

Mustafa AKGÜN tarafından hazırlanan SAKARYA NEHRİ ÇELTİKÇİ
ÇAYI'NDAKİ TATLI SU KEFALLERİNİN (*Leuciscus cephalus* L.,1758)
DOKULARINDA AĞIR METAL BİRİKİMİNİN İNCELENMESİ adlı bu tezin
Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ali GÜL
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi
olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Sedat YERLİ

Üye : Prof. Dr. Kazım YILDIZ

Üye : Doç. Dr. Ali GÜL

Üye : Doç. Dr. Mehmet YILMAZ

Üye : Doç. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Tarih : 28/06/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

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

Mustafa AKGÜN

SAKARYA NEHRİ ÇELTİKÇİ ÇAYINDAKİ TATLI SU KEFALLERİNİN
(*Leuciscus cephalus* L., 1758) DOKULARINDAKİ AĞIR METAL
BİRİKİMİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa AKGÜN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2006

ÖZET

Bu çalışmada Sakarya nehri' nin önemli kollarından biri olan Çeltikçi çayında yaşayan *Leuciscus cephalus* (L., 1758) bireylerinin karaciğer, kas ve solungaçlarında Zn, Cd, Pb, Cu ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Dokulardaki ağır metal birikiminin tespitinde anodik sıyırma voltametrisi yöntemi kullanılmıştır. Örneklerin vücut ağırlığı ile dokulardaki ağır metal düzeyleri arasındaki ilişkiyi tespit etmek için korelasyon değeri hesaplanmıştır. Dokularda tespit edilen ağır metallerin düzeyleri arasındaki farklılıkların önem derecesini belirlemek için t testi kullanılmıştır. Zn, Cd ve Pb nin en fazla karaciğerde (98,5000 ppm, 4,5354 ppm ve 38,9649 ppm), Cu'nun ise kasta (6,0330) olduğu saptanmıştır. Vücut ağırlığı ile kastaki Zn, Cd, ve Cu miktarı arasında pozitif, Pb miktarı arasında negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Vücut ağırlığı ile karaciğer ve solungaçtaki Zn, Cd ve Pb miktarı arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir

Bilim Kodu : 401.01.06
Anahtar Kelimeler : *Leuciscus cephalus*, ağır metal, anodik sıyırma
Sayfa Adedi : 46
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Ali GÜL

**INVESTGATION of ACCUMULATION of HEAVY METALS in TISSUES of
FRESH WATER CHUB (*Leuciscus cephalus* L., 1758) LIVING in ÇELTIKÇI
STREAM of SAKARYA RIVER
(M. Sc. Thesis)**

Mustafa AKGÜN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
June 2006**

ABSTRACT

This study is concerned with the accumulation of heavy metals such as Zn, Cd, Pb, Cu in livers, muscle and gills of *Leuciscus cephalus* (L., 1758) living in Çeltikçi stream, one of the important branches of Sakarya river. The heavy metals accumulated in the tissues were determined with the use of Anodic Stripping Voltammetry (ASV). The correlation values were computed in order to determine the relation between the heavy metal accumulation and body weights of the samples. The significance levels of heavy metal accumulation in the tissues were defined with t test. The highest accumulation of Zn, Cd and Pb was observed in liver (with 98.5000, 4.5354 and 38.9649 ppm respectively) while the highest accumulation of Cu was observed in muscles with 6.0330 ppm. It was observed there was a positive correlation between the body weight and the accumulated amounts of Zn, Cd and Cu in muscles and a negative correlation between the body weight and the accumulated amount of Pb in muscles. It was observed that there was a positive relation between the body weight and the amounts of Zn, Cd and Pb accumulated in liver and gills.

Science Code : 401.01.06
Key Words : *Leuciscus cephalus*, heavy metal, anodic stripping
voltametry
Page Number : 46
Adviser : Assoc. Prof. Dr. Ali GÜL

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. Ali GÜL' e yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Prof. Dr. Levent AKSU' ya, ve Doç. Dr. Mehmet YILMAZ' a, Kimyager Hüseyin ÇELİKKAN' a, ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. AĞIR METALLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	2
2.1. Ağır Metallerin Tanım ve Özellikleri	2
2.2. Ağır Metallerin Zehirliliğini Etkileyen Etmenler	2
2.3. Sucul Yaşamdaki Besin Zinciri	4
2.4. Ağır Metallerin Biyotransformasyonu.....	5
2.5. Ağır Metallerin Organizmadan Atılması	6
2.6. Çalışılan Ağır Metaller	6
2.6.1. Bakır.....	6
2.6.2. Çinko	9
2.6.3. Kurşun	10
2.6.4. Kadmiyum.....	11
2.7. Canlı Türü - Metal Miktarı İlişkisi	13
2.8. Metal Birikimi - Ortam İlişkisi	17
2.9. <i>Leuciscus cephalus</i> (L., 1758) Hakkında Genel Bilgi	19
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Materyal	20

	Sayfa
3.1.1. Balık örnekleri.....	20
3.1.2. Analiz için kullanılan araç ve gereçler.....	20
3.2. Metod.....	20
3.2.1. Örneklerin analize hazır hale getirilmesi	20
3.2.2. Anodik sıyırma voltametrisi (ASV).....	21
3.2.3. Örneklerin analizi.....	22
3.2.4. Kullanılan istatistiksel metotlar.....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Deneysel Bulgular.....	23
4.1.1. Aynı dokuda biriken ağır metallerin karşılaştırılması.....	27
4.1.2. Farklı organlardaki ağır metallerin karşılaştırılması	29
4.2 .Tartışma	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	45

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Değişik materyallerde bulunan kadmiyum sınır değerleri	12
Çizelge 2.2. Çeşitli dünya ülkelerinde deniz ürünlerinde kabul edilebilir metal limitleri	17
Çizelge 3.1. Anodik Sıyırma Voltametrisi (ASV) ve Atomik Absorbsiyon (AA) ile tespit edilen maddelerin alt sınırlarının karşılaştırılması.....	21
Çizelge 4.1. <i>L. cephalus</i> 'un farklı organlarında ölçülen çinko, kadmiyum kurşun ve bakır değerleri	23
Çizelge 4.2. <i>L. cephalus</i> ' un organlarında tespit edilen ağır metal değerleri ile vücut ağırlığı arasındaki ilişki	26
Çizelge 4.3. <i>L. cephalus</i> ' un farklı organlarında biriken ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması	28
Çizelge 4.4. <i>L. cephalus</i> ' un dokularında biriken Zn, Cd, Pb ve Cu değerlerinin dokulardaki düzeylerinin karşılaştırılması.....	29

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. <i>L. cephalus</i> ' un dokularındaki Zn miktarları	24
Şekil 4.2. <i>L. cephalus</i> ' un dokularındaki Cd miktarları	25
Şekil 4.3. <i>L. cephalus</i> ' un dokularındaki Pb miktarları	25
Şekil 4.4. <i>L. cephalus</i> ' un dokularındaki Cu miktarları	26
Şekil 4.5. <i>L. cephalus</i> ' un organlarında biriken ağır metallerin karşılaştırılması	28
Şekil 4.6. <i>L. cephalus</i> ' un organlarında biriken ağır metallerin dokulardaki düzeylerinin karşılaştırılması	29

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Zn	Çinko
Cd	Kadmiyum
Pb	Kurşun
Cu	Bakır
S	Standart sapma
S H	Standart hata
r	korelasyon katsayısı
μ	Mikro
$\bar{X}$	Aritmetik ortalama

Kısaltmalar	Açıklama
ASV	Anodik sıyırma voltametrisi
AA	Atomik absorpsiyon
DPSV	Diferansiyel puls sıyırma voltametrisi
Min	Minimum
Maks	Maksimum
y.a	Yaş ağırlık
k.a	Kuru ağırlık

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanabilmesi için ekonomik ve sosyal politikaların yanında çevreyle ilgili stratejilerde önceliklerin belirlenerek, etkin çevre politikalarının oluşturulması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler bir yandan hayatımızı kolaylaştırırken diğer yandan tehdit eder hale gelmemelidir. Endüstri ve ticaret alanlarındaki hızlı gelişim, nüfustaki artış ve kentleşmeye karşın yetersiz altyapı ve çevre koruma önlemlerinin eksikliği, çevrenin kirlenmesinde gerek evsel gerek endüstriyel yönden etkili olmaktadır.

Su kaynaklarının kirlenmesi; daha çok sanayi ve yerleşim atıklarının arıtılmadan ya da yetersiz arıtma ile akarsu, göl ve denize bırakılmaları sonucu oluşmaktadır. Ayrıca su kirliliği, kıyılarımızdaki petrol ve yan ürünlerinin katkısı ile de ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Türkiye’de endüstri kuruluşlarından kaynaklanan çeşitli su kirleticileri vardır.

Endüstriyel kuruluşların çoğunun ürettiği ağır metal içeren atıklarla, sucul ortamlarda ciddi kirlenmeler olmaktadır. Biyolojik çevrimin bir halkasını oluşturan ve ayrıca önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda giderek artan metal kirliliğinin etkilerinin araştırılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle sucul ortamlarda ağır metallerin, balıklarda ve diğer organizmalardaki birikimleri üzerine önemli çalışmalar yapılmaktadır [1-4]. Özellikle son yıllarda, Türkiye sularında yaşayan birçok su ürünü ve balık türünde de ağır metal birikimleri araştırılmıştır [2, 5-8].

Bu çalışmada, Sakarya Nehrinin önemli bir kolu olan Çeltikçi Çay’ından yakalanan tatlısu kefallerinin (*Leuciscus cephalus*) bazı dokularına ağır metal birikimlerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. AĞIR METALLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Ağır Metallerin Tanım ve Özellikleri

Ağır metal; organizmanın sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan ve miktarı organizmanın ağırlığının % 0,01'den az olan elemente denir. Diğer bir tanıma göre; özgül ağırlığı 5 g/cm'den büyük ve atom numarası 22'den 92'ye kadar olan elementler ağır metal olarak tanımlanmaktadır [9].

Ağır metaller 3 ana gruba ayrılır.

A- Organizma için gerekli elementler,

Co, Cr, Cu, F, Fe, I, Mn, Se ve Zn.

B- Organizma için gerekli olabilen elementler,

Ni, Si, Sn ve V.

C- Organizma için toksik elementler,

As, Be, Cd, Hg, Pb, Si ve Sb.

Bazı ağır metaller uygun konsantrasyonlarda enzim faaliyetleri için gerekli ise de, bunlar doğal konsantrasyonlar aşıldığında önemli bir enzim engelleyici grubu oluştururlar. Ag, Hg, Cu, Cd ve Pb gibi metaller bu sebeple zehir etkisi yaparlar [1].

Ağır metaller, organizmalara gerekli olsun ya da olmasın yüksek konsantrasyonda potansiyel olarak zehir etkisine sahiptirler [1].

2.2. Ağır Metallerin Zehirliliğini Etkileyen Etmenler

Ağır metal içeren çözeltilerin zehirliliğini etkileyen faktörler, organizmanın türüne, üreme zamanına, su ortamının; ısı, ışık, tuzluluk gibi fiziksel değişkenlerine ve metalin cinsine göre değişir [1].

Brayn, bakır sülfatın zehirlilik etkisinin çok değişken olduğunu, suyun sertliğine, çözünen iyonların miktarına bağlı olarak değişiklik gösterdiğini, suda bulunan fazla miktardaki askıda katı maddelerin, organik maddelerin ve artan tuz miktarının zehirlilik etkisini azalttığını bildirmektedir [1].

Şehirsel alanlarda sıkça kullanılan ağır metallerin, göl sularındaki, sediment ve balıklardaki durumunu belirlemek amacıyla Stocholm'de 10 farklı gölde yapılan çalışmada [10]; balık dokularındaki metal konsantrasyonlarının; göldeki besin zincirine, av rekabetine, su kimyasına (Metallerin farklılığı ile bentik ve pelajik türlerdeki atılım yollarının farklılığına) ve göldeki hidrodinamiklere (Gölün yükü) bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir. Balığın yaşadığı ortamdaki pek çok ajan da su, sediment ve balıktaki metal seviyesini etkilemektedir. İncelenen metaller arasında en fazla Cu ve Pb' nun şehirsel etkilerin oluşturduğu parametrelerle yakından ilişkili olduğu görülmüştür.

Yine, su ortamındaki metalin canlı üzerindeki etkisi, ekolojik ihtiyaçlar, metabolizma, suyun bulaşma ölçüsü, besin, sediment ve diğer faktörlerle (Mevsimsel değişimler, tuzluluk, sıcaklık, interaktif ajanlar) değişebilmektedir [11].

Sudan sağlanan birikim, küçük organizmalarda oransal olarak daha büyüktür. Küçük organizmalarda, yüzey soğurması için daha büyük yüzey / ağırlık oranı ve ayrıca bu organizmaların daha büyük metabolik hızlara sahip olması bu durumun temel nedeni olarak gösterilmektedir [12].

Zn, Fe gibi biyolojik olarak gerekli metaller sindirim sistemi yoluyla hızla soğurulmaktadır [13]. Bu sebeple, suda yaşayan farklı canlıların iz metal içerikleri üzerinde yapılan araştırmalarda aynı ortamdaki sediman, su ve canlı topluluğu üyeleri iz metaller açısından incelenmekte ve kimi organizmalar indikatör olarak kullanılmaktadır. İndikatör organizmaların kullanımı metallerin, su veya sediman örneklerindeki ölçümüne oranla kuramsal avantajları vardır [14].

İndikatör organizmalardaki metal derişimleri sulardakine oranla 10^5 ile 10^6 defa daha yüksek olabilir. Bu durum önceden konsantre edilmeden doğrudan analize olanak sağlamaktadır [15].

Sahil bölgesindeki ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan sedimentler o bölgedeki ağır metallerin varlığı hakkında tahmini bilgi vermez. Bu nedenle, bir organizmanın kullanımı bölgedeki ağır metallerin varlığı hakkında sedimentten daha spesifik bilgi sağlar [16].

2.3. Sucul Yaşamdaki Besin Zinciri

Doğal sular; tuzluluğu, mineralleri, sıcaklığı, besleyicileri ve ağır metal içerikleri ile her bir canlı için birer çerçevedir. Yine, her canlı besin zincirinin birer üyesidir.

Mikroskobik bitkiler olan fitoplanktonlar, sudaki besleyicileri ve güneş ışığından aldıkları enerjiyi kullanarak bu besin zincirini başlatırlar. Bu canlılar, zooplanktonlar tarafından yenilmekte ve bu hayvansal organizmalar da daha büyükleri tarafından tüketilmektedirler. Böylece her bir tür, aynı zamanda bir alt kademedan aldığı ağır metali de biriktirmektedir [17].

Denizel organizmalarının bazıları ağır metalleri belli bir dereceye kadar bünyelerinde depolayabilirler [18]. Bu ağır metaller, organizmalar için zehirli veya zararlı olmasa bile besin zinciri yoluyla insana ulaştığında, insan sağlığını etkilemektedir.

Su bitkileri ve çoğu bentik organizmada bakır regülasyonu zayıf olduğundan bu türlerde ortamda bulunanın bir kaç katı kadar bakır depolanabilmektedir. Bu nedenle ortamdakine ek olarak, besin zincirinin üst trofik düzeylerinde besin yolu ile önemli miktarlarda metal alınmakta ve bu düzeyler de akut ve kronik zehirlenmelere yol açabilmektedir [19].

Kirletilmiş bölgelerde deniz dibi sedimanı yüksek ağır metal konsantrasyonuna sahiptir. Dolayısıyla, sedimandan beslenen canlılarda en yüksek ağır metal konsantrasyonu görülür [20].

Daha yüksek besinsel seviyelerdeki balıklarda, örneğin pelajik balıklarda besin zinciriyle zenginleşme daha azdır.

Sudaki besin zincirinde kirliliğin biyolojik olarak gelişmesi sebebiyle, metal kirliliğinin yoğun olduğu sucul ortamlardaki balıklarla beslenen kuşların da, sudaki metal kirliliğinden çok fazla etkilendikleri belirtilmiştir.

California Farallones Körfezinde 1993 yılında, sahillerindeki zooplankton, 2 farklı balık türü, 4 tür deniz kuşunda ve denizaslanında; Al, Cr, Se, Cu, Zn, Hg seviyeleri belirlenmiştir. Körfezin trofik (Beslenme) seviyelerindeki artış ile Hg miktarının arttığı saptanmıştır. Se seviyesi; zooplankton ve denizaslanında en yüksek, kuş ve balıklarda ise orta seviyede bulunmuştur. Bu durum, kuş ve balıkların besin zincirinin ortasında yer almalarıyla açıklanmaktadır. Besin zincirinin üst seviyelerinde metal etkileşiminin daha yüksek olduğu belirtilmektedir [21].

2.4. Ağır Metallerin Biyotransformasyonu

Çeşitli yollardan vücuda alınan ağır metaller, lipofilik özellik kazanarak plazmada dağılıma uğradıktan sonra, enzimlerin katalitik etkisiyle kimyasal reaksiyonlara girerek hidrofilik metabolitlere dönüşürler. Bu metabolik çevirimde, lipidde çözünen apolar nitelikteki metallerin, daha polar yapılara dönüşerek atılımları kolaylaşır.

Metallerin biyotransformasyon mekanizmaları iki fazda toplanmaktadır: Faz I reaksiyonları; yükseltgenme (oksidasyon), indirgenme (redüksiyon) ve hidroliz olaylarını içerir. Faz II reaksiyonları ise; çeşitli birleşme ve sentez olaylarını içerir. Birinci fazda; lipidde çözünen inorganik yapılar, daha polar moleküller haline geçerler. İkinci fazda ise, endojen maddelerle birleşen bu polar metabolitler inaktif şekilde ortadan kaldırılırlar.

Kimyasal maddelerin biyotransformasyonunu katalizleyen başlıca enzimler karaciğerde yerleşmişlerdir. Bu nedenle karaciğerin; kan dolaşımı ile karaciğere gelen kimyasal maddeleri depolama, dağılım ve safra ile atılımlarından önce,

metabolize etme kapasitesi çok etkilidir. Ayrıca biyotransformasyon, karaciğer dışında akciğer, böbrek ve barsakta, deri, plaseenta ve adrenal bezde gerçekleşebilir.

2.5. 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,

— Boşaltım yoluyla ayrılabilceği gibi belirli bir dokuda da depolanabilirler.

2.6. Çalışılan Ağır Metaller

2.6.1. Bakır

Bakır, organizma için temel bir elementtir. Su ortamındaki konsantrasyonu günümüzde şehirleşme ve endüstriyel gelişme, maden işletmelerinin sayısı ve kapasite olarak artması, bu elementi içeren tarımsal ilaçların aşırı ve yanlış kullanımı sonucu çok yüksek düzeylere ulaşabilmektedir.

Endüstriyel olarak en çok kullanılan alanlar; elektrik sanayi, kimyasal katalizör yapımı, boya sanayi ve cam endüstrisidir.

Bakır madenleri, bakır ve pirinç kaplama sanayi, kağıt, petrol ve boya endüstrileri atıksuları bakır kirliliğine neden olan ana kaynaklardır.

Metal temizleme, kaplama - banyo ve çalkalama atıksuları 120 ppm'e kadar bakır (II) kirliliği içerir. Bakır işleme endüstrisi atıksularındaki bakır (II) kirliliği 400 ppm'e kadar çıkmaktadır. Standartlara göre içme sularındaki maksimum bakır (II) derişimi

1,0 – 1,5 ppm'i, sulama sularında ise 0,2 – 50 ppm'i aşmamalıdır. Bakırın daha az miktarları insan sağlığına zararlı olmadığı, fakat içme suyunda istenmeyen tad yaptığı bildirilmektedir [22].

Pestisidlerden olan fungusidler ve mollusidler genellikle bakır (Bakır sülfat) içermektedir. Bakır sülfatın iç sulara mavi-yeşil algler gibi istenmeyen vegetasyonun aşırı gelişmesini engellemek amacıyla algisid olarak doğrudan verilebileceği bilinmektedir [17].

Bakır sülfat, aynı zamanda balığın ektoparazitlerini kontrol altında tutmak için de kullanılmaktadır [23].

Tarımsal mücadelede fungusid, herbisid ve algisid olarak kullanılan bakır sülfat, ülkemizde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bakır sülfat, toplam ilaç tüketiminin % 11,6' sini oluşturur [24].

Bakır, hayvanlar için esansiyel bir besin maddesidir. Biyolojik sistemlerde +2 ve +1 değerlikli olarak bulunan bakır, oksido-redüksiyon olaylarında rol oynar. Bakır; serüloplazmin, sitokrom C oksidaz, süper oksit dismutaz, dopamin - B - hidroksilaz, askorbaî oksidaz, lizil oksidaz dahil çoğu metallo enzimlerin gerekli bir yapı maddesidir.

Bakır, çoğunlukla ince bağırsakta aktif ve pasif transportla absorbe edilir. Gastrointestinal kanaldan absorbe edilen bakır öncelikle albumine bağlanarak ve küçük bir kısmı da histidinle kompleks yaparak karaciğere taşınır, burada çoğu metallothionein benzeri proteinlerin yapısında depolanır.

Bakır, karaciğerde serüloplazmin yapısına girerek kana salınır. Plazmada bulunan total bakırın % 95'den fazlası serüloplazmin yapısındadır ve bu şekilde dokulara taşınır.

Deneyssel bakır yokluğunda anemi, plazmadaki bakır değerinde ve serum bakır proteininde (serüloplazmin) azalma görülmektedir [25].

Serüloplazmin, Cu içeren bir metalloglikoproteindir. Karaciğerdeki ferritinden (plazmada bakır taşıyıcı protein) ve diğer demir depolarından demirin salınmasını sağlar. Ekstra sellüler ortamda antioksidan aktiviteyi serüloplazmin ve ferritin sağlar. Cu, demirin dokulardan plazmaya geçişini sağlar [25].

Bakır, en fazla karaciğerde depolanır. Kalp, beyin ve böbreklerde yüksek, kas ve kemikte ise düşük konsantrasyonda bulunur. Buna rağmen vücut total bakırının % 50'si kas ve kemik dokusundadır [25].

İnsanlarda metalik bakırın aşırı alınımı ile akut zehirlenmelerde bulantı, kusma ileri seviyede; karaciğerde nekroz görülebilir. Karaciğer dışındaki safra yollarında bakır birikimi nedeniyle tıkanıklık görülebilir. Cu en çok karaciğer, böbrek, beyin ve komea'da birikir. Böylelikle karaciğer yetmezliği, böbrek tübüllerinde emilim bozukluğuna neden olur [25].

Hollanda'nın Scheveningen kıyılarında 1965 yılında yoğun bakır sülfat kirliliğine (500 µg/l) maruz kalan yaklaşık 100 000 balığın sahillerde ölü bulunduğu, ölmeyenlerde ise düzensiz hareketler görüldüğü bildirilmiştir. Ölü balıkların sindirim yollarında yüksek miktarda bakır bulunduğunu, bunun bakırın besin zincirinde birikebildiği şeklinde yorumlanabileceği, yenilebilen midyelerde metal kirliliğine rastlandığını, mavi - yeşil görünüş ve metalik tadın ette bakır birikiminin göstergesi olduğu belirtilmiştir [17].

Bakırın balık dokusunda yaptığı bozuklukların özellikle solungaçlarda kendini gösterdiği belirtilmektedir. İlk önce solungaç epitelinde şişmeler görüldüğünü, daha kuvvetli dozlarda ise dokunun büzüştüğünü, çözülerek parçalandığını, insanlarda merkezi sinir sistemi bozuklukları, hemoglobin miktarında azalmalar ve kemik bozuklukları gibi sağlığa zararlı etkilerinin olduğunu, bakırın balıklar için letal etkisinin 0,08 ppm'den itibaren başladığı bildirilmiştir [26].

17 °C su sıcaklığında genç salmonlara bakır ve çinkonun tek tek ve karışım halindeki etkileri araştırılmış, bakırın yaklaşık 12,5 kat, çinkoya nazaran toksik olduğu belirtilmiştir [23].

2.6.2. Çinko

Çinko, deniz suyunun bir iz elementi olup biyolojik olaylarda önemli rol oynar. Denizlerdeki yüksek çinko konsantrasyonu, insan aktiviteleri ve şehirleşme ile bağlantılı olup, boya sanayi, madencilik, elektro - kaplama ve sentetik fiber üretiminden kaynaklanabilmektedir. Çinko, bakır gibi canlı organizmalar için gerekli bir iz elementtir. Biyolojik sistemlerde yalnız +2 değerlikli olarak bulunur. Yaklaşık 300 enzimin yapısına girer [27].

Çinko taşıyan metallo enzimlerden karbonik anhidraz, alkalın fosfataz, RNA ve DNA polimerazlar, alkol dehidrogenaz, glutamik asit dehidrogenaz, süperoksit dismutaz gibi pekçok enzimin integral bir komponentidir. Çinko içeren enzimler; karbonhidrat, lipid ve nükleik asit metabolizmasında, protein sentezinde önemli fonksiyonlara sahiptir [27].

Karbonhidrat metabolizmasında etkin rol oynayan insülin hormonu, çinko kompleksi halinde depo edilmektedir. Dolayısıyla vücuttaki değişimi, insülinin üretimi, depolanması ve salgılanmasında etkilidir. Canlı organizmada Zn azlığında, pankreasın hücrelerinin çinko içeriğinin azaldığı ve insülin salınımında azalma olduğu belirlenmiştir [28]. Böylece çinkonun azalışına bağlı olarak karaciğerdeki glikojen seviyesinde de artış görülmektedir [27].

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

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

Yine yapılan çalışmalarda çinkolu bakır kombinasyonunun birkaç kat daha bakırın toksik etkisini arttırdığı (sinergism) gösterilmiştir [23].

Bazı çalışmalarda ise, çinkolu bakır kombinasyonunun, bu iki metalin ayrı birikimleri üzerinde antagonistik (zıt) etki yaptığı belirtilmektedir [2].

2.6.3. Kurşun

Kurşun yer kabuğunda esas olarak sülfür mineralleri (özellikle PbS) şeklinde bulunur. Bunun yanı sıra birçok kayaç oluşturan mineralin yapısında (magmatik kökenli potasyum ve kalsiyum minerallerinde) yer alır. Bozunma ürünleri olarak sülfat, karbonat, fosfat, kromat vanadat bileşikler şeklinde sedimanter kayaçlarda ve toprakta bulunur [29]. Akarsu ve göllerdeki güncel sedimanlar içerisinde de kurşun bileşikler yer alır [30].

Doğal ve kirlenmiş sulardaki kurşun kayaçlardan, topraktan ve esas olarak insan aktivitelerinden kaynaklanır. Kurşunlu yakıtların kullanımı, kurşun cevherinin işlenmesi sırasında atmosfere ve sulara bir miktar kurşun yayılır. Bunun yanı sıra metalik kurşun ve bileşikler akümülatör, boru, metal yağları, boya, fotoğraf malzemesi, patlayıcı üretiminde ve matbaacılıkta kullanılmaktadır [30]. Asidik özellikteki veya tampon özelliği düşük olan sular su dağıtım şebekelerindeki kurşun borulardan önemli miktarda kurşun çözebilmektedirler [31].

Kurşun'un organik ve inorganik sedimanların yüzeyine adsorblanması ve mangan oksitlerle birlikte çökmesi yüzey ve yeraltı sularında düşük derişimlerde bulunmasına yol açar [31]. Sularda çözülmüş ve süspanse halde bulunur. Derişimi ve görel zehirliliği suyun; sertlik, pH, alkalinite ve çözülmüş oksijen miktarına bağlıdır [30].

Doğal sulardaki kurşun miktarı nadir olarak yüksek değerlere ulaşır. Çoğu akarsu ve gölde derişim 0,001 – 0.010 mg/l arasında değişir. Endüstriyel kaynaklı kirlenmeye bağlı olarak daha yüksek değerler de görülebilir [32]. Sülfürlü maden yataklarının

drenaj sularında 0,4 – 0,8 mg/l arasında kurşun bulunabilir.

Kurşun, insan ve hayvan iskeletinde birikim yapan zehirli bir elementtir. Kurşunun zehirliliğine karşı hassasiyet kişiden kişiye değişir. Çocuklar en hassas olanlardır [30]. Solunum yoluyla havadan da bir miktar kurşun alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan kurşunun bir kısmı vücutta absorblanmaktadır. Yetişkinlerde suyla alınan kurşunun ortalama % 10'u absorplanır [32].

İnsan vücudu tarafından absorplanan kurşun kana geçerek yumuşak dokulara ve kemiklere dağılır. Kurşun kemiklerde zamanla birikir. Vücutta taşınan kurşunun %90'i kemiklerde bulunur [32]. Kurşun hamile kadınlarda plasenta yoluyla bebek kanına geçer.

İnorganik kurşun genel olarak bitkilerin dış cephesinde kaldığından yıkanma ile büyük ölçüde temizlenir. İnorganik kurşun tohum ve köklerde aşırı birikim yapmaz. Oysa organik kurşun bitkiler tarafından hızla alınmaktadır. Bu takdirde bitkide büyüme yavaşlar ve tohum köklerde kurşun yoğunluğu artar. Kimi hallerde toprakta 100 ppm düzeyinde bulunan inorganik kurşunun bitki gelişmesi üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmazken, 10 ppm düzeyindeki organik kurşun, büyümeyi olağanüstü boyutlarda geciktirebilmektedir.

Kurşunun balıklar üzerindeki zehirli etkisi sertlik ve çözünmüş oksijen miktarının artışı ile azalır. Sucul hayatı koruma için konulan kurşun derişimi sınırı içme sularınınkinden daha sıkıdır. Tatlısulardaki sucul hayatın korunması için sınır olarak 0,03 mg/l kabul edilmiştir [30].

2.6.4. Kadmiyum

Kadmiyum yerkabuğunda eser miktarda bulunan ve kimyasal özellikleri çinkoya benzeyen bir elementtir. Asidik magmatik kayalarda çoğunlukla çinko sülfür mineralleri (Özellikle sfalerit) ile birlikte bulunur. Doğadaki en önemli kadmiyum minerali grenokit (CdS)'dir [33]. Bazı sedimanter kayalar ve sedimanter cevher

yatakları kadmiyumca zengindir. Organik kalıntılar içeren şeyller manganca zengin göl ve bataklık sedimanları, fosfat yatakları önemli miktarda kadmiyum ve çinko içerirler [33].

Çizelge 2.1. Değişik materyallerde bulunan kadmiyum sınır değerleri [34].

Materyalin Cinsi	ppm olarak Cd kapsamları
Kömür	1-2
Motor yağları	0,5
Taşıt lastikleri	20-90
Süperfosfatlar	38-48
Ham fosfatlar	31-90
Yer kabuğu	0,18

Pek çok insan faaliyeti sonucu su, hava ve toprağa kadmiyum katılımı olmaktadır. Elektrolizle metal kaplama işlemleri bakır ve nikel metalurjisi, fosil yakıtların yakılması, oksidasyona dayanıklı alaşımlar, boya, nikel - kadmiyum piller, elektronik malzeme, motor yağları, fotoğraf malzemeleri, cam, seramik, tarım ilaçları, süper fosfat gübreleri ve plastiklerin üretimi doğal yollar dışında çevreye kadmiyum katılımına neden olur [30].

Kadmiyum ve bileşikleri sularda çoğunlukla eser miktarda bulunurlar [30]. Kadmiyumun suda çözünürlüğü kadmiyumun kaynağındaki bulunuş şekline ve pH'a bağlıdır [32]. Doğal suların kadmiyum içeriği genellikle 0,001 mg/l'den azdır [32]. Bununla birlikte bazı sularda 0,010 mg/l'ye ulaşan değerler görülebilir [30]. Birkaç mg/l'den fazla kadmiyum içeren yüzey suları büyük ihtimalle endüstriyel katı atık veya evsel atık kaynaklı kirlenmeye uğramıştır. İçme sularındaki kadmiyum miktarı normal olarak 0,001 mg /l veya daha azdır. 0,005 mg/l'ye kadar yükselen derişimler sık sık rapor edilmektedir [32].

Kadmiyum, sindirim ve solunum yolları aracılığı ile kolayca absorblanan, vücutta birikim yapan ve zehirlilik etkisi yüksek olan bir metaldir [30]. Vücut tarafından

absorblanan kadmiyum, kana geçer ve vücudun belli bölgelerinde depolanır. Böbrekler ve karaciğer kadmiyumun depolandığı başlıca bölgelerdir [32].

WHO, içme sularında maksimum kabul edilebilir kadmiyum derişimi olarak 0,005 mg/l sınırını önermiştir [35]. Türkiye'deki içme suyu standartlarına göre izin verilebilir maksimum derişim 0,0005 mg/l'dir [36].

Kadmiyum bitki büyümesini önleyici ve bitkide birikme özelliği nedeni ile sulama sularındaki kadmiyum derişimlerine ilişkin sınırlar önerilmiştir. Kadmiyum derişiminin nötral ve alkali topraklarda kullanılacak sularda 0,050 mg/l'yi asidik topraklarda kullanılacak sularda 0,010 mg/l'yi geçmemesi önerilmiştir [30].

Hayvanlarda da vücutta kadmiyum birikimi nedeni ile sağlığı tehdit edici etkiler ortaya çıkar. Kanada standartlarında besi hayvanlarına içme suyu olarak verilecek sulardaki kadmiyum derişiminin 0,010 mg/l'yi geçmemesi önerilmiştir [30].

Sucul organizmalar yüksek kadmiyum derişimlerine karşı hassastırlar. Kadmiyum sucul canlıların üremelerini de etkiler. Çinko, bakır gibi ağır metallerinde suda bulunması kadmiyumun zehirli etkisini arttırır. Sucul hayatın korunması açısından yüzey suyu ortamlarında maksimum kadmiyum derişiminin 0,0002 mg/l olması önerilmiştir [30].

2.7. Canlı Türü - Metal Miktarı İlişkisi

Farklı dünya ülkelerindeki deniz ürünlerinde kabul edilebilir bakır miktarı 10 -30 µg/g (y.a.) arasında değişmektedir (Çizelge 2.2.). Çeşitli dünya ülkelerindeki deniz ürünlerinde kabul edilebilir çinko miktarı ise, 20-100 µg/g arasında değişmektedir (Çizelge 2.2.).

Başka bir çalışmaya göre, bakır birikimi, karaciğer, böbrek ve gonatta en yüksek, kaslarda ise en az düzeyde bulunmuştur [38]. Kaslarda biriken bakır düzeyleri düşük olduğundan, bu balıkların insanlar tarafından tüketilmesi halinde insanlara geçen

bakır miktarı nispeten çok düşük düzeyde olacaktır.

Bakırın ergin insanlarda ilk toksik etkilerinin 70 kg insan ağırlığı başına haftada 45 ppm yaş ağırlık olarak alındığında ortaya çıktığı belirtilmiştir [39].

Karaciğer, solungaçlar gibi hedef organlar, metabolik olarak aktif dokulardan oluşur. Ağır metalleri daha yüksek seviyelerde biriktirirler. Özellikle genç bireyler ve yumurtalar metal birikimine karşı oldukça hassastırlar.

Sudaki bakır sülfat miktarının 3,5 kat daha fazlasının sazan (*Cyprinus carpio*) dokularında biriktiği bildirilmektedir [5].

Suyla alınan bakırın, gökkuşağı alabalıklarında büyümeyi yavaşlattığı ve karaciğerde bakır miktarının artışına sebep olduğu bildirilmektedir [40].

Gökkuşağı alabalığının (*Salmo trutta gairdneri*) karaciğerinde Cu birikimi 50,2 ppm/g, Zn birikimi ise 34,1 ppm/g kuru ağırlık (k.a.) iken, kırmızı kas dokusunda bu değerler Cu ve Zn için sırasıyla 2,1 ve 25,1 ppm/g (k.a.) şeklinde olmuştur [41].

İzmir ve Çandarlı Körfezlerinde yapılan araştırmalarda, su, sediment ve biota örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının düzeyleri $Fe > Zn > Pb > Cu > Cd > Hg$ sırasını takip ettiği, ağır metal düzeylerinin gerek kendi aralarında gerekse bazı biyolojik türlerde anlamlı ilişkiler gösterdiğini bildirilmiştir [42].

Farklı ortam derişimlerine bırakılan *T. nilotica* 'nın çeşitli ortam ve dokularındaki bakır birikiminin balığın çözeltideki kalma süresi ve ortamdaki bakır derişimi ile orantılı olarak arttığı, doku ve organlar arasındaki ilişkinin dalak > karaciğer > bağırsak > mide > solungaç > kas şeklinde olduğu bildirilmektedir [39].

Bakır çözeltilerine bırakılan kral salmon yumurtalarının ve keseli larvalarının biyolojik incelemesinde, 0,021, 0,04, 0,08 mg Cu/l konsantrasyonlarında sırasıyla keseli larvalarının yaşama oranlarının % 88,46, % 6,85 ve % 0,0 olduğu, deney

sonunda yavruların ağırlık ve boylarında, artan bakır miktarlarıyla negatif bir ilişki olduğu saptanmıştır [43].

Yine, alabalıklarda (*Salmo gairdneri*), yapılan metal analizi çalışmalarında, Cu konsantrasyonu en yüksek karaciğer, sonra solungaç ve kasta belirlenmiştir. Zn'nun en yüksek seviyesi ise solungaçlarda sonra karaciğer ve kasta tespit edilmiştir [44].

Alabalıklarda yapılan bir diğer çalışmada ise, 30 günlük süreçler içerisinde nehir suyundaki Cu ve Zn'nun belirtilen türde (*Salmo gairdneri*) birikimi izlenmiş, Cu'nun en fazla böbrekte, Zn'nun ise solungaçlarda bulunduğu tespit edilmiştir [4].

İncelenen 10 farklı tatlısu balığı türünde Cu için ortalama birikim miktarını 23,31 – 48 ppm ve Zn için ortalama birikim 33,01–286 ppm (k.a.) şeklinde belirlenmiştir [45].

Seyhan Nehri'nde yaşayan türlerin (*Cyprinus carpio*, *Barbus capito*, *Chondrostoma regium*) dokularında yapılan metal analizlerinde, karaciğer ve solungaç dokularının kas dokusundan daha yüksek düzeyde metal biriktirdiği saptanmıştır. Balıkların dokularındaki ortalama metal derişimleri Cu için; solungaçta 5,43-58,63 µg/k.a şeklinde olmaktadır. Karaciğerde ise bu miktarlar; 5,91-201,1 µg/k.a., kasta 3,27-7,35 µg/k.a. şeklinde olmaktadır. Seyhan Nehri'ndeki türlerin dokularındaki metal seviyeleri balık ve onunla beslenen insan sağlığı açısından oldukça yüksek bulunduğu belirtilmiştir [7].

Deneyssel olarak belirli düzeylerde bakıra maruz kalan sazanlarda (*Cyprinus carpio*), solunum sırasında serbest Cu iyonlarının aktivitesini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, solungaç çevresindeki pH değeri, sudaki pH değerinden daha yüksek bulunmuştur. Su ortamındaki bakır konsantrasyonunun artışıyla solungaçlarda mukus ve CO₂, HCO₃⁻ değerlerinin arttığı belirtilmiştir [46].

Balıklarda, çevre sularındaki Cu ve bileşiklerinin [CuCO₃⁰, Cu⁺², Cu(OH)₂⁰,

CUHCO_3^+] miktarının artışıyla solungaç çevresindeki mukus-Cu ve Cu bileşiklerinin miktarlarının da arttığı ifade edilmektedir [46].

Genç gökkuşağı alabalıklarında Cu'nın; büyüme, kondüsyon faktörü (Besililik durumu) ve besin değişimine etkisinin saptandığı bir çalışmada, balıklar düşük (11 $\mu\text{g Cu/g}$), orta (300 $\mu\text{g Cu/g}$) ve yüksek (1000 $\mu\text{g Cu/g}$) bakır sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) çözeltilerini içeren besinlerle 28 gün beslenmişlerdir. Besinde kullanılan Cu'nın büyüme, kondüsyon faktörü ve besin değişimine etkisinin olmadığı görülmüştür. İnceleme süresinde, tüm vücuttaki Cu seviyesinin, orta seviyede Cu içerenlerde kontrol grubuna göre 2 kat, yüksek miktarlı Cu içerenlerde kontrol grubuna göre 4 kat daha yükselerek arttığı belirtilmektedir [47].

Bakır, başlıca karaciğer, barsak, solungaç ve böbrek dokularında birikime uğramaktadır. Deney gruplarında plazmadaki ve safradaki Cu konsantrasyonunda büyük artış olmuş ve karaciğerdeki safra salınımının da indüklendiği belirtilmiştir [46].

Metallerle kirletilmiş sularda yaşayan balıkların önemli fizyolojik fonksiyonlarında olumsuz etkiler olduğu bildirilmektedir. Metal kirliliğine maruz kalan balıklarda, toplam beyaz kan hücresinin sağlam balıklara göre % 30 – 50 oranında düşük olduğu, bunun da bağışıklık sisteminde zayıflama neden olduğu, bu nedenle bulaşıcı hastalıklara çabuk yakalanma ve ölümle sonuçlanma olduğu belirtilmiştir [48].

Cu gibi bir kısım ağır metaller, uygun konsantrasyonlarda enzim faaliyetleri için gerekli olmasına karşın, bu doğal konsantrasyonlar aşıldığında önemli bir enzim engelleyici grubu oluştururlar [9].

Bazı ülkelerdeki deniz ürünlerinde Cu ve Zn' nun kabul edilebilir limitleri Çizelge 2.2. de görülmektedir [37].

Çizelge 2.2. Çeşitli dünya ülkelerinde deniz ürünlerinde kabul edilebilir metal limitleri ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık).

Ülke	Cu	Zn
Amerika	100	100,0
Avustralya	10,0	
Filipinler	10-30	20-50
G Avustralya	30,0	40,0
Hollanda	30,0	40,0
Hong-kong	10,0	50,0
İsviçre	20,0	
Tasmama	10,0	
Türkiye	20,0	50,0

2.8. Metal Birikimi - Ortam İlişkisi

Endüstriyel etkinin fazla olduğu, atıksu kirliliğinin yoğun görüldüğü alanlardaki sucul ortamlarda yaşayan balıklarda ağır metal birikimi yüksek olmaktadır.

Dicle Nehri'ndeki *Capoeta capoeta* örneklerinin karaciğer ve kaslarında, 1992 yılında Cu ve Zn düzeylerinin oldukça yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, bölgenin Ergani Bakır İşletmesine yakın oluşundan ya da bölgenin jeokimyasal yapısından kaynaklanabileceği bildirilmektedir [49].

Yine, Dicle Nehri'ndeki *Capoeta trutta* örneklerinin dokularındaki yüksek miktarda Cu (Kas-29,90 $\mu\text{g/g}$, karaciğer-85,52 $\mu\text{g/g}$), Zn (Kas- 53,07 $\mu\text{g/g}$, karaciğer-88,43 $\mu\text{g/g}$) birikiminin olduğu belirlenmiştir.

Bu durumun nedeni olarak, Dicle Nehri'nin zengin maden yataklarının bulunduğu bölgeden doğması ve Ergani Bakır Fabrikası'nın atıklarını Dicle Nehri'ne boşaltmasıyla nehrin ağır metal bakımından kirlenmesinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir [49].

California'daki bir maden ocağının atıklarını boşalttığı Sacramento Nehri'nde

yaşayan genç alabalıklarda ve sucul böceklerdeki ağır metal (Cu, Cd, Zn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Alabalıkların besin olarak Tatarcık (*Chironomidae*) larva ve pupaları, Trichoptera larvaları, Cladocera ve Mayıs böceklerinin niflerini tüketmektedir. Seçilen bu böcekler metal seviyelerini belirlemede önemli birer ölçüttürler. Referans alanlarda ağır metal değerleri, alabalık ve böceklerde nehirde olduğundan daha yüksek bulunmuştur. Böceklerde maksimum metal değerleri; Cu için 87,8 µg/g, Zn için 1230 µg/g ve Cd için de 30,7 µg/g şeklinde belirlenmiştir. Sucul böcekler için belirlenen bu miktarların toksik etkiye neden olduğu belirtilmektedir [50].

Balık dokusundaki Zn ve Cd miktarının, USA' da endüstriyel etkinin yoğun görüldüğü göllerde daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun, en yüksek Zn değeri için 820 ppm (k.a.) kadar olduğu ifade edilmektedir [51].

Güney Avustralya'da büyük şehirlere ve endüstriyel alanlara yakın olan ve dünyanın kurşun eritimini yapan en büyük limanı olan Pirie Limanı'ndan yılda 250 ton Zn ve 100 ton Pb Spencer Körfezi'ne bırakıldığı bildirilmektedir. İncelenen büyük balık türleri ve sestondaki metal miktarlarının belirlenerek deniz ekosistemindeki kirliliğin ortaya konduğu çalışmada, balık örneklerinde ve sestondaki metal içerikleri (Cu, Cd, Pb) mevsimsel değişim gösterirken, genel olarak kışın daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Balık etindeki ve sestondaki metal derişimleri arasında pozitif ilişki belirlenmiştir. Ayrıca balıktaki her bir metalin konsantrasyonları ile eritrositlerindeki mikronukleusun yoğunluğu arasında da yakın ilişki belirlenmiştir. İncelenen balık türlerinin (*Sillago schomburgkii*, *Aldrichetta forsteri*) besin olarak kullandığı krustaselerdeki metal birikimlerinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Çalışmayla; endüstriyel etkinin yoğun olduğu alanlarda balık dokusunda ve sestondaki metal seviyelerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır [52].

Manzala Gölü' deki organoklorin insektisitler, petrol hidrokarbonları ve bazı ağır metallerin (Cu, Zn) balık dokularında ve sedimentteki birikimi incelenerek oluşan kirliliğin boyutları belirlenmiştir [53].

Balık dokusundaki en yüksek Cu değeri 28,8 µg/g, en yüksek Zn miktarı ise 97 µg/g şeklinde ölçülmüştür. Sonuca göre; incelenen balık türlerinde (*A.anguilla*, *Tilapia* türleri ve *C.angullaris*) ve sediment örneklerinde petrol hidrokarbonları ve ağır metaller normalden daha düşük düzeylerde bulunmuştur [53].

2.9. *Leuciscus cephalus* (L., 1758) 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 küçüktür. İnterorbiter 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 ışıın 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 [54].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Balık örnekleri

Çalışmada incelenen balıklar Sakarya Nehri'nin önemli bir kolu olan, Kızılcahamam ilçesi yakınından geçen Çeltikçi Çayından yakalanmıştır. Balıklar polietilen kaplarda aynı gün laboratuara getirilmiş ve formaldehitte muhafaza edilmişlerdir. Laboratuarda; boy uzunlukları, ağırlıkları belirlenmiş olan balıkların iç organları analiz yapılana kadar % 70'lik alkolde muhafaza edilmişlerdir.

3.1.2. Analiz için kullanılan araç ve gereçler

Dokuları balık vücudundan ayırmak için bisturi ve makas, hassas terazi, dokuları kurutmak için etüv ve dokuları çözmek için perklorik asit kullanılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Örneklerin analize hazır hale getirilmesi

Balıklar; laboratuarda gerekli ölçümler yapıldıktan sonra, her balığın kas, karaciğer ve solungaç dokuları çıkarılmış ve analizin yapılacağı zamana kadar % 70'lik alkolde bekletilmiştir. Daha sonra bu organlar önceden darası alınmış beherlere konulmuşlar ve 105 °C de sabit tartıma getirilmişlerdir.

Sabit tartıma getirilen bu numunelere perklorik asit ilave edilmiş ve elektrikli ısıtıcı üzerine alınarak dokuların çözünmesi sağlanmıştır.

Ölçümler, CHI firmasının geliştirdiği anodik sıyırma voltmetresi ile yapılmıştır.

3.2.2. Anodik sıyırma voltametrisi (ASV)

Ag, As, Au, Ba, Bi, Cd, Cu, Ga, Ge, Hg, In, K, Ni, Pb, Pt, Rh, Sb, Sn, Tl, Zn, ASV metodu ile tayin edilen elementlere örnek olarak verilebilir. Bu metot atomik absorpsiyon, atomik emisyon, atomik floresans tekniklerine bir alternatiftir. ASV metoduyla 100 µl madde analiz edilebilir. Bu miktar neredeyse atomik absorpsiyonla tayin edilen madde miktarı kadardır. Çizelge 3.1’de ASV ve atomik absorpsiyon ile tayin edilen maddelerin alt tayin sınırları karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 3.1. Anodik Sıyırma Voltametrisi (ASV) ve Atomik Absorpsiyon (AA) ile tespit edilen maddelerin alt sınırlarının karşılaştırılması.

Element	ASV		AA	
	Diferansiyel puls (ng/ml)	Lineer tarama (ng/ml)	Alevli (ng/ml)	Alevsiz (ng/ml)
Bi	-	0,01	46,0	8,0
Cd	0,005	0,01	0,7	0,01
Cu	0,05	0,01	2,0	0,8
Ga	0,4	-	38,0	-
In	0,1	-	38,0	-
Pb	0,01	0,02	15,0	0,5
Rh	-	10,0	30,0	-
Sn	2,0	-	30,0	0,1
Tl	0,01	0,04	18,0	1
Zn	0,04	0,04	1,0	0,008

ASV tahripkar olmayan bir metottur. AA ile elementlerin bir arada tayini güç olmasına rağmen ASV ile dört-beş element bir arada tayin edilebilir ve son derece duyarlıdır. ASV' nin diğer metotlardan bir üstünlüğü de analizin kısa zamanda yapılmasıdır. ASV metotları içerisinde diferansiyel puls sıyırma voltametrisi (DPSV) tekniği, diğer tekniklerden en duyarlısıdır [55].

Normal puls, diferansiyel puls, kare dalga voltametrileri metotları belli bir potansiyel pulsı uyguladıktan sonra, zamanla akımın değışmesi esasına dayanır. Bu tekniklerde uygulanan potansiyel aniden değıştirilerek, kapasitif akım, faradayik akıma göre oldukça azaltılır.

3.2.3. Örneklerin analizi

İçerisindeki ağır metal miktarının belirlenmesi istenilen numuneler ASV de önce analiz edildikten sonra numuneye içinde numunede bulunan metallerin bilinen konsantasyonlarını içeren standartlar eklenmiş ve metallerin kalibrasyon eğrileri çıkarılmıştır. Daha sonra bu kalibrasyon eğrileri yardımıyla başlangıçtaki numunedeki ağır metal konsantrasyonları ppm olarak hesaplanmıştır.

3.2.4. Kullanılan istatistiksel metotlar

Yapılan çalışmada, örneklerin vücut ağırlıkları ile dokularındaki metal birikimleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon katsayıları hesaplanmıştır [56].

Balık örneklerinde belirlenen ağır metal değerlerinin incelenen organlar arasındaki farklılık derecesini saptamak için t testi uygulanmıştır [56].

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4. 1. Deneyisel Bulgular

Sakarya Nehri Çeltikçi Çayından yakalanan (*Leuciscus cephalus* L., 1758) tatlısu kefalinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında belirlenen Zn, Cd, Pb ve Cu miktarları Çizelge 4.1. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. *L. cephalus*' un farklı organlarında ölçülen çinko, kadmiyum, kurşun ve bakır değerleri (ppm).

		Kas	Karaciğer	Solungaç
Zn	Ortalama	79,0408	98,5000	32,9105
	S	38,0522	78,4272	7,3634
	S H	10,1707	20,9605	1,9679
	Maks	119,7805	350,6689	54,5896
	Min	41,6724	52,5188	20,6674
Cd	Ortalama	2,7901	4,5354	0,2428
	S	0,9203	2,4097	0,0476
	S H	0,2460	0,6440	0,0127
	Maks	3,8348	9,2500	0,3090
	Min	2,1783	1,6866	0,1404
Pb	Ortalama	27,0386	38,9649	2,4219
	S	9,7623	16,9019	0,5670
	S H	2,6091	4,5172	0,1515
	Maks	41,3734	70,8155	3,2164
	Min	20,5000	21,6269	1,3853
Cu	Ortalama	6,0330	3,4653	0,7950
	S	10,2270	3,5051	0,8015
	S H	2,7333	0,9368	0,2142
	Maks	38,5630	147,6093	30,0380
	Min	1,5243	1,1617	0,3878

Tatlısu kefalinin farklı organlarındaki çinko değerleri incelendiğinde karaciğer için min değer; 52,5188 ppm, maks değer; 350,6689 ppm, kas için min değer; 41,6724 ppm, maks değer; 119,7805 ppm ve solungaç için min değer; 20,6674 ppm, maks değer; 54,5896 ppm dir.

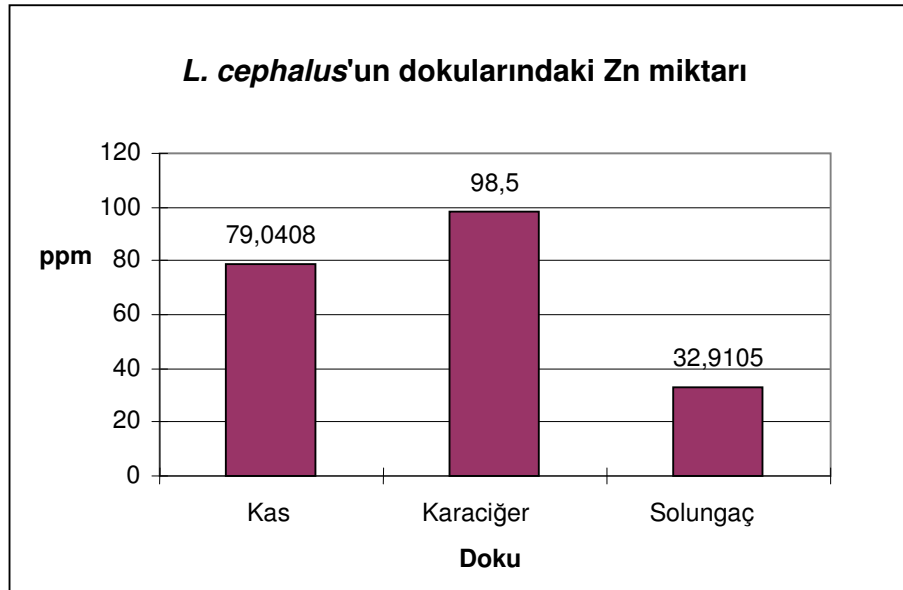
Tatlısu kefalinin farklı organlarındaki kadmiyum değerleri incelendiğinde karaciğer için min değer; 1,6866 ppm, maks değer; 9,2500 ppm, kas için min değer; 2,1783

ppm, maks değer; 3,8348 ppm ve solungaç için min değer; 0,1404 ppm, maks değer; 0,3090 ppm dir.

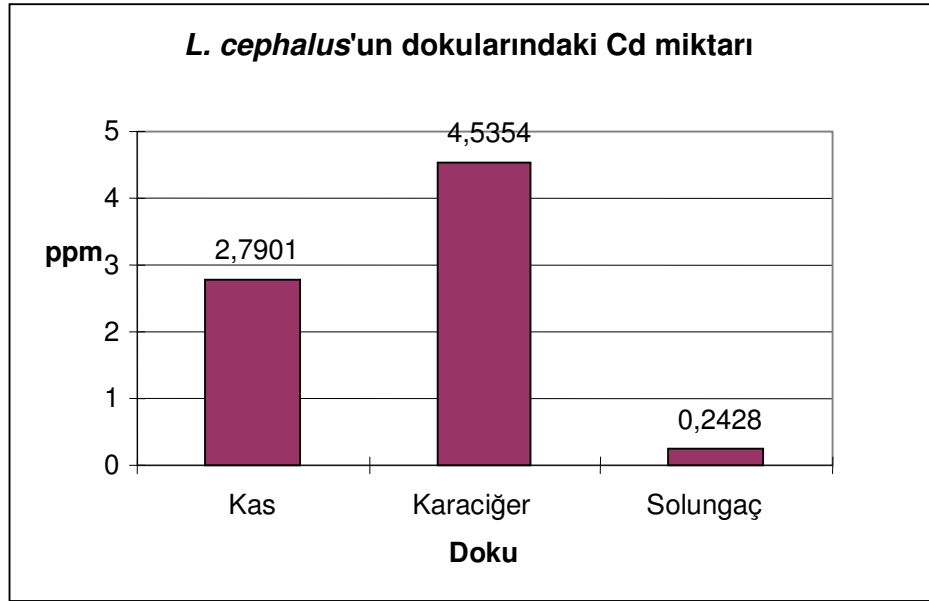
Tatlısu kefalinin farklı organlarındaki kurşun değerleri incelendiğinde karaciğer için min değer; 21,6269 ppm, maks değer; 70,8155 ppm, kas için min değer; 20,5000 ppm, maks değer; 41,3734 ppm ve solungaç için min değer; 1,3853 ppm, maks değer; 3,2164 ppm dir.

Tatlısu kefalinin farklı organlarındaki bakır değerleri incelendiğinde karaciğer için min değer; 1,1617 ppm, maks değer; 147,6093 ppm, kas için min değer; 1,5343 ppm, maks değer; 38,5630 ppm ve solungaç için min değer; 0,3878 ppm, maks değer; 30,0380 ppm dir.

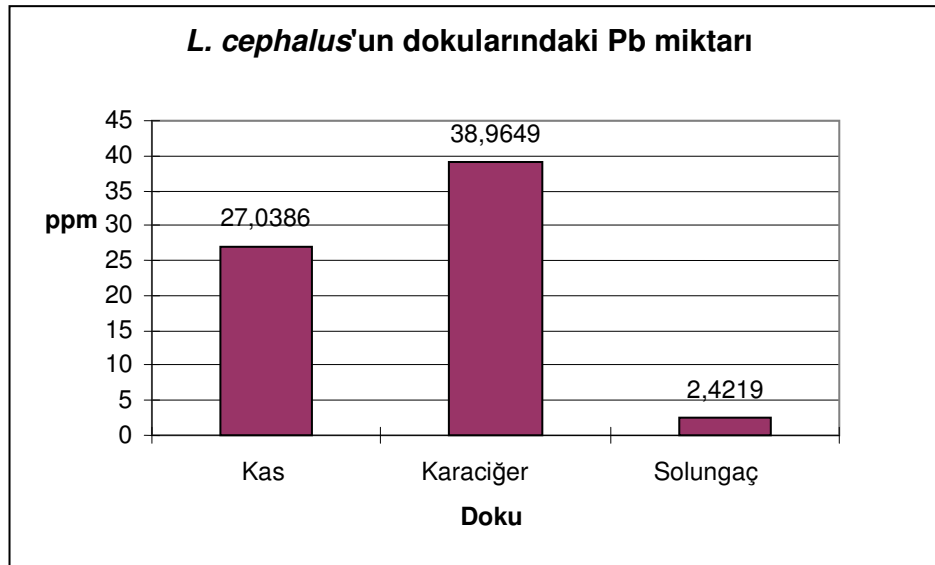
Bu çalışmada ağır metallerin organlardaki birikim düzeyi karşılaştırıldığında çinkonun en fazla karaciğer, sonra kas ve solungaçta (Şekil 4.1.), kadmiyumun en fazla karaciğer, kas ve solungaçta (Şekil 4.2.), kurşunun en fazla karaciğer, sonra kas ve solungaçta (Şekil 4.3.) ve bakırın en fazla kas, karaciğer ve sonra solungaçta (Şekil 4.4.) biriktiği belirlenmiştir.



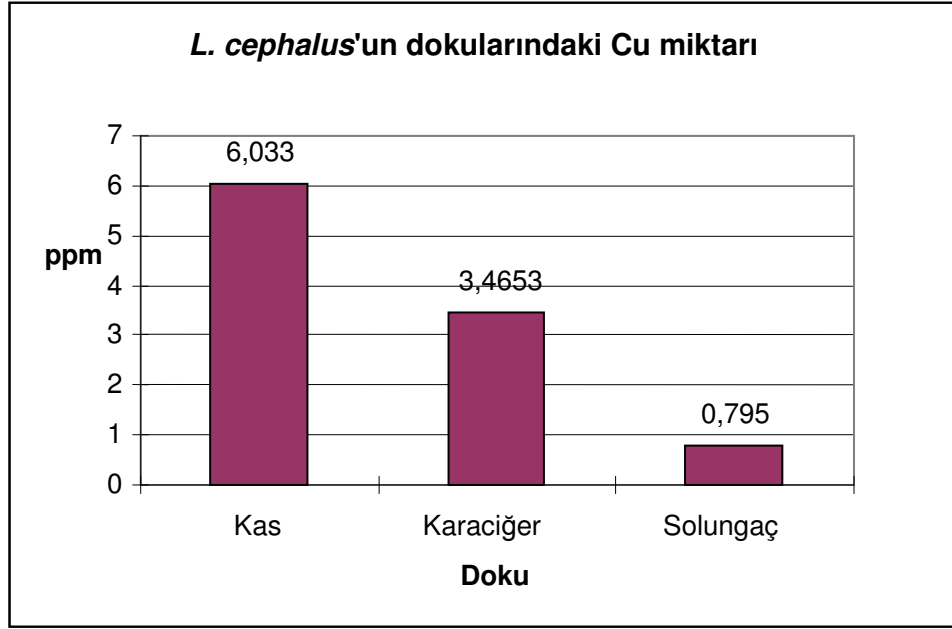
Şekil 4.1. *L. cephalus*' un dokularındaki Zn miktarları (ppm).



Şekil 4.2. *L. cephalus*' un dokularındaki Cd miktarları (ppm).



Şekil 4.3. *L. cephalus*' un dokularındaki Pb miktarları (ppm).



Şekil 4.4. *L. cephalus*' un dokularındaki Cu miktarları (ppm).

L. cephalus' un organlarında tespit edilen ağır metal değerleri ile vücut ağırlığı arasındaki ilişki için korelasyon değeri hesaplanarak Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.2. *L. cephalus*' un organlarında tespit edilen ağır metal değerleri ile vücut ağırlığı arasındaki ilişki.

	Kas		Karaciğer		Solungaç	
	Metal (ppm) $\bar{X}$ (Min-Maks)	r	Metal (ppm) $\bar{X}$ (Min-Maks)	r	Metal (ppm) $\bar{X}$ (Min-Maks)	r
Zn	79,0408 (41,67-119,78)	0,72670	98,5000 (52,52-350,67)	-0,2585	32,9105 (20,67-54,59)	-0,3002
Cd	2,7901 (2,18-3,83)	0,6298	4,5354 (1,69-9,25)	-0,1294	0,2428 (0,14-0,31)	-0,4963
Pb	27,0386 (20,50-41,37)	-0,1181	38,9649 (21,63-70,82)	-0,1480	2,4219 (1,39-3,22)	-0,5768
Cu	6,0330 (1,52-38,56)	0,2168	3,4653 (1,16-147,61)	0,0663	0,7950 (0,39-30,04)	0,6092

Vücut ağırlığı ile kastaki ağır metal (Zn, Pb, Cd, Cu) miktarları arasındaki ilişki incelendiğinde; vücut ağırlığı ile kastaki Zn, Cd, Cu miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve istatistiksel olarak vücut ağırlığı arttıkça dokulardaki bu ağır metal miktarlarının da arttığı saptanmıştır. Ancak vücut ağırlığı ile kastaki Pb miktarı arasında negatif bir ilişki olduğu ve istatistiksel olarak vücut ağırlığı arttıkça dokulardaki Pb miktarının azaldığı anlaşılmıştır (Çizelge 4.2.).

Vücut ağırlığı ile karaciğerdeki ağır metal (Zn, Pb, Cd, Cu) miktarları arasındaki ilişki incelendiğinde vücut ağırlığı ile karaciğerdeki Zn, Cd ve Pb miktarları arasında negatif bir ilişki olduğu ve istatistiksel olarak vücut ağırlığı arttıkça dokulardaki bu ağır metal miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Ancak vücut ağırlığı ve karaciğerdeki Cu miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve istatistiksel olarak vücut ağırlığı arttıkça karaciğerdeki Cu miktarının arttığı saptanmıştır (Çizelge 4.2.).

Vücut ağırlığı ile solungaçtaki ağır metal (Zn, Pb, Cd, Cu) miktarları arasındaki ilişki incelendiğinde vücut ağırlığı ile solungaçtaki Zn, Cd ve Pb miktarları arasında negatif bir ilişki olduğu ve istatistiksel olarak vücut ağırlığı arttıkça dokulardaki bu ağır metal miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Ancak vücut ağırlığı ve solungaçtaki Cu miktarı arasında pozitif bir ilişki olduğu ve istatistiksel olarak vücut ağırlığı arttıkça solungaçtaki Cu miktarının arttığı görülmektedir (Çizelge 4.2.).

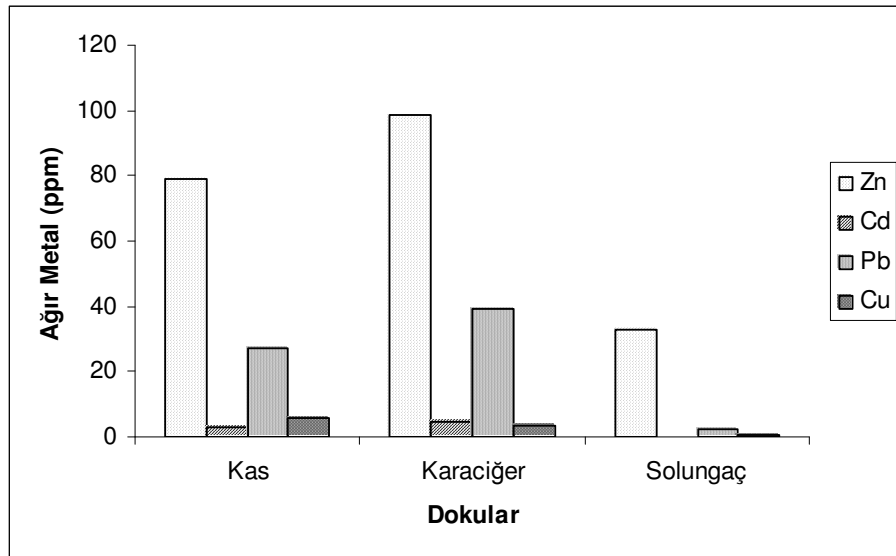
4.1.1. Aynı dokuda biriken ağır metallerin karşılaştırılması

L. cephalus bireylerinin dokularındaki ağır metal birikim düzeyleri arasındaki farklılığın önemliliği t testi ile araştırılmış ve sonuçlar Çizelge 4.3.' de karşılaştırılması Şekil 4.5.' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. *L. cephalus*' un farklı organlarında biriken ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması.

	Kas		Karaciğer		Solungaç	
	t	p	t	p	t	p
Zn/Cu	6,9323	önemli	4,5295	önemli	0,9758	önemsiz
Zn/Cd	7,4949	önemli	4,48	önemli	0,9926	önemsiz
Zn/Pb	4,9526	önemli	2,77	önemli	0,9264	önemsiz
Cd/Cu	1,1817	önemsiz	0,9413	önemsiz	0,0168	önemsiz
Cd/Pb	9,2529	önemli	7,5455	önemli	0,0662	önemsiz
Pb/Cu	5,5591	önemli	7,6950	önemli	0,0494	önemsiz

Çizelge 4.3.'den de anlaşılacağı gibi Zn-Cu, Zn- Cd, Zn-Pb, Cd-Pb ve Pb-Cu metallerinin birikim düzeyleri arasındaki farklılığın kas ve karaciğerde önemli, solungaçta ise önemsiz olduğu görülmektedir. Cd-Cu metallerinin kas, karaciğer ve solungaçtaki birikim düzeyleri arasındaki farklılıkların önemli olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. *L. cephalus*'un organlarında biriken ağır metallerin karşılaştırılması.

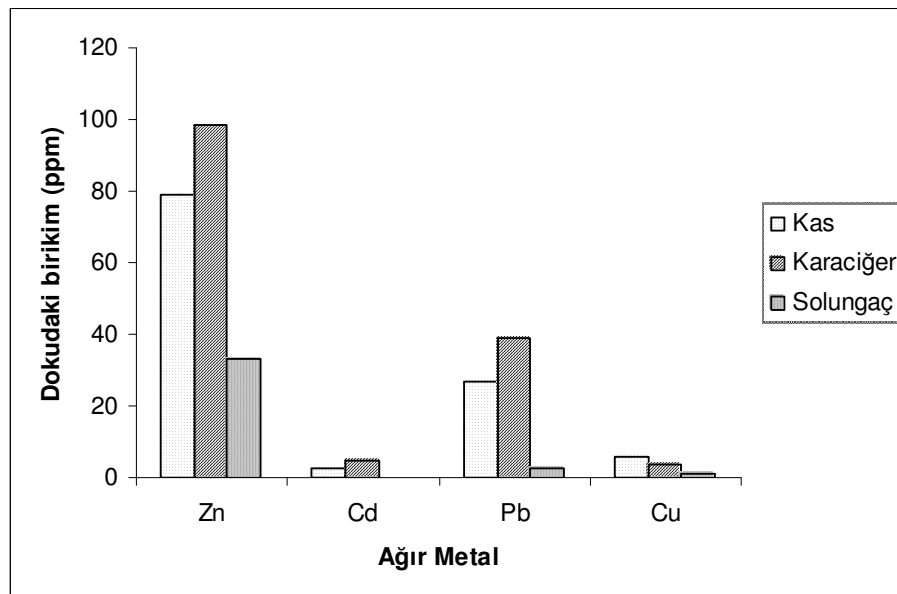
4.1.2. Farklı organlardaki ağır metallerin karşılaştırılması

L. cephalus' un dokularında belirlenen Zn, Cd, Pb ve Cu değerlerinin kas, karaciğer ve solungaçtaki birikim düzeyleri t testi yapılarak karşılaştırılmış ve değerler Çizelge 4.4. de ve Şekil 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. *L. cephalus*' un dokularında biriken Zn, Cd, Pb ve Cu değerlerinin dokulardaki düzeylerinin karşılaştırılması.

Metal	Önem Derecesi	Karaciğer-Solungaç		Karaciğer-Kas		Kas-Solungaç	
		t	p	t	p	t	p
Zn	0,01	1,5632	önemsiz	0,8352	önemsiz	6,3314	önemli
Pb	0,01	15,9861	önemli	2,2862	önemsiz	8,0852	önemli
Cd	0,01	0,3769	önemsiz	2,5317	önemsiz	17,426	önemli
Cu	0,01	3,7114	önemli	0,8886	önemsiz	2,7787	önemli

Çizelge 4.4.'de görüldüğü gibi çinko'nun karaciğer-solungaçtaki karşılaştırılmasında birikim düzeylerinin önemsiz olduğu karaciğer-kas ve kas- solungaçta ise önemli olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.6. *L. cephalus*'un organlarında biriken ağır metallerin dokulardaki düzeylerinin karşılaştırılması.

Kurşun'un karaciğer-solungaç ve kas-solungaçtaki birikiminin önemli, karaciğer-kastaki farklılıklarının karşılaştırılmasında birikim düzeylerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur.

Kadmiyum'un karaciğer-solungaç ve karaciğer-kastaki birikiminin önemsiz olduğu, kas-solungaçtaki birikiminin önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bakır'ın karaciğer-solungaçta ve kas-solungaçta önemli, karaciğer-kasta önemsiz olduğu görülmüştür.

4.2. Tartışma

Bu çalışmada; balık örneklerinin vücut ağırlıkları ile dokuda biriken Zn miktarının kasta artarken, karaciğer ve solungaçta azaldığı belirlenmiştir.

Kanal yayın balıkları bakır ve yüksek düzeyde çinko içeren yemlerle beslenmiş, kemiklerdeki çinko miktarının yemdeki çinko düzeyi ile, karaciğerdeki bakır miktarının da yine yemdeki çinko düzeyi ile orantılı olarak artış gösterdiği belirtilmektedir. Buna karşılık ağırlık artışının gruplar arasında istatistiksel olarak önemsiz olduğu bildirilmiştir [57].

Bu çalışmada *L.cephalus*' un dokularında biriken Pb miktarının artan vücut ağırlığı ile azaldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada *L.cephalus*' un dokularında biriken Cd miktarının vücut ağırlığı arttıkça kasta arttığı, karaciğer ve solungaçta azaldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada *L.cephalus*' un dokularında biriken Cu miktarının artan vücut ağırlığı ile arttığı tespit edilmiştir.

İncelenen metallere Zn, Cd ve Pb en fazla karaciğerde, Cu'ın ise kasta biriktiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.). Sonuçlar yapılan birçok çalışmayla uygunluk

göstermektedir.

Balık ve Mollusca türleri üzerinde yapılan bazı araştırmalarda, sucul organizmalardaki bakır konsantrasyonunun artan vücut ağırlığı ile azaldığı belirtilmektedir [58].

Gatlin ve Wilson, kanal yayın balıklarının yemlerine değişik düzeylerde bakır (0-40 mg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /Kcj-yem) katılarak beslendiğinde büyümelerinin kontrol grubuna göre engellendiğini bildirmektedirler. Çalışmada; karaciğerdeki Cu miktarının yüksek olduğu, hematokrit ve eritrosit sayılarının azaldığı ifade edilmektedir [56].

Knox ve Cowey, ortalama başlangıç ağırlıkları 8,0 g olan gökkuşağı alabalıklarının kg'da 2,5 - 500 mg bakır ve 34 - 1000 mg çinko içeren yemlerle beslendiklerinde, bütün gruplarda canlı ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranı arasında hiçbir fark bulunmadığı, yüksek miktarda bakır içeren yemlerle beslenen balıkların karaciğer bakır seviyelerinin de yüksek olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca bu araştırmacılar; Alabalık karaciğerinde absorbe edilen bakırın toksik düzeylerinin muhtemelen lizozomlarda depolandığını açığa çıkardığını ifade etmişlerdir [59].

Marmara Deniz'indeki farklı istasyonlarda avlanan demersal balıklardaki metal ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre; berlam'ın (*Merluccius merluccius*) bakır miktarı 0,012–0,112 $\mu\text{g/g}$; Mezgit'in (*Merlangius merlangus*) 0,043–0,172 $\mu\text{g/g}$; öksüz'ün (*Trigla lyra*) 0,071–0,192 $\mu\text{g/g}$, barbunya'nın (*Mullus barbatus*) bakır miktarı, 0,038 – 0,098 $\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuş ve tüm örneklerde belirlenen bakır miktarının dünyada kabul edilen limitlerin altında yer aldığı ifade edilmiştir [20].

Yaş ağırlık olarak, berlam'ın (*Merluccius merluccius*) çinko miktarı 0,498 -0,96 $\mu\text{g/g}$; mezgit'in (*Merlangius merlangus*) 1,008-2,148 $\mu\text{g/g}$; öksüz'ün (*Trigla lyra*) 1,024-1,536 $\mu\text{g/g}$; barbunya'nın (*Mullus barbatus*) 0,497-0,861 $\mu\text{g/g}$ arasında bulunmuş ve tüm örneklerde Zn miktarları dünya da kabul edilen limitlerin altında yer almaktadır. Aynı çalışmada; organlarda belirlenen birikim değerlerinde, Cu' in en

fazla karaciğer, sonra kas ve solungaçta birikime uğradığı, Zn' nun ise; öncelikle solungaçta, sonra karaciğer ve kasta olduğu belirlenmiştir [20].

Çetinbaş (2003), çalışmasında; bakır'ın en fazla karaciğer, sonra kas ve solungaçta birikime uğradığı, çinko'nun ise; öncelikle solungaçta, sonra karaciğer ve kasta biriktiği belirtilmektedir [60].

Karahan (1991), sazanlarda yaptığı çalışmada; Cu birikiminin; karaciğer, böbrek ve gonatta en yüksek, kaslarda ise en az düzeyde bulunduğunu tespit etmiştir [38].

Hong Kong'daki balık kültür alanlarından toplanan deniz balıklarının dokularında yapılan ağır metal tayinlerinde, Cu' ın incelenen türlerin (*Epinephalus areolatus*, *Lutjanus russelli*, *Sparus sarba*) dokularında birikim sıraları incelenmiştir. Buna göre; göre en fazla karaciğer (4,94-44,1 mg/kg), solungaçlar (0,85-4,84 mg/kg), kas (0,77-1,41 mg/kg) şeklinde olduğu saptanmıştır. Zn ise, yine en çok karaciğer (59,5-174 mg/kg), solungaçlar (71,5-116 mg/kg) ve kas (20,8-68,3 mg/kg) şeklinde olmaktadır. Bu değerlerin, limit verilerin altında olduğu için tüketici sağlığı açısından risk taşımadığı belirtilmektedir [61].

Deneysel olarak belirli düzeylerdeki ağır metaller (Cu, Zn, Mn, Fe) ile karıştırılmış besinlerle beslenen Atlantik salmonlarda, ağır metallerin büyümeye etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Sonuçta; besinle verilen 68 mg/kg'lık Zn miktarının, balık için ihtiyaç duyulan miktar olduğu ve büyümeyle birikiminin arttığı, Cu'ın ise büyümeyle değişmediği belirtilmiştir [62].

Deniz ve kıyısularda doğal veya insan etkisiyle oluşan değişimlerin biyolojik olarak belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, Kızıl Deniz kıyılarından alınan türlerin (*Siganus rivulatus*, *Diplodus sargus*, *Lithognathus mormyrus*, *Plathychtis flesus*) dokularındaki Cu, Zn, Mn miktarlarının Akdeniz kıyısındaki aynı türlere göre yüksek bulunduğu belirtilmiştir. Bu farklılık, farklı doğal çevrelerdeki besinlerin değişikliğine dayandırılmaktadır. Çalışmada, tüm metallerin karaciğerdeki seviyelerinin kastakine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Cu seviyesi kasta 0,3 - 1,8 µg/g arasında değişirken Zn ise 10 µg/g dan daha düşük olduğu belirtilmiştir. Bu

değerlerde Kızıldeniz ve Akdeniz için saptanan normal değerler arasında olduğu belirtilmektedir [63].

İskoçya'nın batısındaki Rockail Boğazı'ndaki demersal balık türlerinin (*Nezumia aequalis*, *Lepidion eques*, *Raja fyllae*) dokularında ağır metal analizi yapılmıştır. Cu'nın en fazla karaciğer (1,92-3,07 mg/kg), sonra solungaçlar (0,47 - 0,93 mg/kg) ve kasta (0,17 - 0,33 mg/kg) biriktiği belirtilmektedir. Zn konsantrasyonu için birikimin çokluk sırası yine karaciğer (15,05-17,97 mg/kg), solungaçlar (12,89-29,88 mg/kg) ve kas (2,62-5,53 mg/kg) şeklindedir. Raja türleri gibi bentik türlerde, dokulardaki metal birikiminde zaman zaman artış görülebilmektedir. Bu durum, solungaçların sediment ile doğrudan temasta olmasıyla açıklanmaktadır [64].

Yine bentik ve pelajik balık türlerinin dokularındaki çinko konsantrasyonlarının benzer değerlerde, bakır konsantrasyonunun ise, pelajik balıklarda daha değişken dolayısıyla daha yüksek olabileceği belirtilmektedir. Ege Denizi'ndeki ekonomik balık türlerinden *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius*, *Boops boops* ağır metallerin (Cu, Zn, Cd, Pb) kas, solungaç, karaciğer ve gonadlardaki birikimi incelenmiştir. Cu, Zn ve Pb kasta düşük, Cd ise karaciğer ve gonadlarda yüksek bulunmuştur. Karaciğerdeki Cu miktarı diğer dokularda olduğundan daha yüksek bulunmuştur. Karaciğer ve solungaçlarda da diğer organlarla karşılaştırıldığında yüksek seviyede Pb saptanmıştır. Tür farklılığı açısından ele alındığında; *Boops boops*'un organlarında daha çok metal birikimi olduğu belirtilmektedir [65].

Orta ve Doğu Karadeniz' de ekonomik önemi olan bazı deniz ürünlerinde ağır metallerin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmayla, Karadeniz'in kirlilik düzeyi ortaya konmaya çalışılmıştır. 1991 yılında ODTÜ ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığı işbirliğinde yürütülen çalışmada, bu bölgede oldukça bol avlanan ve ekonomik öneme sahip pelajik türlerden hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve istavrit (*Trachurus sp.*) ile demersal olan mezgitte (*Merlangius merlangus*) civa, bakır ve kurşun düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan; Haziran ve Ekim aylarında analiz edilen organizmalarda civa konsantrasyonunun arttığı, bakır konsantrasyonunun ise azaldığı gözlenmiştir. Kurşun değerlerinin, yaz aylarında en yüksek seviyeye

ulaştığı, sonbahar ve kış aylarında azaldığı ifade edilmiştir. Örnekleme bölgelerine göre metal konsantrasyonları incelendiğinde, bakır konsantrasyonlarının Doğu Karadeniz'in doğusuna gidildikçe arttığı, Samsun ve Hopa'da yüksek olduğu, kurşun konsantrasyonlarının ise batıda özellikle Sinop'ta yüksek olduğu belirtilmektedir [66].

Yine, aynı kurumlarca desteklenerek yürütülen bir diğer çalışmada da Batı Karadeniz'de ekonomik önemi olan deniz organizmalarında ağır metaller belirlenmiştir. Örneklerin metal miktarı karşılaştırıldığında, tüm metaller sedimanda en yüksek düzeyde bulunmuş, bunu plankton ve makroalg izlemiştir. Buna göre, bir bölgede metal kirliliğini belirlemek için midyelerle birlikte sediman ve makroalglerin de kullanılabileceği bildirilmiştir. İncelenen balık türlerinde ve midyede ölçülen metal miktarlarının uluslararası kabul edilebilir değerlerin altında olduğu ifade edilmiştir [67].

Bakır ve çinko ile bu iki metalin karışımının *Tilapia nilotica*'nın dalak, beyin ve kas dokularındaki birikimlerin derişim ve süre artışına paralel olarak belirlendiği çalışmada; belirlenen süreler (60 gün) sonunda deneylerde en yüksek bakır (1,0 ppm/l), çinko (10,0 ppm/l) ve bakır-çinko (1,0+10,0 ppm/l) derişimlerinde ölüm gözlenmiştir. Karışımındaki balıkların kas dokularında çinko birikiminin, doğrudan çinkonun etkisine bırakılan balıklara göre %20 azaldığı ifade edilmektedir. Çalışmada, her iki halde (tek tek ve karışım halinde) en yüksek bakır ve çinko birikimleri dalakta olurken, bu iki metalin en düşük birikimlerinin ise beyinde olduğu tespit edilmiştir. Bu türün doku ve organlarında metal birikimi yönünden bakır ve çinkonun birbirine zıt etki yapmalarının nedeni, kısmen metallothionein gibi protein taşıyıcılar üzerinde bağlanma noktaları ve metallerin vücuda alınıp yeri için bu iki metal arasındaki rekabetle açıklanabilmektedir [57].

Bazı çalışmalarda bakır - çinko gibi metallerin kırmızı kasta, beyaz kasa nazaran daha çok bulunduğu gözlenmiştir [17].

Metal karışımlarının balıklar üzerindeki toksik etkilerinin artışına; sıcaklık, pH, sertlik ve oksijen gibi faktörlerin etkili olduğu belirtilmiştir [67].

Doku ve organlardaki bakır birikiminin, 1000 g' lık sazanlarda karaciğer, böbrek, gonad ve kas şeklinde ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Çalışma sonuçlarına göre, Kırmızı renkli dokularda, beyaz renkli dokulara oranla daha fazla bakır birikimi olduğu bildirilmektedir [38].

Kızılırmak üzerinde kurulu olan Altinkaya Baraj Gölü'ndeki sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metallerin birikim düzeylerinin belirlendiği araştırmada, kasta Zn miktarı 16,98 µg/g (y.a.) şeklinde belirlenmiştir. Gerek Cu gerekse Zn için farklı dokulardaki birikim miktarları çokluk sırasına göre; karaciğer, solungaç kas şeklinde olmuştur. Belirlenen değerlerin insan sağlığını etkileyecek düzeyde olmadığı ifade edilmiştir [67].

Dipsiz Çayını'nın Yatağan Termik Santrali etkisi altında kalan bir alanında yapılan bir çalışmada, *L. cephalus*' un kas ve solungaç dokularındaki Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn metallerinin birikimi incelenmiş ve 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 [68].

Tuzla lagününden, 2000 yılının Kasım ayından 2001 yılının Aralık ayına kadar olan sürede 3 türden (*Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* ve *Mugil cephalus*) 200 balık örneği toplanmış, ve bu balıkların kas, solungaç, karaciğer ve gonatlarında Cd, Pb, Zn ve Fe konsantrasyonları incelenmiş ve ağır metallerin; en çok *Sparus aurata*'nın kasında bulunduğu ve bu metallerden Cd ve Zn'nun baharda, Fe, Cu ve Pb'un kışın arttığı bildirilmiştir. *D. labrax* ve *M. cephalus*'da ise ağır metallerin en az kasta biriktiği bildirilmiştir. Zn, Fe ve Cu'ın en çok *M. cephalus*'un karaciğerinde, Cd ve

Pb'un ise *M. cephalus*'un solungaçında biriktiği bildirilmiştir. Bu çalışmada Zn, Cd ve Pb konsantrasyonlarının bazı mevsimlerde kasta limitlerin üzerine çıktığı bildirilmiştir. Özellikle Zn'nun baharda *D. Labrax* ve *M. cephalus*'da, kışın ise *Sparus aurata*'da yüksek seviyelere ulaştığı bildirilmiştir [69].

Bu çalışmada, kas ve karaciğerde bulunan Zn, Cd, ve Pb değerleri kabul edilebilir limitlerin üzerinde iken solungaçtaki Zn, Cd ve Pb değerleri kabul edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. Bu çalışmada bulunan Cu değerleri kas, karaciğer ve solungaçta kabul edilebilir limitlerin altında bulunmuştur [70].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sakarya Nehri'nin önemli kollarında biri olan Çeltikçi Çayı'ndan yakalanan tatlısu kefali örnekleri incelendiğinde; vücut ağırlıklarının 35 gr ile 64 gr arasında değiştiği ve ortalama ağırlığın 40,57 gr olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, analizi yapılan tüm dokulardaki Zn miktarının min değeri 20,6674 ppm, maks değeri 350,6689 ppm. Cd miktarının min değeri 0,1404 ppm maks değeri 9,25 ppm. Pb miktarının min değeri 1,2164 ppm, maks değeri 70,8155 ppm ve Cu miktarının min değeri 0,3878 ppm ve maks değeri 147,6093 ppm olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. *L. cephalus*'da bulunan ağır metal seviyeleri ile kabul edilebilir değerlerin karşılaştırılması [70].

Ağır metal	Kabul edilir değer (ppm)	Bulunan değer (ppm)		
		Kas	Karaciğer	Solungaç
Zn	50	79,0408	98,5000	32,9105
Cd	0,1	2,7901	4,5354	0,2428
Pb	0,4	27,0386	38,9649	2,4219
Cu	20	6,0330	3,4653	0,7950

Çizelge 5.1.'den de anlaşılabacağı üzere kas, karaciğer ve solungaç dokularında biriken çinko, kadmiyum ve kurşun değerleri kabul edilebilir değerlerin üzerindedir. Buna karşılık bakır'ın kas karaciğer ve solungaçtaki birikimi izin verilen değer altında bulunmuştur. Bu sebepten dolayı çalışmanın yapıldığı bölgede çinko, kadmiyum ve kurşun kirliliğinden bahsetmek mümkün iken bakır için böyle bir kirliliğin varlığından söz edilememektedir.

Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığı ve yaşadığı ortamdaki ağır metal konsantrasyonuna, ağır metal türüne ve yaşadığı süreye bağlı olup balığın organlarında farklılık göstermektedir [71].

Genel olarak bir sucul organizmayı öldüren ağır metal konsantrasyonu; hem metale hem de organizmaya bağlıdır. En zehirli ağır metaller sırasıyla Hg, Ag, Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Co'dır. Bu metallerin zehirlilik düzeyleri canlı türlerine göre farklılık göstermektedir. Ayrıca ağır metallerin toksisiteleri vücuda alınış yollarına, kimyasal özelliklerine, canlının yaşına, absorblanma miktarına ve maruz kalış süresine bağlı olarak değişmektedir [72].

Metal kirliliğinin giderilmesinde kullanılan kimyasal ve fiziksel yöntemler, tesis, ekipman ve malzeme açısından pratik ve ekonomik olmaktan uzak olup, arıtılan bu metaller daha sonra başka bir tür kirliliğe neden olmasından dolayı bu durumlara alternatif yöntemler düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda, denizler, göl ve benzeri sularda bol miktarda bulunan algler (*Chlorella vulgaris*), aktif çamur ortamında oldukça çok üreyen bakteriler (özellikle *Zoogle ramigera*) gibi organizmaların da ağır metal iyonlarının gideriminde başarıyla kullanılabilecekleri gösterilmiştir [73].

Yine çevrenin temizlenmesi ve kirleticilerin detoksifiye edilmesi için bitkilerin kullanımını esas alan fitoremediasyon gibi pek çok teknik geliştirilmiştir. Hatta son yıllarda çevresel temizliği sağlamak için endemik ya da genetik olarak elde edilmiş bitkilerle çalışılmaktadır [74].

Bu konuda yapılan çok sayıda araştırma ve uygulama, sucul ortamlardan ağır metallerin uzaklaştırılmasında alışılmış olan çökeltme, sedimantasyon, iyon değiştiriciler, absorpsiyonla uzaklaştırma gibi yöntemlere tercih edilmiştir [59].

Böylece, ağır metallerin meydana getirdiği kirliliğin, doğal sistemlerle kaynağında giderilmesi amaçlanmaktadır.

Çeşitli yollarla sucul ortamlara gelen ağır metallerin sudan uzaklaştırılmasında, kontrollü su bitkisi kültürleri kullanılabilir [75]. Kirli suların doğal yöntemlerle temizlenmesinde son yıllarda alternatif bir metot olarak su sümbülünden (*Eichhornia crassipes*) yararlanılmaktadır.

Sucul ortamlarda kirliliği bertaraf etmek için kullanılan sucul ya da yarı sucul vasküler bitkilerin kökleri ve yumruları ortamda bulunan metalleri bünyelerinde biriktirebilmektedir. Su sümbülünün dışında, su kadifesi (*Azola pinnata* R.Br), *Lemna minor* (L.), yeşil alg *Dunaliella viridis* gibi alglerde maksimum derecede Zn ve Cu'ı biriktirebildiklerinden dolayı hiper akümülatör bitkiler olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'de çevre kirliliği problemleri, yaygın nüfus artışı ve endüstrideki hızlı gelişmenin sonucu olarak özellikle 1960'lı yıllardan bu yana artış göstermiştir [76]. Büyük miktardaki evsel ve endüstriyel kaynaklı atıklar genellikle herhangi bir ön arıtmaya dahi tabi tutulmadan çevreye deşarj edilmektedir [77].

Alt yapının yetersiz olması, mevcut olan bölgelerdeki arıtma tesislerinin işletme maliyeti nedeniyle çalıştırılmaması evsel ve endüstriyel kirlilik problemlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu sebepten dolayı endüstri kuruluşlarının arıtma tesisi kurmaları zorunlu tutulmalı ve bu arıtma tesislerinin işletilmeleri yetkili kuruluşlarca düzenli olarak kontrol edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Bryan, G., "Heavy metal contamination in the sea in": R.Johnston *Mar. Poll. Academic Press mc.* London, 185-302 (1976).
2. Dirilgen, N., "Accumulation of heavy metal in freshwater organism: assessment of toxic interactions", *Turk. J. Chem.*, 25: 173-179 (2001).
3. Zya dah, M.A., "Toxicity and bioaccumulation of Cu , Zn and Cd in some aquatic organisms", *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 64: 740-747 (2000).
4. Camusso, M., Vigano, L., "Bioconcentration of trace metals in rainbow trout: a field study", *Ecotox. Environ. Safe.*, 31: 133- 141 (1995).
5. Canyurt, M.A., "Bazı tarım ilaçlarının aynalı sazan, Tilapia, ve yılan balıkları için toksik konsantrasyonları üzerine araştırmalar", Doçentlik Tezi, *E.Ü.Den.Bil.Ar. Enst.*, İzmir, 34 (1982).
6. İnan, V., Uysal, H., "Batı Anadolu Gölleri'nde (Apolyon, Manyas, Eğirdir, Çivril ve Marmara) yaşayan tatlısu ıstakozunda (*A.leptodactylus* ESCH, 1823) bazı ağır metal birikimleri ve bu elementlerin toksik etkilerinin araştırılması", *Tr. J. of Biology*, 19: 55-65 (1995).
7. Canlı, M., Ay, Ö., "Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *C.carpio*, *B.capito* and *C.regium* from the Seyhan River", *Tr. J. of Zoology*, Turkey, 22: 149-157 (1998).
8. Bat, I., Gündoğdu A., Sezgin ,M., "Akut toxicity of Zn , Cu, and Pb to three species of marine organisms from the Sinop Peninsula, Black Sea", *Tr. J. of Biology*, 23: 537-544 (1999).
9. Förstner,G., Wittmann.T., "Metal pollution in the aquatic environment", *Newyork Springer Verlag* , U.S.A., 3, 21, 271-318 (1981).
10. Lindström, M., Hakanson, L., *Water, Air and Soil Pollut.: Focus*, 1, (314): 119-132 (2001).
11. Canlı, M., Furness, R., "Mercury and cadmium uptake from seawate and from food by the Norway lobster *Nephrops notvegicus*", *Environ. Toxicol. Chem.* (14): 819-828 (1995).
12. Wittmann, G., "Toxic metals, metal pollution in he aquatic environment", *Springer-Verlag Chapter B.*, Berlin, 3-70 (1981).
13. Fowler, S., "Biological transfer and transport process" , U.S.A., *II. CRC Press*, 1-53 (1982).

14. TIMW, "Report of workshop sponsored by the environmental studies board , The Int. Mussel (Watch)", *National Academy of Sci*, Washington. 107 (1990).
15. Phillips, D., "The common mussel (*Mytilus edulis*) as a indicator pollution by Zn, Cd, Pb and Cu, I. Effect of environmental variables on uptake of metals", *Mar. Biol.*, 38: 71-80 (1976).
16. Lynby, J.E., Brix, H., "Monitoring of heavy metal contamination in the limfjord Denmark,using biological indicators and sediment", *The Sci. Total Environ.*, 64: 239-252 (1987).
17. Merlini, M., "Heavy metal contamination", *in impengement of Man on the Oceans*, London and Newyork, 461 -468 (1971).
18. Windom H., "Distribution of Fe, Mg, Cu, Zn, Ag in oyster along the Georgia coast", *J. Fisheries Res. Board of Canada*, 29: 450-452 (1991).
19. Kargın, F., Erdem, C., "Farklı Cu konsantrasyonlarının *T.nilotica*'da birikimi ve mortalite üzerine etkileri", *Ç. Ü. Fen Bil. Ens., Fen ve Müh. Bil. Derg.*, 3 (2): 53-66 (1989).
20. Kocaman, I., "Marmara Denizi demersal balıklarında ağır metal kirliliği", Yüksek Lisans Tezi, *İ.Ü. Deniz Bil, ve İşlet. Enst., Kim. Oşinog. A.D.*, İstanbul, 25 (1999).
21. Seydeman, W., Jarman, W., "Trace elements in Seabird, Steller Sea Lion and forage fish and zooplankton from Central California", *Mar.Pollut.Bull.*, 35: 153-159 (1999).
22. Patterson, J. W., "Waste water treatment,*Science Publishers Inc.*, U.S.A. 54 (1977).
23. Metelew, V., Kanaev, E., "Water Toxicology", *Amerind Publishing, Co. Pvt. Ltd.*, Newyork, 1-216 (1971).
24. Bora, T., Delen, N., "Türkiye'de bitkisel üretimde tarımsal ilaç sorunu ve öneriler", *Tar. Kom. Tebl.*, İzmir, 809-824 (1981).
25. Cartwright, C.E., "Harrison's principles of international medicine", *Mc Graw-Hill Kogakuska Publishers*, Tokyo, 65 (1977).
26. Yamamoto, Y., Sato, M., "Effect of dietary ascorbic acid on the accumulation of Cu in carp", *Bull Sap. Sci. Fish.*, 43 (8): 989-993 (1977).
27. Vallae, B.L., "Zinc metabolism in hepatic dysfunction", *An. Int. Med*, 50: 1077-1091 (1959).

28. Boguist, L., "Effects of the endocrine pancreas in Chinese hamsters fed zinc deficient diets", *Acta. Pathol. and Microbiol. Sci.* 76: 215-228 (1969).
29. Goldschmidt, V. M., "Geochemistry": *Oxford Univ. Pres*, London, 730 (1958).
30. Mc Neely, R. N., Neimanis, V. P., Dwyer, L., "Water quality Sorcebook- A guide to water quality parameters : Inland Waters Directorate", *Water Quality Branch*, Ottawa Canada, 88 (1979).
31. Hem, J. D., "Study and interpretation of the chemical characteristic of naturel water" : *U. S. Geological Survey Water-Supply*, USA, 263 (1985).
32. World Health Organization (WHO), "Guidelines for drinking water quality, Volume 2, Health Criteria and other supporting Information" : *WHO Publ.*, Geneva, Switzerland, 335 (1984).
33. Rankama, K., Sahama, T.H.G., "Geochemistry" : *The Univ. Of Chicago Pres*, Chicago and London, 912 (1964).
34. Derrell, R. V., "Trace elements in human nurtition, micronutrients in agriculture", *SSSA book Series* : 4. USA 215 (1991).
35. World Health Organization (WHO), "Guidelines for drinking water quality, Volume 1, Recommendations" : *WHO Publ.*, Geneva, Switzerland, 130 (1984).
36. TSE, "İçme suları" : *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 97 (1986).
37. Nauen, E., "Compilation of legal limits for hazardous substances", *FAO, Fisheries Circular*, Roma, 1-100, 764 (1983)
38. Karahan, B., "Rasyonla alınan bakırın sazanların dokularında birikimi, büyüme ve üreme özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma", Doktora tezi, *A.Ü. Fen Bil. Enst., Su Ur. A.D.*, Ankara. 78 (1991).
39. Erdem, O., Kargın, F., "Farklı ortam ve derişimlerde *T.nilotica* (L.) 'nın doku ve organlarında Cu birikimi", *Doğa. Tr. J. of Zoo.*, 14: 173- 178 (1990).
40. Dixon, D., Hilton, J., "Effects of available dietary carbohydrate and water tempeture on the chronic toxicity of waterborn Cu to rainbow trout" , *Can J. Fish. Aquat. Sci*, 42: 1007-1013 (1985).
41. Carpene, E., Cattani. ,O., "Zn and Cu in fish from natural waters and Rearing Ponds in Nothern Italy" , *Journal of Fish Biology*, 37: 293 —299 (1990).
42. Tunçer, S., "İzmir ve Çandarlı Körfezleri'nde yaşayan bazı rnollusk, alg ve ortamlarındaki ağır metal kirlenmesi ile ilgili araştırmalar", Doktora tezi, *TÜBİTAK Den. Bil. Ar. Enst.*, Çağ-75, Gebze, 38 (1985).

43. Hazel, C., Meith, S., "Bioassay of king salmon eggs and sac fry in Cu solutions", *California Depart. of Fish and Game*, California, 121-1 24 (1970).
44. Dallinger, D., Kautzky, H., "The importanced contamated food of the uptake of heavy metals by rainbow trout : a field study", *Oecologia* Berlin, 67: 82-89 (1985).
45. Sharif, A.K.M., Hossain, M.A., "Trace element concantrations in the species of freshwater fish of Bangladesh", *Sci. Total. Environ.* Bangladesh 1, 7, 126, 138 (1987).
46. Powell, J.H., Powell, R.E., "Trace elements in fish overlying subaqueous tailings in the tropical west Pasific", *Water, Air and Soil Pollut.*, U.S.A., 104, 125, 181 (1998).
47. Kanazava C., Groseli, M., "Cu metabolism and gut morphology in rainbow trout during chronic sublethal dietary Cu exposure", *C. J. of Fisher. and Aquat. Sci.*, 58, (2): 293-305 (1995).
48. Larsson, A., Haux, C., "Fish pysiology and metal pollution : result and experiences from laboratuary and field studies", *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 9: 250-281 (1985).
49. Ünlü, E., Gümgüm, B., "Concentrations of Cu and Zn in fish and sedirments from the Tigris River in Turkey", *Chemosphere*, 26: 2055-2061. (1993).
50. Saiki, M., Martin, B.A., "Cu,Cd and Zn concentrations in juvenil Chinook salmon and select fish - forage organism in the upper Sacramento River", *Water, Air and Soil Pollut.*, California, 1, 127-139 (1998).
51. Murphy, B.R., Atchison, G.J., "Cd and Zn content of fish from an industrialiy contaminated lake", *J. Fish. Biol.* 13: 327-335 (1990).
52. Edwards, J., Edyvane, K., "Metal levels in seston and marine fish flesh near Industrial and Metropolitia Centres in S. Austrialia", *Mar.Pollut. Bull.*, 5: 389-396 (2001).
53. Badaway, M.I., Wahaab, R.A., "Enviromental impact of some chemical pollutants on Lake Manzala", *Inter. J. Of Environ. Heaith Res.*, 7 (2): 161-170 (1995).
54. Geldiay, R., Balık, S., "Türkiye tatlısu balıkları". *Ege Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Hidrobiyoloji A.B.D*, İzmir, 282-284 (1988).
55. Bord, J. A., Faulkner, L. R., "Electrochemical methods" *Jonh Wiley & sign inc.* 413 U.S.A., (1980).

56. Düzgüneş, O., “Bilimsel araştırmalarda istatistik prensipleri ve metotları”. **Ege Üniv. Matbaası**, İzmir, 21 (1983).
57. Gatlin, D., Wilson.R.P., “Dietary Cu requirement of fingerling channel catfish” , **Aquaculture**, 54: 277-285 (1986).
58. Marcovecchio, J., Moreno, V., Bastida, R., “Tissue distribution of heavy metals in small cetaceans from the Southwestern Atlantik Oceans”, **Mar. Pol. Bull.**, 21: 299-304 (1990).
59. Knox, D., Cowey, C., “Effects of dietary Zn uptake upon Cu metabolism in Rainbow trout “, **Aquaculture**, 40: 199-207. (1984).
60. Çetinbaş, A., “İzmit körfezinde avlanan istavrit (*Trachurus trachurus*,L., 1758) balıklarının dokularında Cu ve Zn birikiminin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enst.**, Ankara, 45 (2003).
61. Wong, C.K., Chu,L.M., “Heavy metal concentrations in marine fishes collected from fish culture sites in Hong Kong”, **Arch. Environ. Contam. Toxicol** , 40: 60-69 (2001).
62. Lorentzen, M., Maage, A., “Trace elements status of juvenil Atlantic salmon, fed a fish-meal based diet with or without supplementation of Zn,Fe,Mn,Cu from fish feeding”, **Aquaculture Nutrition** , 5, (3): 163-171 (1992).
63. Kress, N., Herut, B., Shefer, E., “Trace element levels in fish from clan and polluted coastal marine sites in the Mediteranean Sea, Red Sea and North Sea”, **Helgol. Mar. Res.**, 53: 16-170 (1999).
64. Mormede, S., Davies, I. “Trace elements in deep-water fish sp.from the Rockall Trough”, **Fisherles Research** , 51: 197-206 (2001).
65. Brown ,F.M., Balls,P.W., “Trace metals in fish and shell fish from Scottish waters”, **Scottish Fishries Reseach Report** .60: 30 (1997).
66. Ünsal, M., Yemenicioğlu, S., “Orta ve Doğu Karadeniz ‘ de ekonomik önemi olan bazı deniz organizmalarında ağır metallerin belirlenmesi”, **Tar. Araş.ve Geliş.Enst. Md. Projesi**. Samsun,178 (1992).
67. Öztürk, M., Bat, L., “Altınkaya Barajı’nda yaşayan *C. carpio* türünün çeşitli organ ve dokularındaki bazı ağır metallerin birikimi”, **2. Ul. Eko. ve Çevre Kong. Bild.**, Ankara. 651-657 (1995).
68. Demirak, A., Yılmaz, F., Tuna, A. L., Özdemir, N. “Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey”. **Chemosphere** 1-7 (2005).

69. Dural, M., Göksu, M. Z. L., “Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon”. *Food Chemistry* 5-7 (2006).
70. İnternet: Tarım ve köy işleri bakanlığı koruma kontrol genel müdürlüğü. <http://www.kkgm.gov.tr/mevzuat/khk560/Kodeks/Tebliğler/2002-3.htm>Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, (2002).
71. Kargın, F., and Erdem, C., “Acumulation of copper in liver, spleen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*”, *DOĞA Tr. J. of Zoology* 15: 306, 314 (1991).
72. Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., “Ağır metaller”, *S.D.Ü. Ege'dir su ürünleri fakültesi dergisi*, 6: 166-175 (1999).
73. Aksu, Z., Sağ, Y., “Sulardaki Cu(II), Cr(VI) ve Pb(II) adsorblanarak iyonlarının çeşitli mikroorganizmalarca adsorblanarak giderilmesinin incelenmesi”, *Turk J. Of Ergin. And Environ. Science*, 19: 285-293 (1995).
74. Memon, A. R., Özdemir, A., “Heavy metal accumulation and detoxification mechanism in plants”, *Turk. J. Bot.*, 25: 111-121 (2001).
75. Ramacandran, V., D'souza, T.J., “Uptake and transport of Cadmium, Chromium and Mercury by water hyacinth *Eichhornia crassipes* Mart. Solms”, *J. Nucl. Agric. Biol.*, 27: 73-78 (1998).
76. Baykut, F., Aydın, A., Baykut, S., “Çevre sorunları ve koruma”, *İ.Ü. Müh. Fak Yay* İstanbul, ., 3449 (73): 120-147 (1987).
77. Pınarlı V., “İzmit Atıksu Arıtma Tesisleri”, 5.Bil ve Tekn. Çev. Kong. Kitabı, *T.C.Başb. Çev. Gn. Md. Yay.*, Adana. 410-418 (1989).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKGÜN, Mustafa
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 15.10.1980 Adıyaman
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (416) 216 27 66
e-mail : mustafaakgun80@hotmail.com.

Eğitim Derece

Lisans

Lise

Eğitim Birimi

Cumhuriyet Üniversitesi/ Çevre Müh.

Adıyaman Lisesi

Mezuniyet tarihi

2003

1997

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, Futbol, Müzik