehlikeli Değer Konsantrasyon (TDK)	111	75	520	149	10	250	68

Tablo 6. 4. Bazı çalışmalarda bulunan sedimentteki metal konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Bölge	Cr	Ni	Zn	Cu	Cd	Pb	Referans
Demir Köprü Barajı	6,75	14,3		15,1	0,82	6,5	51
Asi Nehri	6,5	10,9	1,9	1,03	0,005	0,19	23
Avşar Baraj Gölü	14,48	29,99		29,98	0,76	2,44	42
Dipsiz Çayı	19,7		37	13	0,8	83,6	44
Dicle Nehri	-	109,14	34,23	38,7	-	-	62
Balaton Gölü	5,7-66	4,5-55	13-150	0,7-36	0,1-0,7	2,4-160	59
Texoma Gölü	30	17	89	38	2	10	69
Kars Çayı			2,23	1,504	0,11	1,697	70
Yamula Baraj Gölü	8,95	15,98	7,68	16,95	17,66	8,08	Bu Çalışma

Ayrıca merkezi Amerika’da bulunan Ulusal Okyanus ve Atmosfer idaresi (NOAA) tarafından her yıl güncellenen ve sedimentte bulunan organik ve inorganik madde miktarlarını baz alarak sedimentte meydana gelen kirlenme potansiyelini 4 sınıfa ayıran bir liste yayınlamaktadır [68]. Bu listeye göre bu çalışmada bulunmuş olan Cr, Ni, Zn ve Pb değerleri düşük etki konsantrasyonu (DEK) sınıfına, Cu Eşik Değer Konsantrasyonu (EDK) sınıfına, ve Cd ise Tehlikeli Değer Konsantrasyonu (TDK) sınıfına girmektedir. Tablo incelendiğinde Yamula Baraj Gölü sedimentinde Cr, Ni, Zn ve Pb yönünden herhangi bir kirlenme söz konusu değildir. Cu değeri eşik kirlenme sınıfının eşik değeri olarak kabul edilen 16 ppm konsantrasyon miktarını çok az bir değerle geçtiği, sedimentin Cu kirlenmesi olasılığının yüksek olduğu ve kirlenmeye karşı önlemin alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Cd konsantrasyonu ise Tehlikeli Değer Konsantrasyonu (TDK) değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmektedir. Bu değere bakılarak Yamula Barajı sedimentinde Cd açısından ciddi bir kirlenmenin söz konusu olduğu anlaşılabılır. Bunun sebebi taşıtlar, plastik atıklar tarımsal sulama ve lağım atıklarının baraja ulaşması olabilir (Tablo 2.4).

Bu çalışmada sedimentteki Cr, Ni ve Cu konsantrasyonları bakımından mevsimler arasında istatistikî bir fark bulunamamıştır. Zn ve Pb konsantrasyonlarına bakıldığında ise en en yüksek miktarın kış en düşük miktarın ise yaz mevsiminde olduğu görülmüştür. Mn ve Cd konsantrasyonlarının ise tam tersine yazın yüksek kışın ise düşük olduğu bulunmuştur. Landajo ve ark. [73] Bilbao Nehri’nde yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde en yüksek konsantrasyonların yaz aylarında, en düşük konsantrasyonların ise kış aylarında olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Karadede ve ark [62] Dicle Nehri’nde yapmış oldukları çalışmalarında bu çalışmanın tersine bütün metal değerleri yaz mevsiminde yüksek olduğunu bildirmektedirler. Fakat yağışlı mevsimlerde ve sonrası sedimentte metal birikiminin yüksek olmasının sebebi, toprakta bulunan metalin yağmur sularıyla beraber yıkanarak baraja aktarılması ve böylece ağır metal konsantrasyonunu artırması nedeniyle olabilir [58].

Bu çalışmada elde edilen bulgularda sedimentteki ağır metal konsantrasyonu suda bulunan konsantrasyondan fazla olarak belirlenmiştir. Yılmaz ve ark.’nın [44] yaptıkları çalışmada benzer bir sonuca rastlamışlardır. Su içerisinde bulunan birçok askıda parçacık metallere karşı aşırı derecede bir ilgi ile bağlanma özelliğine sahiptirler o yüzden suya deşarj edilen metal askıda maddelerle kompleks oluşturarak sedimente çöker ve dolayısı ile sedimentte ağır metal birikmesi meydana getirir şeklinde

açıklamışlardır. Benzer bir sonuca Abdel-Baky ve ark. [72] Manzalla Gölü'nde yaptıkları çalışmada, sedimentteki ağır metal içeriğinin sudakinden daha yoğun olduğunu tespit etmişlerdir ve çalışılan metal konsantrasyonlarının istasyonlar arası önemli bir değişikliği olmamasına rağmen mevsimsel olarak önemli değişimler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Balık dokularında tespit edilen metal seviyeleri suya göre yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Bunun nedeni sudaki ağır metallerin çökerek, dip kısmında birikmesi ve balıkların bu metalleri sedimentten veya besinlerden alıp doku ve organlarında biriktirmesinden kaynaklanmaktadır. İncelenmiş olan *S.cephalus* türünde en az birikim kas en fazla birikim ise solungaç ve karaciğerde meydana gelmiştir. Bunun sebebi genellikle ağır metallerin letal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesi şeklinde açıklanabilir [20]. EPA'ya göre balıklarda yenilebilir kas dokusunda izin verilen ağır metal konsantrasyon sınırları Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb için sırası ile 4,1; 0,12; 27; 54; 410; 1,4; ve 2,7 mg.kg⁻¹ olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada kas dokularında bulunan ağır metal konsantrasyon değerleri ise Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb için sırası ile 3,06; 8,63; 3,22; 3,77; 27,83; 4,38 ve 8,88 µg g⁻¹ dir. Amundsen ve ark. [25] Norveç ve Rusya arasında bulunan tatlı su kaynaklarından aldıkları farklı balık türlerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında Cd, Cu, Cr, Hg, Ni ve Zn içeriklerini belirlemişler ve bu ölçümler sonucunda genellikle metal konsantrasyonlarının en düşük kas dokusunda en yüksek ise solungaç ve karaciğer dokularında biriktiğini bildirmişlerdir. Canbek ve ark. [71] Porsuk Çayı'nda yaşayan bazı balıkların (*Barbus plebejus*, *Condrostoma nasus*, *Cyprinus carpio*, *Capoeta capoeta*, *Squalius cephalus*) kas ve karaciğer dokularında ağır metal (Mn, Cu, Cd, Pb, Ni, Zn, Fe) birikimleri ve bunların yapmış olduğu toksik etkiyi araştırmışlardır. Sonuçta, ağır metallerin kas dokusunda karaciğere göre daha az biriktiğini bildirmişlerdir.

Balıklarda farklı ağır metallerin farklı doku ve organlarda farklı oranlarda biriktiği ve belirli bir metalin hangi doku ve organda öncelikle depo edileceğinin türlere göre değişim gösterdiği bildirilmektedir [20,78,44,77]. Bu çalışmada ise dokuların metal biriktirme önceliklerine bakıldığı zaman bütün metaller de öncelikli birikim ağır metal toksisitesinne ilk cevabın olutluğu karaciğerde gözlenmiştir. Daha sonra su ile

Neetu Malik ve ark. [74] Bhopal Gölünde iki farklı balık türünde yapmış oldukları çalışmada bütün metallerin genel olarak en fazla karaciğer ve solungaçta biriktiğini en

yüksek konsantrasyonlarda biriktirdiğini fakat farklı türlerde farklı dokularda ağır metal konsantrasyonunun değiştiğini bulmuşlardır. Ayrıca vücut için gerekli olan ve diğer Cd ve Pb toksik metallere karşı etkisi olan Zn diğer metallerden yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Ayrıca insanlar ve hayvanların üremesinde etkili olan Ni ve enzimatik fonksiyonlarda görevleri olan Cu ve Mn de yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Bu çalışmada ise benzer şekilde karaciğerde en fazla biriken ağır metal Zn olmuş ve bunu Mn, Ni ve Cu azalan sıra ile izlemişleridir.

Ağır metal miktarlarının farklı konsantrasyonlarda olması bütün metallerin vücut için gereksiniminin çok değişik miktarlarda olması ve farklı metabolizma hızlarının olmasından kaynaklanmaktadır. Karaciğer ve solungaçlar en fazla birikim gösteren dokulardır. Çünkü karaciğerin detoksifikasyon ve depo etme görevleri vardır. Benzer şekilde solungaçta balıklarda madde alımı ve atımında görevlidir. Ayrıca karaciğerden sentezlenen ve metal konsantrasyonu arttığı zaman fazla metali bağlamakla görevli olan metalloteinin enzimide karaciğerde metal birikiminin artmasına sebep olabilir. Solungaçta yüksek konsantrasyonlarda metale rastlanmasının en önemli sebebi solungaç dokusunun direk olarak su ile temas etmesi olabilir. Ayrıca solungaçtan salınan mukus sıvı ile metaller reaksiyona giriyor olabilirler [62, 74-76]. Tatlı su balıklarının dokularındaki ağır metal konsantrasyonları çok fazla değişiklik göstermektedir. Bunun sebebi örneklemenin yapıldığı sudaki metal konsantrasyonu suyun kimyasal ve fiziksel özellikleri, ekolojik gereksinimler balıkların beslenme rejimi ve çalışmanın yapıldığı mevsim olabilir. Mevsimsel olarak incelendiğinde ise Pb ve Cd dışında en yüksek metal konsantrasyonuna karaciğer dokusunun kış örneklemelerinde rastlanmıştır.

Erdoğrul ve ark [77] Sir ve Menzelet Baraj Göllerinde yaptıkları çalışmada karnivor bir balık olan *Siluris glannis* türünün dokularında biriken ağır metal konsantrasyonları miktarlarının diğer omnivor balıklara göre daha düşük konsantrasyonlarda biriktiğini bulmuşlardır. Mevcut çalışmamızda kullanılan *Squalius cephalus* türünde omnivor bir balık olduğu için dokularındaki metal birikimi oldukça fazla bulunmuştur.

6.2. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Yamula Baraj Gölü'ndeki metal kirliliğinin bulmak amacı ile su, sediment ve *S. cephalus* örneklerinde ağır metal analizi mevsimsel olarak yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre ortalama değerlerin su örneklerinde Cr, Zn, Ni, Cu, Cd ve Pb konsantrasyonlarında meydana gelen değişiklik

Cd<Cr<Ni<Mn<Pb<Cu<Zn şeklinde meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Yamula Barajından alınan su örnekleri WHO da dahil olmak üzere bütün uluslararası kuruluşların yayınlamış olduğu sulara kabul edilen ağır metal konsantrasyon değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Bu sonuçlara bakarak Yamula Baraj suyunun ağır metal bakımından ciddi bir kirlenme tehdidi altında olduğu ve bir an önce ağır metal kirlenmesine karşı önlem alınması gerektiği görülmüştür.

Baraj sedimentinde elde edilen bulgulara bakıldığı zaman sedimentte biriken ortalama ağır metal konsantrasyonları Cr, Zn, Ni, Cu, Cd ve Pb için sırasıyla Ni<Pb<Cr<Zn<Cu<Cd olarak belirlenmiştir.. Elde edilen verilere bakıldığı zaman NOAA'nın yayınlamış olduğu kriterlere göre Cr, Ni, Zn ve Pb için herhangi bir kirlenme tehlikesi yok iken Cu kirlenme için eşik kabul edilen konsantrasyonda bulunmuş Cd bakımından ise sedimentin ciddi anlamda kirlenmiş oldu görülmüştür. Balık dokularında meydana gelen ağır metal birikimlerine bakıldığı zaman bütün metaller için en fazla birikimin karaciğerde daha sonrada solungaçta meydana geldiği kas dokusunun ise bu iki dokuya nazaran daha az metal biriktirdiği gözlemlenmiştir. Değerlere bakıldığı zaman bu çalışmada tespit edilen Mn, Cd ve Pb değerleri ile EPA'nın izin verilebilir değerleri arasında büyük bir farklılık olduğu da tespit edilmiştir. Sucul ekosistemlerde balıklar besin zincirinin son halkasını oluşturmaktadır bu yüzden balıklardaki metal birikimin fazla olması beklenmektedir. *Squalius cephalus* türünün insan sağlığı açısından oldukça tehlikeli olan Cd ve Pb yi kas dokusunda yoğun miktarlara biriktirdiği bulunmuştur o yüzden bu balık türün kas dokusunun aşırı derecede tüketilmesi sonucunda insan sağlığı için tehlikeli sonuçlar doğurabilir.

Yamula Barajı yeni su tutmakta olan ekolojik ve ekonomik öneme sahip bir baraj gölüdür. Kızılırmak Nehri üzerinde yer alması nedeniyle evsel ve endüstriyel kirlenmeye açıktır. Yapılan bu çalışma baraj gölümüzden bildirilen ilk ağır metal çalışmasıdır. Kızılıрмаğın kaynağından döküldüğü yere kadar bir çok noktada tamamen kontrolsüz yada yetersiz arıtılmış sular ırmağa bırakılmaktadır. Kirlenmenin kaynağında yeterli önlemlerin alınmaması durumunda kirlenmenin sürekli olarak artması kaçınılmazdır. Bu konuda halkın bilgilendirilmesi ve gerekli ön tedbirlerin alınması gerekmektedir. Su, sediment ve sucul biota'da metal birikim çalışmalarının periodik olarak yapılması çok önemlidir. Bu çalışmada elde edilen bilgilerin daha sonraki çalışmalar için yol gösterici olacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Kabasolak, H. B., 1998. Atıksu – atıksu arıtımı ve alıcı ortamlara etkileri, s 299-303I. *Atık su Sempozyumu, 22-24 Haziran, 1998, Kayseri.*
2. Duman F., 2005. Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, 250 s.
3. Sarıyüpoğlu, M., Say, H., 1991. Elazığ şehir kanalizasyonunun baraj gölüne döküldüğü bölgeden yakalanan *Barbus capito-pectoralis*'de ağır metal birikimlerinin araştırılması, s 121-130, *Su Ürünleri Sempozyumu, 12-14 Kasım 1991.*
4. Gey, H., 1988. Türkiye'nin Ege Denizi kıyılarında avlanan levrek ve dil balıklarında bazı iz elementlerin birikim düzeylerinin karşılaştırılması, s 449-455, *IX Ulusal Biyoloji Kongresi, 21-23 Eylül, 1988, Sivas*
5. Manahan, S.E., 1993. Fundamentals of Environmental Chemistry. Lewis Publishers, 883 pp.
6. Hollis, L., Mcgeer, J.C., McDonald, D.G., Wood, C.M., 1999 . Cd accumulation gill, Cd-Binding, accumulation and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in *Rainbow Trout*, **Aquatic Toxicology**, **46**:101–119.
7. Dirilgen, N., 2001. Accumulation of heavy metal in freshwater organism: assessment of toxic interactions. **Turkish Journal of Chemistry**, **25**: 173-179.
8. Zya Dah, M.A., 2000. Toxicity and bioaccumulation of Cu , Zn and Cd in some aquatic organisms. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, **64**: 740-747
9. Camusso, M., Vigano, L., 1995. Bioconcentration of trace metals in rainbow trout: a field study. **Ecotoxicology and Environmental Safety** **31**: 133- 141.
10. Canyurt, M. A., 1982. Bazı tarım ilaçlarının aynalı sazan, tilapia, ve yılan balıkları için toksik konsantrasyonları üzerine araştırmalar. E.Ü.Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Doçentlik Tezi, İzmir, 34 s.
11. İnan, V., Uysal, H., 1995. Batı Anadolu Gölleri'nde (Apolyon, Manyas, Eğirdir, Çivril ve Marmara) yaşayan tatlı su ıstakozunda (*A.leptodactylus* ESCH, 1823) bazı ağır metal birikimleri ve bu elementlerin toksik etkilerinin araştırılması. **Turkish Journal of Biology**, **19**: 55-65.

12. Canlı, M., Ay, Ö., 1998. Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr And Ni) in tissue of *C.carpio*, *B.capito* and *C.regium* from the Seyhan River. **Turkish Journal of Zoology**, **22**: 149-157.
13. Bat, I., Gündoğdu A., Sezgin ,M., 1999. Akut toxicity of Zn , Cu, and Pb to three species of marine organisms from the Sinop peninsula, Black Sea. **Turkish Journal of Biology**. **23**: 537-544.
14. Özmen,H., Külahcı, F., Çukurovalı, A., Doğru., M. 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey).**Chemosphere**, **55**, 401-408.
15. Sarı ,H., M., 1997. Demirköprü Baraj Gölü'ndeki (Manisa) sudak balığı (*Stizostedion lucioperca* (L., 1758) popülasyonunun biyolojik özelliklerinin incelenmesi. **Su Ürünleri Dergisi** **14**(3-4):269-288.
16. Birch, L., Hanselmann, K.W., Bachofen, 1996. Heavy metal conservation in Lake Cadagno sediments: historical records of anthropogenic emissions in a meromictic alpine lake. **Water Research**, **30**, 679-687.
17. 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**(9):1371-1376.
18. Baş, L. ve Demet, Ö., 1992. Çevresel toksikoloji yönünden bazı ağır metaller. **Çevre Dergisi**, **5**, 42-46
19. Rashed, M.,N., 2001.Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. **Environmental International** **27**, 27-33.
20. Karadede,H., 1997. Atatürk Baraj Gölü'nde Su, Sediment ve Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 72 S.
21. Çalışkan, E., 2005. Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus* Burhchell, 1822)'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay 70s.
22. Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Efects ,Pergamon Pres, 614 pp.
23. Goyer, R.A., 1986. Toxic Effects of Metals in Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Posions, Pergammon Press 623-680

24. Markert, B., 1993. Plant As Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in The Terrestrial Environment, VCH Weinheim, New York/Basel/Cambridge.
25. Amundsen, P-A., Staldvik J.F., Lukin,A. A., Kashulin A. N., Popava A. O., Reshetnikov, S. Y., 1997. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. **The Science of The Total Environment** 201, 211–224.
26. Çetinbaş, A., 2003. İzmit Körfezi’nde Avlanan İstavrit (*Trachurus trachurus* L., 1758) Balıklarının Dokularında Cu ve Zn Birikiminin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 67s
27. Gabryelak,T., Filipiak, A., Brichon, G., 2000. Effects of zinc on lipids of erythrocytes from carp (*Cyprinus carpio* L.) acclimated to different temperatures. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, 127, 335–343.
28. Kuşatan, Z. ve Cıçık, B., 2004. *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)’da kadmiyumun solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2(12): 59-66.
29. Hilmy, A.M., El-Domiaty, N.A., Daabees, A.Y. and Abdel-Latife,H.A., 1987. Toxicity in *Tilapia zilli* and *Clarias lazera* (Pisces) induced by zinc seasonaly, **Comparative Biochemistry and Physiology**, 86, 263-265.
30. Tosyalı, C., 2005. *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) Midyesinde Pişirmenin Çeşitli Ağır Metal Düzeylerine Etkisi. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 34s.
31. Süren, E., 2004. Çanakkale Boğazında Toksik Etki Gösteren Bazı Ağır Metallerin ICP-OES ve Elektroanalitik Yöntemlerle Tayini. Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 40s.
32. Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., 1999. Ağır metaller, S.D.Ü. **Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi**, 6, 166-175.
33. Şeker, E., Özmen, H. ve Aksoy, Ş., 1998. Elazığ Hazar Gölü’nden yakalanan *Capoeta capoetaumbla* (Heckel, 1843)’da ağır metal birikimlerinin araştırılması. **F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi** , 10 (2):13-20 .

34. 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, Ankara, 65s.
35. ATSDR, 2003. Agency For Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>
36. <http://www.ttb.org.tr/bergama/5.html>
37. Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö ve Timur, S., “Metallerin Çevresel Etkileri” II.İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf.
38. Kalay, M. ve Erdem, C., 1995. Bakırın *Tilapia nilotica* (L)'da karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametreleri üzerine etkileri. **Turkish Journal of Zoology**, 19, 27-33.
39. Köse, E., 2007. Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya,74s.
40. Kargın, F., Erdem, C., 1992. Bakır-Çinko etkileşiminde *Tilapia nilotica*'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi, **Turkish Journal of Zoology**, 16, 343-348.
41. Belgemen, T. ve Akar, N., 2004. Çinkonun yaşamsal fonksiyonları ve çinko metabolizması ile ilişkili genler, **Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası**, 57 (3):161-166.
42. Tekin-Özan, S., Kır, İ., 2007. Seasonal variations of some heavy metals in pikeperch (*Sander lucioperca* L., 1758) and crucian carp (*Carassius carassius* L., 1758) from Kovada Lake, Turkey. **Fresenius Environmental Bulletin**, 16(8): 904-909.
43. Öztürk M., Özözen G., Minareci O., Minareci E., 2009. Determination of heavy metals in fish water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. **Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering** , 6(2): 73-80.
44. Tekin-Özan, S., 2008. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). **Environmental Monitoring and Assessment**, 145, 295-302

45. Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak A.,Tuna, L., 2007. Heavy metal levells in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. **Food Chemistry**, **100** (2): 830-835.
46. Demirak, A., Yılmaz, F., Tuna, A., L., Özdemir, N. 2005. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus Cephalus* from a stream in southwestern Turkey". **Chemosphere**, 1-7
47. Minareci, O., Öztürk, M., Minareci, E., 2004. Manisa Belediyesi evsel atık su arıtma tesisinin, Gediz Nehri'nin ağır metal kirliliğine olan etkilerinin belirlenmesi, **Trakya University Journal of Science** **5**(2): 135-139.
48. Karapire, C., 1998 Determination of Some Trace Elements in Gediz River Sediments. Graduate School of Naturel and Applied Sciences of Dokuz Eylül University, The Degree of Master Science.
49. Doğan, M., 2004. Hatay bölgesindeki su kaynaklarından alınan balık (*Carasobarbus luteus*, Heckel, 1843) ve su örneklerinde ağır metal düzeyleri. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay,45S
50. Öztürk, M, Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E., 2008. Determination of heavy metals in of fishes, water and sediment from the Demirköprü Dam Lake(Turkey). **Journal of Applied Biological Sciences**, **2**(3): 99–104.
51. Akçay, H., Oguz, A., Karapire, C., 2003. Study of heavy metal pollution and speciaton in Büyük Menderes and Gediz River sediments. **Water Research**, **37**: 813–822.
52. Ip, C.C.M., Li, X.D., Zhang G., Wong, C.S.C., Zhang, W.L., 2005. Heavy metal and Pb isotopic compositions of aquatic organisms in the Pearl River Estuary, South China. **Environmental Pollution**,**121**;124-138.
53. Nguyen, H.L., Leermakers, M., Osán, J., Torok, S., Baeyens, W., 2005. Heavy metals in Lake Balaton: water column, suspended matter, sediment and biota. **Science of The Total Environment**, **340**: 213– 230.
54. Mendil, D., Uluözlü, Ö.D.,Soylak M., 2010. Determination of trace metals in different fish species and sediments from The River Yeşilırmak in Tokat, Turkey, **Food and Chemical Toxicology**,**42** 1383-1392.
55. Vicente-Martorell J.J., Galindo-Ria.,No M.D., 2009. Bioavailability of heavy metals monitoring water, sediments and fish species from a polluted estuary. **Journal of Hazardous Materials**, **32** 823–836.

56. Mendil, D., Uluözlü, Ö.D., 2007. Determination of Heavy metals in sediment and fish species from lakes in Tokat, Turkey. **Food Chemistry**, **101**, 739–745.
57. Meche A., Martins M.C., Lofrana B.E.S.N., Hardaway C.J., Merchant M., Verdade L., 2010. Determination of Heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from The Piracicaba River in Southern Brazil, **Microchemical Journal** , **94** 171–174.
58. Yüzereroğlu T.A., Gök G., Fırat Ö., Aslanyavrusu S., Maruldaı O., Kargin F., 2010. Heavy metals in *Patella caerulea* (mollusca, gastropoda) in polluted and non-polluted areas from the Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey)., **Environmental Monitoring and Assessment**, **167**:257–264.
59. Shinn C., Dauba F., Grenouillet G., Guenard G., Lek S., 2009. Temporal variation of heavy metal contamination in fish of The River Lot in Southern France. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, **72** 1957–1965.
60. Karakuş, S., Gey, H., 2006. A preliminary study of heavy metals in transcaucasian barb (*Capoeta capoeta* *Capoeta* Guldenstaedt, 1772) from the Kars Creek, Turkey” **The Revue de Medecine Veterinaire..** **157**: 11, 551–556.
61. www.dsi.gov.tr
62. Karadede-Akin, H., Ünlü E., 2007. Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, Fish and Some Benthic Organisms from Tigris River, Turkey. **Environ Monit Assessment**, **131**:323–333.
63. TSE (Türk Standartları Enstitüsü), 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Türk Standartları, Ankara.
64. WPCL (Water Pollution Control Legislation), 2004. Land-Based Water Quality Classification, Official Journal, 25687, Turkey.
65. WHO (World Health Organization), 1993. Guidelines For Drinking Water Quality. Recommendations, Vol. 1, 2nd Ed., Geneva.
66. EPA (Environmental Protection Agency), 2002. Risk Assessment: Technical Background Information. RBG Table. Available from <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk> (Online Update: 23.03.2009).
67. EC (European Commission), 1998. Council Directive 98/83/. EC of 3 November 1998 On The Quality of Water Intended for Human Consumption. L 330/32, 5.12.98.

68. NOAA (National Oceanic And Atmospheric Administration), 2009. SQUIRT, Screening Quick Reference Tables for in Sediment, [Http://response.restoration.noaa.gov/book_shelf/122_new-Squirts.Pdf](http://response.restoration.noaa.gov/book_shelf/122_new-Squirts.Pdf).
69. An, Y.J. and Kampell, D.H., 2003. Total, dissolved, and bioavailable metals at lake texoma marinas. **Environmetal Pollution**, **122**, 253–259.
70. H, USLU., 2007. Kars Çayı'ndan Avlanan Siraz (*Capoeta capoeta-capoeta* Guldenstaedt, 1772) Balıklarında ve Ortam Sedimentinde Bazı Ağır Metallerin Derişim Düzeylerinin İncelenmesi, Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yüksek Lisans Tezi, Kars,48 s.
71. Canbek, M., Yetim, M., Uyanoğlu, M., Emiroğlu, Ö., Bayramoğlu G., 2002. Porsuk Çayındaki bazı canlılarda ağır metal birikimleri ve bunların toksik etkilerinin araştırılması, T.C.Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı, Fen Bilimleri Proje No: 2000/28, 67 S.
72. Abdel-Baky, T.E., and Zyadah, M.A., 1998. Effect of accumulation of copper, cadmium, and zinc on some biological parameters of some marine fishes from the northern region of Lake Manzalah, **Journal of Egyptian Zoology**., **27**, 1-19.
73. Landajo, A., Arana G., Diego, A.D., Etxebarria N., Zuloaga, O. Andamouroux, D., 2004. Analysis of heavy metal distribution insuperficial estuarine sediments (estuary of bilbao, basque country) byopen-focused microwave-assisted extraction and ICP-OES. **Chemosphere** **56**, 1033–1041.
74. Neetu, M., ·A. K. Biswas.,· T. A. Qureshi., K. Borana .,· R, Virha., 2010. Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish Tissue of A Freshwater Lake of Bhopal, **Environment Monitoring Assessment** **160**: 267–276.
75. Erdoğan Ö., Erbilir F., 2007. Heavy metal and trace elements in various fish samples from Sır Dam Lake, Kahramanmaraş, Turkey. **Environment Monitoring Assessment** **130**, 373–379
76. Alhas E., Oymak S.A., Karadede Akin H., 2009. Heavy metal concentrations in two barb, *Barbus xanthopterus* and *Barbus rajanorum mystaceus* from Atatürk Dam Lake, Turkey, . **Environment Monitoring Assessment** **148**:11–18
77. Erdoğan Ö.,Ateş D.A., 2006. Determination of cadmium and copper in fish samples from Sır and Menzelet Dam Lake Kahramanmaraş Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, **117**,281–290

78. Singh, K.P., Mohan, D., Singh, V.K. and Malik, A., 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti River sediments— a tributary of The Ganges, India. **Journal of Hydrology**, **312**, 14–27
79. Türkmen, A., 2003. İskenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve dikenli tas istiridyesi'nde oluşan ağır metal birikimi üzerine araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, 152 s.
80. Özözen G., 2005. Demirköprü ve Avşar Barajlarından alınan balık, su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi, Celal Bayar Üniversite Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65 s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Musa KAR

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 22 Eylül 1986, Kayseri

Medeni Durumu: Bekâr

Tel: 0-384-2281100

Fax: 0-384-2153948

email: musa.kar@nevsehir.edu.tr

Yazışma Adresi: Nevşehir Üniversitesi. Fen-Edebiyat Fakültesi. Biyoloji Bölümü. Oda No=14. Merkez/NEVŞEHİR

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ-Fen Bilimler Enstitüsü	2011
Lisans	ERÜ Fen Fakültesi-Biyoloji	2008
Lise	Özel Hisarcıkhoğlu Fen Lisesi	2004

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2009- Halen	Nevşehir Üniversitesi. Fen-Edebiyat Fakültesi. Biyoloji Bölümü	Araştırma Görevlisi
2008–2009	Erciyes Üniversitesi, Gevher Nesibe Tıp Fak. Hast., Merkez Lab., Bakteriyoloji Lab.	Biyolog

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Seyyar, O., Demir H., **Kar, M.** and Duman, F. (2010). *Argyroneta aquatica* (Clerck, 1757) (Aranea: Cybaeidae) as a biological indicator for environmental pollution of Sultan Marsh National park, Turkey. **Acta Zoologica Bulgarica**. **62** (1), 107-112. 2010,

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler :

B1. Seyyar, O., Demir H., **Kar, M.** and Duman, F. Why is Water Spider, *Argyroneta aquatica*, Not Seen in The Sultan Marsh Now? International Conference on Plant & Environmental Pollution 6-11 July 2009 Kayseri/ Turkey., 2009

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

Duman, F., Seyyar, O., Demir H. and **Kar, M.** Ağır Metal Kirliliğinin Bioindikatörü Olarak Bir Örümcek Türü: *Alopecosa pulverulenta* (Clerck, 1757). IX. Ulusal Ekoloji Kongresi 7-10 Ekim 2009, Nevşehir., 2009