

**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**ASİ NEHRİ'NDE SU, SEDİMENT VE KARABALIK (*Clarias
gariiepinus* BURCHELL, 1822)'TA AĞIR METAL BİRİKİMİNİN
ARAŞTIRILMASI**

EVREN ÇALIŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
EYLÜL, 2005**

Mustafa Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Doç. Dr. Mustafa TÜRKMEN danışmanlığında, yüksek lisans öğrencisi Evren ÇALIŞKAN tarafından hazırlanan bu çalışma 20/09/2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Başkan : Doç Dr. Mustafa TÜRKMEN | İmza..... |
| Üye : Doç Dr. A. Bahar YILMAZ | İmza..... |
| Üye : Yrd.Doç.Dr. Ahmet ŞAHİN | İmza..... |

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım.

Kod No:

İmza
...../...../2005
Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Abdurrahman YİĞİT

Bu çalışma M.K.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 04 M 1703

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| ÖZET..... | I |
| ABSTRACT..... | II |
| ÖNSÖZ..... | III |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | IV |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | V |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | VIII |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri..... | 3 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... | 10 |
| 3. MATERYAL ve METOD..... | 18 |
| 3.1. Araştırma Yeri..... | 18 |
| 3.2. Çalışma İstasyonları..... | 18 |
| 3.3. Materyal..... | 19 |
| 3.3.1. Analiz Edilen Materyaller..... | 19 |
| 3.4. Yöntem..... | 20 |
| 3.4.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Analizi..... | 21 |
| 3.4.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Analizi..... | 21 |
| 3.4.3. Balık Örneklerinde Ağır Metal Analizi..... | 21 |
| 3.4.4. İstatistiksel Analizler..... | 24 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... | 25 |
| 4.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları..... | 25 |
| 4.1.1. Kadmiyum (Cd)..... | 25 |
| 4.1.2. Kobalt (Co)..... | 26 |
| 4.1.3. Krom (Cr)..... | 27 |
| 4.1.4. Bakır (Cu)..... | 28 |
| 4.1.5. Demir (Fe)..... | 29 |
| 4.1.6. Mangan (Mn)..... | 30 |
| 4.1.7. Nikel (Ni)..... | 31 |
| 4.1.8. Kurşun (Pb)..... | 32 |
| 4.1.9. Çinko (Zn)..... | 33 |

| | |
|--|----|
| 4.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları..... | 34 |
| 4.2.1. Kadmiyum (Cd)..... | 34 |
| 4.2.2. Kobalt (Co)..... | 35 |
| 4.2.3. Krom (Cr)..... | 36 |
| 4.2.4. Bakır (Cu)..... | 37 |
| 4.2.5. Demir (Fe)..... | 38 |
| 4.2.6. Mangan (Mn)..... | 39 |
| 4.2.7. Nikel (Ni)..... | 40 |
| 4.2.8. Kurşun (Pb)..... | 41 |
| 4.2.9. Çinko (Zn)..... | 41 |
| 4.3. Balık Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları..... | 42 |
| 4.3.1. Kadmiyum (Cd)..... | 43 |
| 4.3.2. Kobalt (Co)..... | 44 |
| 4.3.3. Krom (Cr)..... | 45 |
| 4.3.4. Bakır (Cu)..... | 46 |
| 4.3.5. Demir (Fe)..... | 47 |
| 4.3.6. Mangan (Mn)..... | 48 |
| 4.3.7. Nikel (Ni)..... | 49 |
| 4.3.8. Kurşun (Pb)..... | 50 |
| 4.3.9. Çinko (Zn)..... | 51 |
| 5. SONUÇ ve ÖNERİLER..... | 57 |
| KAYNAKLAR..... | 59 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 64 |

ÖZET

ASİ NEHRİ'NDE SU, SEDİMENT VE KARABALIK (*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822)'TA AĞIR METAL BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu çalışma, Hatay bölgesinin sahip olduğu en önemli su kaynaklarından biri olan Asi Nehri'ndeki ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Nehirden alınan su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822) örneklerinde Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları 2003-2004 yılları arasında bir yıl süreyle mevsimsel olarak incelenmiştir.

Araştırma sonunda, metal birikimlerinin mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). 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. Asi Nehri'nin, çalışılan dönemde incelenen metaller bakımından henüz biyolojik ve ekolojik dengeyi tehdit edici bir risk taşımadığı söylenebilir.

2005, 75 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Hatay, Asi Nehri, *Clarias gariepinus*, su, sediment

ABSTRACT

RESEARCH OF HEAVY METAL LEVELS IN WATER, SEDIMENT AND AFRICAN CATFISH (*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822) OF THE ORONTES RIVER

This study was carried out to determine the heavy metal accumulation in Orontes River which is the most important water resource of the Hatay region. Seasonal concentrations of Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn were investigated from the water, sediment, and African catfish (*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822) samples.

At the end of the study, it has been determined that metal concentrations were significantly different by seasons ($p < 0,005$). Generally, the higher accumulation in fish and water samples were measured in summer, in sediment samples were measured in winter. Additionally, between the accumulation in fish tissue, generally the highest was in the liver but the highest Cr and Mn concentrations found in the gill, and the highest Zn was in the skin. The minimum Cd, Cu, Mn, Pb accumulations were measured in skin tissues, and Co, Cr, Fe, Ni, Zn accumulations were measured in muscle tissues.

Accumulations in sediment were higher (except Cd in water), comparing with water and fish. The highest Cd accumulation was in water. The Cr and Ni levels were found as fish < water < sediment although the other element concentration levels were found water < fish < sediment.

The values of Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn in water, sediment and fish (except Cd in water) samples found lower than the acceptable limits. It may be said that Orontes River has not a risk that threatens the biological balance for examined metals in study period.

2005, 75 pages

Keywords: Heavy metal, Hatay, Asi River, *Clarias gariepinus*, water, sediment

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, bu çalışmanın tasarlanıp yürütülmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölüm Başkanı Sayın Doç.Dr.Mustafa TÜRKMEN'e, yakın ilgi ve yardımları için Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sayın Prof.Dr. İhsan AKYURT'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Arazi çalışmalarımındaki yardımlarından dolayı Yrd.Doç.Dr. Hülya ŞEREFİLİŞAN ve Uzm. Menderes ŞEREFİLİŞAN'a, istatistiksel değerlendirmeler sırasındaki yardımları için Arş.Gör. Mehmet NAZ'a, ve Yrd.Doç.Dr. Yavuz MAZLUM'a, her konuda ilgi ve yardımlarından dolayı hocalarım Yrd.Doç.Dr. A.Yalçın TEPE'ye, Yrd.Doç.Dr. Ercüment GENÇ'e, Yrd.Doç.Dr. Ayçe GENÇ'e, Arş.Gör.Dr. Meltem DURAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin düelttilmesindeki yardımlarından dolayı değerli jüri üyelerim Doç.Dr. Ayşe Bahar YILMAZ ve Yrd.Doç.Dr. Ahmet ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm yüksek lisans öğrencileri A. Taner İKİZDOĞAN'a, Canan Seniha CİMİNLİ'ye ve Zühtü Mete DİNLER'e teşekkürlerimi sunarım.

Her konuda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|------------------|--------------------------------|
| l | Litre |
| µg | Mikrogram |
| mg | Miligram |
| ml | Mililitre |
| mm | Milimetre |
| nm | Nanometre |
| kg | Kilogram |
| ppb | Milyarda Bir (1/1.000.000.000) |
| ppm | Milyonda Bir (1/1.000.000) |
| As | Arsenik |
| Cd | Kadmiyum |
| Co | Kobalt |
| Cr | Krom |
| Cu | Bakır |
| Fe | Demir |
| Hg | Cıva |
| Mn | Mangan |
| Mo | Molibden |
| Ni | Nikel |
| Pb | Kurşun |
| Se | Selenyum |
| Zn | Çinko |
| BOI | Biyolojik Oksijen İhtiyacı |
| HCl | Hidroklorik Asit |
| HNO ₃ | Nitrik Asit |
| k.a. | Kuru Ağırlık |
| y.a | Yaş Ağırlık |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 3.1. ICP-AES’de analiz edilen ağır metallerin dalga boyları..... | 22 |
| Çizelge 4.1. Su örneklerindeki Cd konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı | 25 |
| Çizelge 4.2. Su örneklerindeki Co konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 26 |
| Çizelge 4.3. Su örneklerindeki Cr konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 27 |
| Çizelge 4.4. Su örneklerindeki Cu konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 28 |
| Çizelge 4.4. Su örneklerindeki Fe konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 29 |
| Çizelge 4.6. Su örneklerindeki Mn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 30 |
| Çizelge 4.7. Su örneklerindeki Ni konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 31 |
| Çizelge 4.8. Su örneklerindeki Pb konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 32 |
| Çizelge 4.9. Su örneklerindeki Zn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 33 |
| Çizelge 4.10. Sediment örneklerindeki Cd konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 35 |
| Çizelge 4.11. Sediment örneklerindeki Co konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 35 |
| Çizelge 4.12. Sediment örneklerindeki Cr konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara..... | 36 |
| Çizelge 4.13. Sediment örneklerindeki Cu konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 37 |
| Çizelge 4.14. Sediment örneklerindeki Fe konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Çizelge 4.15. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 39 |
| Çizelge 4.16. Sediment örneklerindeki Ni konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 40 |
| Çizelge 4.17. Sediment örneklerindeki Pb konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 41 |
| Çizelge 4.18. Sediment örneklerindeki Zn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı..... | 42 |
| Çizelge 4.19. Asi Nehri'nden avlanan karabalık örneklerine ait total boy ve canlı ağırlık değerleri..... | 43 |
| Çizelge 4.20. Karabalık dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 44 |
| Çizelge 4.21. Karabalık dokularındaki Co konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 44 |
| Çizelge 4.22. Karabalık dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 45 |
| Çizelge 4.23. Karabalık dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 46 |
| Çizelge 4.24. Karabalık dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 47 |
| Çizelge 4.25. Karabalık dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 48 |
| Çizelge 4.26. Karabalık dokularındaki Ni konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 49 |
| Çizelge 4.27. Karabalık dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 50 |
| Çizelge 4.28. Karabalık dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı..... | 51 |
| Çizelge 4.29. Sudaki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması..... | 54 |
| Çizelge 4.30. Sedimentteki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması.. | 55 |
| Çizelge 4.31. <i>Clarias gariepinus</i> 'un kas dokusundaki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması..... | 56 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 3.1. Asi Nehrindeki Çalışma Alanı ve Belirlenen Araştırma İstasyonları..... | 19 |
|---|----|

1. GİRİŞ

Günümüzde ekolojik dengeyi tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir. Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artışındaki hızlanmaya bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır. Nitekim ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısım halini almıştır. Doğal dengeyi bozan bu kirletici unsurlar su şeklinde gruplandırılabilir; Organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre, endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır (KAYA ve ark., 1998; YARSAN ve ark., 2000).

Kirlilik; kirletici çeşitlerine göre fiziksel, biyolojik ve kimyasal kirlilik olarak üç grupta incelenebilir. Doğaya bilerek yada bilmeyerek atılan kimyasal maddelerle, endüstriyel atıkların karışımı sonucunda ortaya çıkan kirlilik kimyasal kirliliktir. Kimyasal kirliliğe neden olan kirleticilere boyalar, deterjanlar, pestisitler ve petrol ürünleri örnek olarak verilebilir. Günümüzde kimyasal bir kirlilik olarak kabul edilen ağır metal kirliliği, çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeni ile diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar (UZUNOĞLU, 1999).

Metaller içerisinde yoğunluğu 5 g/cm^3 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır. Ağır metallere örnek olarak Cu, Fe, Zn, Pb, Hg, Co, Mn, Cr, Se, Ni, ve Cd sayılabilir (ÖZDEMİR, 1981). Doğada bulunan bu elementler belli bir doza kadar canlı yaşamı için gereklidir. Ağır metallerden bir kısmı iz elementler veya eser elementler olarak da adlandırılabilirler. Ağır metaller deniz suyundaki konsantrasyonları 1 ppm 'den düşüktür. Ancak doğal kaynaklardan; jeolojik ve volkanik faaliyetler, erozyon, yangınlar veya insan faaliyetleri sonucunda; maden arama, işleme, evsel atıklar,

tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar ile derişimleri artar (ŞENGÜL, 1993; SAWYER ve ark., 1994). Metallerin büyük bir bölümü canlılarda birikim yapar. Birikim sonucu canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara hatta ölümlere sebep olabilirler (ŞENGÜL, 1993; KARGI, 1995; BEYAZIT ve PEKER, 1998; KAYNAK ve TAŞDEMİR, 2003). Bazı ağır metaller canlı organizmalar için esansiyel oldukları halde yüksek konsantrasyonda toksiktirler. Bunlar bakır (Cu), krom (Cr^{+3} formu), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel (Ni)'dir. Bununla birlikte kadmiyum (Cd), krom (Cr^{+6} formu), cıva (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller canlılar için esansiyel olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösterebilir.

Atık suların alıcı ortama ulaşması sucul yaşamı etkilemekte ve su kaynaklarının içme suyu amaçlı kullanılması durumunda ise pahalı arıtma tekniklerinin uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Atık sularda ağır metal bulunması evsel nitelikli atık suların arıtma verimini etkilemekte ve oluşacak çamurun özellikle tarımsal amaçlı kullanımını imkansız hale getirmektedir. Ağır metal kirliliği içeren atık sular, genellikle BOI değeri düşük ve asidik sulardır. Bu nedenle ağır metal içeren endüstriyel atık suların kanalizasyon sistemine deşarjı büyük önem arz etmektedir (TÜRKMAN ve ark., 2001).

Yüzey akışlarının kontaminasyon kaynakları tarımsal ve kentsel faaliyetler olabilir. Aşırı yağışlarla olan taşkınların, sadece yeni kirleticileri taşımadığı, aynı zamanda havuz ve bent gibi yerlerde çökelmiş olan sedimentlerdeki kirleticileri de harekete geçirerek taşıdığı bildirilmektedir. Ayrıca oksidasyon-redüksiyon (redoks) reaksiyonları ve pH'daki değişimlerde ağır metal taşınımını etkilemektedir (ÖZDİLEK, 2002; TÜRKMEN, 2003).

Evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan veya gerektiği gibi arıtım yapılmadan nehir sularına karışması ve birikimi nedeniyle, nehirlerde yaşayan birçok canlı yok olma tehlikesiyle karşılaşmaktadır. Bu gibi olaylar da nehirlerin kirlilik düzeylerinin araştırılması gerektiğini açıkça göstermektedir (MİNARECİ ve ark., 2004). Ayrıca bazı atıklar içinde ve çeşitli yollarla denizlere gelen iz elementler, ortamda belli sınırlarda bulduklarında organizmaların fizyolojik aktivitelerinde önemli rol oynamakta, ancak doğal konsantrasyon düzeylerinin dışına çıktığında ekosistem bireylerinin biyolojik aktivitelerini etkileyerek, gıda zinciri organizmaları arasında dengenin bozulmasına neden olmaktadır (UZUNOĞLU, 1999).

1.1. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri

Ağır metallerin farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak sucul ortamdaki konsantrasyonları ile sucul canlılardaki biyolojik birikim ve artışları değişiklik gösterebilir. Bu yüzden, söz konusu metallerin çevredeki genel özellikleri, kaynakları, toksisiteleri, ortamdaki değişimleri ve biyolojik birikim/artış mekanizmalarının iyi bilinmesi gerekir (TÜRKMEN, 2003).

1.1.1. Kadmiyum (Cd)

Endüstriyel alanda son derece yaygın olarak kullanılan ve bir iz element olan kadmiyumun yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0,1-0,5 mg/kg olarak bildirilmiştir. Çinko ve kurşun üretiminde oluşan bir yan ürün olduğundan, eğer ortamda çinko ve kurşundan kaynaklanan ağır metal kontaminasyonu varsa, kadmiyumun da bulunması beklenen bir sonuçtur. Diğer önemli kaynakları fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır (COOK ve MORROW, 1995).

Pek çok organizma için toksik olan Cd, direk sudan, bir dereceye kadar havadan ve besin yoluyla alınarak, hem bitkisel ve hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur. Özellikle mantarlar başta olmak üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindir. Nefes yoluyla insanlarda alımı akciğer hastalığı, yüksek kan basıncı, su ve gıdalarla alımı karaciğer, böbrek, beyin, sinir hastalıkları kemiklerde hassasiyet, demir eksikliği gibi pek çok hasarlara yol açar ve çoğu ölümcül olabilir. Cd, larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olduğundan sucul organizmalar için oldukça toksiktir. Balıkta iyon dengesinin bozulmasına sebep olan Cd zehirlenmesi kalsiyum metabolizmasını engelleyerek de zararlı olur. EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilir (ATSDR, 2003; TÜRKMEN, 2003).

1.1.2. Kobalt (Co)

Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan ve kömür, petrol yada kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla girer. Havada parçacık halinde bulunup, birkaç günde su veya toprağa düşerek, parçacıklara bağlanır. Bazı kobalt bileşikleri 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 (ATSDR, 2003). Günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerini üretiminin 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 olabilir (ÖZDİLEK, 2002; TÜRKMEN, 2003; ATSDR, 2003).

1.1.3. Krom (Cr)

Krom, kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr⁰, Cr⁺³, Cr⁺⁶'dır. 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 olarak kullanılmaktadır. Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir (ATSDR, 2003). 3 ana şekilde (Cr⁰, Cr⁺³, Cr⁺⁶) bulunabilen krom bileşikleri tatsız ve kokusuzdur. Sadece Cr⁺³ bileşikleri vücut için diyetle eser miktarlarda alınması gerekli elementlerdir. Diğer formlardaki kroma vücudun ihtiyacı yoktur. Krom partikülleri havaya karıştığında 10 gün kadar kalabilir. Toprak partiküllerine sıkıca yapışır. Suda dibe çöker, topraktan

küçük miktarlarda sulara karışabilir. Havadan solunarak, suyla ve besinlerle vücuda alınabilir (ANONYMOUS, 2005a). 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 (ATSDR, 2003). Krom bileşiklerinin tümü yüksek miktarlarda alındığında toksik olabilir, ancak Cr^{+6} , Cr^{+3} 'e göre daha toksiktir. Yüksek miktarlarda solunması burun, akciğer, mide ve barsaklara zarar verebilir. Kroma allerjisi 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 şikayetleri ve ülser, konvülsiyonlara, 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. (ANONYMOUS, 2005a).

1.1.4. Bakır (Cu)

Çevredeki bakır kontaminasyonu kaynaklarının; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, otomobil, kamyon, otobüs ve tır gibi vasıtaların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleri olduğu bildirilmektedir (FIALKOWSKI ve NEWMAN, 1998). Bakır aynı zamanda doğal olarak bitki ve hayvanlarda da bulunan, insanlar ve diğer bütün canlılar için, esansiyel bir elementtir. Tarımsal yüzey akışlarından çözülebilir bakır bileşikleri, son derece zararlı olabilir.

Bunlar sucul ekosistemlere girdiklerinde genellikle yaklaşık bir günde sudaki parçacıklara bağlanır ve bu şekilde ortam şartlarına bağlı olarak çevreye daha az bir tehdit oluşturur. Bakırın kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yüksek düzeylerde bakır içeren su, kusma, ishal, mide bulantısı ve kramplara sebep olmaktadır. En çok karaciğer, böbrek, mide, akciğer, barsak, kalp, beyin ve adrenal bezde birikim yapar (ATSDR, 2003). EPA'ya göre içme sularında 1,3 mg l⁻¹'den fazla olmaması önerilir.

1.1.5. Demir (Fe)

Son derece yaygın bir metal olup, toprak ve kayalarda bol miktarda bulunur. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulan bir elementtir. Alüminyumdan sonra % 4,2 ile yer kabuğunda en sık rastlanan metaldir. Normal olarak çözünemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak gerçekleşen pek çok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yer altı sularında genel bir problemdir (GRAY, 1996). En fazla kemik iliği, kırmızı kan hücreleri, karaciğer, akciğer ve dalakta birikir. Esansiyel bir element olan demirin sulardaki yüksek konsantrasyonları sağlığı tehdit eder. Bu yüzden aşırı miktarlarda arzu edilmez ve pek çok problemlere sebep olur. Fe⁺² formda çözülebilir haldedir ve havanın varlığında çözünemeyen Fe⁺³ formuna oksitlenir (ÖZDİLEK, 2002, ATSDR, 2003; TÜRKMEN, 2003).

1.1.6. Manganez (Mn)

Kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Saf manganez 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 gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışabilir. Suyu ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımıyla olur. Nehir, göl ve yer altı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Su, hava ve gıda yoluyla

düşük miktarlarına herkes maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Bilinçsizce pestisit kullanımı da yine aşırı dozlarda alımına sebep olur. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu “magnetism” olarak adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan manganezin insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir (ATSDR, 2003). EPA’ya göre içme sularında 0,05 mg l⁻¹’den fazla olmaması önerilir.

1.1.7. 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. Havada çok düşük miktarda bulunabilir, balık, bitki ve hayvanlarda pek bulunmaz. 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 (ÖZDİLEK, 2002; ATSDR, 2003; TÜRKMEN, 2003).

1.1.8. 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 (KESLER, 1994). 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 yarılama 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 (ATSDR, 2003). EPA'ya göre içme sularında $15 \mu\text{g l}^{-1}$ 'den fazla olmaması önerilir.

1.1.9. Çinko (Zn)

Çinko, dokuda, insan hücre ve organlarında bulunan esansiyel bir elementtir. Hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcut olup, mineral olarak bol bulunan elementtir. Demir ve diğer metallerin kaplama işlemlerinde, kuru hücre akülerde, alaşım imalatında, beyaz boya üretiminde, seramiklerde, kauçuk sanayiinde, gübrelerde, bazı kozmetik ve sağlık alanında kullanılmaktadır (ATSDR, 2003). Kurşun gibi çinko da madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik olaylarla uzun mesafelere taşınıp, depolanır (GROET 1980; TÜRKMEN, 2003). Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'ı bitki büyümesinde kullanılır. Aynı zamanda, sucul organizmalarda çinkoyu biriktirmektedir. En çok birikim gösterdiği organlar, prostat, böbrek, kas ve karaciğerdir. Çinkonun yetersiz miktarda alımı, 200'den fazla enzimi olumsuz etkilediği gibi, yüksek düzeyleri de canlılarda çeşitli hasarlara sebep olmaktadır. Zn eksikliğinde, örneğin hamile kadınlarda bebeklerin gelişimini engeller, gençlerde büyümeyi olumsuz etkiler, bağışıklık sistemini zayıflatır. İnsan vücudundaki çinkonun yaklaşık %90'ı kemik ve kaslarda bulunup, vücuttan atılması normal şartlarda idrar ve dışkı vasıtasıyla

olur. İştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi ve derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, insanlardaki aşırı çinko alımında gözlenen genel problemlerdir (ATSDR, 2003). Farklı araştırıcılar tarafından, kanser hariç, pek çok olumsuz etkiler bildirilmiştir. Çinkonun toksikolojik açıdan, arsenik, kadmiyum, krom, bakır ve kurşundan daha az hasara sebep olduğu bildirilmektedir. Arsenik çok yüksek, Cd, Cu ve Pb orta derecede, Zn ise hafif derecede toksik etkiye sahiptir (KESLER, 1994). EPA'ya göre içme sularında 5 ppm'den fazla olmaması önerilir.

Sanayileşme ve nüfus artışına bağlı olarak, endüstriyel ve evsel atıkların yeterince arıtılmadan doğaya verilmesi, yağmur ve drenaj sularının taşıdığı erozyon, ayrıca tarımda kullanılan gübre ve ilaçlarla kirlenen suların da karışması, nehir ve göllerin kirlenmesine yol açmaktadır. Bu alışmada Asi Nehri'nin değişik bölgelerinden alınan su, sediment ve balık örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi sonucu nehrin ağır metal kirlilik derecesinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Ayrıca kirliliğinin oluşum kaynaklarını belirlemek ve gerekli tedbirlerin alınması yönünde çözümler ortaya koymak amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

SENG ve ark. (1995), Penang Nehri'nde ve nehre dökülen su kaynaklarında Zn, Cu, Pb ve Ni konsantrasyonlarını incelemiştir. Nehrin dar kesimlerine gidildikçe sedimentteki ağır metal seviyelerinde önemli artışlar olduğunu kaydetmiştir. Nehirde bulunan ve nehre giren su kaynaklarındaki kirliliğin antropojenik faaliyetlerden kaynaklandığını bildirmiştir.

AMUNDSEN ve ark. (1997), Norveç ve Rusya'nın arasında bulunan tatlı su kaynaklarından aldıkları farklı balık türlerinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında Cd, Cu, Cr, Hg, Ni ve Zn içeriklerini belirlemiştir. Türlerin ortalama metal konsantrasyonları, kas için Cd; 0,01-0,81, Cr; 0,17-0,45, Cu; 1,6-12,3, Ni; 0,48-3,1 ve Zn; 17-63 $\mu\text{g g}^{-1}$, karaciğer için Cd; 0,40-4,3, Cr; 0,19-0,46, Cu; 11-180, Ni; 0,58-9,0 ve Zn; 98-614 $\mu\text{g g}^{-1}$, solungaç için Cd; 0,02-0,28, Cr; 0,64-2,0, Ni; 0,4-9,13 ve Zn 75-675 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak bulmuşlardır. Genellikle metal konsantrasyonlarının en düşük kas dokusunda en yüksek solungaç ve karaciğer dokularında biriktiğini bildirmiştir. Farklı türler arasında metal seviyelerinde önemli farklılıklar olduğunu bulmuşlardır.

ABDEL-BAKY ve ark. (1998), Mısır'ın Manzala Gölü'nde yaptıkları çalışmada su ve sediment örneklerinde ağır metal seviyelerini ve bazı kimyasal parametreleri incelemiştir. Sedimentteki ağır metal içeriğinin sudakinden daha yoğun olduğunu tespit etmiştir. Su ve sedimentte ağır metal konsantrasyon düzeyini sırasıyla Zn>Pb>Cd>Cu ve Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde sıralamışlardır. Çalışılan metal konsantrasyonlarının istasyonlar arası önemli bir değişikliği olmamasına rağmen mevsimsel olarak önemli değişimler gösterdiğini bildirmiştir.

CANLI ve ark. (1998), Seyhan Nehri'nde 5 istasyondan yakaladıkları *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*'un kas, solungaç ve karaciğer dokularında Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb düzeylerini belirlemiştir. Dokulardaki ağır metal düzeylerinin istasyonlar arasında genellikle önemli oranlarda değişim göstermiş olduğunu, özellikle hastane atıkları tarafından kontamine edildiğini düşündükleri bir istasyonda en yüksek düzeylerde ölçmüşlerdir. 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 olduğunu bildirmişlerdir. Bazı metallerin konsantrasyonlarının bazı dokularda insan tüketimi için kabul edilebilir düzeyleri aştığını belirtmişlerdir.

KARAPIRE (1998), Gediz Nehri sedimentinde bazı ağır metalleri tayin etmiş ve metal derişimlerinin Gediz havzasının sanayi bölgelerinde yüksek olduğunu saptamıştır. Tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin yer aldığı yoğun yerleşim alanlarında kurşun, krom, mangan ve bakır derişimlerinin önemli boyut kazandığını bildirmiştir.

FARKAS ve ark. (2000), Macaristan'daki Balaton Gölü'nde yaşayan yılanbalığı, çapak balığı, turna balığı ve tatlı su levreğinin kas, solungaç ve karaciğerinde Cd, Cu, Pb, Hg ve Zn seviyelerini belirlemişlerdir. Balık dokularındaki toksik metallerin, çapak balığında Cd hariç, insan tüketimi için belirlenen limitlerin altında olduğunu tespit etmişlerdir. Cd, Cu, Pb, Hg ve Zn seviyelerini türler arasında karşılaştırdıklarında en yüksek yılanbalığı ve çapak balığının karaciğer ve solungaçlarında birikim olduğunu bildirmişlerdir.

KARADEDE ve ÜNLÜ (2000), Atatürk Baraj Gölü'nden aldıkları 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 düzeylerini incelemişlerdir. Balık örneklerinin farklı dokularında sadece Cu, Fe, Mn, ve Zn konsantrasyonlarını ölçebilmişler, diğer metallerin konsantrasyonlarını tespit edilebilir sınırların altında bulmuşlardır. Su ve sediment örneklerinde ise balık örneklerinden farklı olarak Ni değerlerini de tespit edilebilir sınırların altında bulmuşlardır. Sonuç olarak Atatürk Baraj Gölü'nde çalışılan dönemde ciddi bir kirliliğin olmadığını, ancak önlemlerin alınmaması durumunda kirliliğin tehlikeli boyutlara ulaşabileceğini bildirmişlerdir.

RUBIO ve ark. (2000), kuzey batı İspanya'daki Rio de Vigo kıyılarından aldıkları 66 sediment örneğinde majör ve iz elementlerin analizini yapmışlardır. Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Co konsantrasyonlarını sırasıyla 10,85; 188; 99,08; 36,16; 160,1; 546; 23,04 ppm olarak Fe ve Mn değerlerini ise ölçülebilir limitlerin altında bulmuşlardır. Ria'nın güney bölgeleri ile iç kısımlarında kirliliğin yüksek olduğunu saptamışlardır.

CATALDO ve ark. (2001), Arjantin'de yaptıkları çalışmada Parana Deltası'nın aşağısında 4 bölgeden toplanan su ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Suda; Cr için 3,16-4,97, Zn için 72,70-146, Cu için 3,48-3,87, Ni için <5,50, Pb için <6,50, Cd için <1,40 $\mu\text{g l}^{-1}$ olarak ve sedimentte; Cr için 66-136, Zn için 53-75 Cu için 13-22, Ni için 10-17, Pb için 8-25 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır.

KIRBY ve ark. (2001), Avustralya'nın Macquarie Gölü'nde yaptıkları çalışmada sediment ve mullet'in (*Mugil cephalus*) kas dokusunda Se, Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Sedimentte Se, Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla 0,90-5,60; 0,62-2,1; 15-36 ve 108-152 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık); *Mugil cephalus*'un kas dokusunda ise sırasıyla 8,60; 0,05; 21,0 ve 27,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak saptamışlardır.

RASHED (2001), Mısır'ın Nasser Gölü'nde yaptığı çalışmada su bitkileri, su, sediment ve *Tilapia nilotica*'da ağır metal birikimlerini incelemişlerdir. Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sr ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla suda 185, 240, 220, 1420, 186, 145, 1852, 230 $\mu\text{g l}^{-1}$, sedimentte 89,5; 79; 109; 51500; 1000; 122; 455; 143 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) ve balıkta 0,25; 0,29; 0,27; 6,45; 0,5; 0,19; 1,92; 1,55 $\mu\text{g g}^{-1}$ (yaş ağırlık) olarak bulmuştur. Balık dokuları arasında en yüksek birikimi Cr, Fe ve Sr hariç karaciğerde saptamıştır. Cr, Fe ve Sr konsantrasyonlarını en yüksek solungaçta bulmuştur.

EASTWOOD ve COUTURE (2002), Kanada'daki bazı göllerden aldıkları tatlı su levreğinin (*Perca flavescens*) fiziksel durumu ve karaciğerindeki Cu, Zn ve Ni konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi mevsimsel olarak karşılaştırmışlardır. Analiz ettikleri balıklarda en yüksek metal düzeyini karaciğerde bulmuşlardır. İlkbaharda Cu seviyesinin diğer mevsimlere göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Balıkların kondisyonlarının bu durumda diğer temiz göllerdeki balıklarından daha düşük olduğu kanısına varmışlardır.

AKÇAY ve ark. (2003), Büyük Menderes ve Gediz nehirlerinde yaptıkları çalışmada su örneklerinde Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn metallerinin yaz ve kış mevsiminde birikimini incelemişlerdir. Büyük Menderes Nehri'nde yazın Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, 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) olduğunu bildirmişlerdir. 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; 0,080 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) olduğunu bildirmişlerdir.

AN ve KAMPBELL (2003), Oklahoma ve Teksas sınırındaki Texoma Gölü'nden aldıkları su ve sediment örneklerinde 1999-2001 yılları arasında metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Çalışmalarındaki metaller arasından mevcut çalışmamızda geçen metallerin değerlerini suda, Cd için 0,020; Co için <0,002; Cr için 0,004; Cu için 0,024; Fe için 0,119; Mn için 0,007; Ni için 0,005; Pb için <0,015 ve Zn için 0,059 mg l⁻¹, sedimentte ise, Cd için 2; Co için 9; Cr için 30; Cu için 38; Fe için 19393; Mn için 377; Ni için 17; Pb için 10 ve Zn için 89 µg g⁻¹ (kuru ağırlık) olarak bildirmişlerdir.

CHENG (2003), ağır metallerin akuatik ortamlarda her geçen gün arttığını ve insan sağlığını ciddi bir şekilde tehdit ettiğini bildirmiştir. Bu çalışmada ağır metal kirleticilerinin kaynağı, dağılımı ve elde edilebilir bilgilerle bu kirliliğin kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Yanktze Nehri'nden aldığı su örneklerinde Cd, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarını sırasıyla, 0,080; 7,91; 15,7 ve 18,7 µg l⁻¹ olarak belirlemiştir. Ağır metallerin sucul ortamlara ulaşmasında en büyük etkenin insan aktiviteleri, endüstriyel ve katı atıklar olduğunu bildirmiştir.

FARKAS ve ark. (2003), yine Macaristan'daki Balaton Gölü'nden toplanan *Abramis brama* L.'nin kas, solungaç ve karaciğerinde ağır metallerin mevsim, boy ve yaşa göre değişimini incelemişlerdir. Balıklar mevsimsel olarak toplanmış ve organlardaki ortalama metal konsantrasyonları Cd 0,42-2,10; Cu 1,77-56,2; Hg 0,01-0,19; Pb 0,44-3,24; Zn 10,9-8,25 µg g⁻¹ (kuru ağırlık) belirlenmiştir. Metal konsantrasyonları (Hg hariç) solungaç ve karaciğerde en yüksek seviyede bulunmasına rağmen Hg seviyesini en yüksek kasta ölçülmüştür. Dokulardaki ağır metal birikiminde,

mevsimsel değişim, istasyonun kirlilik düzeyi ve canlının biyolojik aktivitesinin de etki ettiğini bildirmişlerdir.

GÖKSU ve ark. (2003), Seyhan Baraj Gölü'ndeki balıklardan, Aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'ın yenilebilir kısımlarında, Fe, Zn ve Cd birikimini belirlemişlerdir. Ağır metal birikim sıralamasını, Fe>Zn>Cd şeklinde bulmuşlardır. Ortalama birikim değerlerini, Aynalı sazanda Fe 1,93, Zn 0,84, Cd 0,46 ve Sudakta Fe 1,85, Zn 0,54, Cd 0,49 µg g⁻¹ (yaş ağırlık) olarak saptamışlardır.

TURGUT (2003), 2000-2002 yılları arasında Küçük Menderes Nehri'nde yaptığı çalışmada yüzey sularında pestisit ve ağır metal kirliliğini incelemiştir. 2002 yılı ağır metal sonuçları incelendiğinde Cd; 0,81, Pb; 0,59, Cr; 0,093, Ni; 2,27, Cu; 13,1 ve Zn; 249,17 µg l⁻¹ olarak bulunduğu görülmüştür.

TÜRKMEN (2003), İskenderun Körfezi'nde deniz suyu, askıdaki katı madde, sediment ve dikenli taş istiridyesindeki (*Spondylus spinosus*) ağır metal (Cd, Fe, Cu, Pb, Zn, Co, Cr, Al, Mn ve Ni) birikimlerini incelemiştir. Deniz suyundaki ağır metal konsantrasyonlarını Cd: 0,0550, Fe: 0,2995, Cu: 0,0652, Pb: 0,6173, Zn: 0,0709, Co: 0,2589, Cr: 0,1689, Al: 0,1875, Mn: 0,1079 ve Ni: 0,2769 mg l⁻¹ olarak bulmuştur.

AUDRY ve ark. (2004), Fransa'nın Lot Nehri havzasının 3 farklı bölgesinden aldıkları sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Ortalama sonuçları Cu için 97,7-26,9, Zn için 134-4430, Cd için 0,81-125, Pb için 43,6-523 µg g⁻¹ kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

DOĞAN (2004), Hatay'daki dört tatlı su kaynağından (Asi Nehri, Yenişehir Gölü, Kırıkhan Gölbaşı Gölü ve Tahta Köprü Barajı) aldığı su ve sarı benlinin (*Carasobarbus luteus* HECKEL, 1843) kas, karaciğer, solungaç ve deri dokusunda ağır metal düzeylerini incelemiştir. Ortalama değerlerde *Carasobarbus luteus*'un ağır metal konsantrasyonlarının organlara göre değişken olduğunu gözlemiştir. Genel olarak karaciğer ve solungacın, kas dokudan daha yüksek metal birikimi gösterdiğini ve kastaki birikimlerin su ürünleri için belirlenen tüketilebilirlik sınırlarının altında olduğunu bildirmiştir.

DURAL (2004), Akdeniz Bölgesinde bulunan Akyatan, Tuzla ve Çamlık lagünlerinden aldığı balık, seston, bentoz ve sediment örneklerinde Pb, Cu, Zn, Cd, Fe'nin birikim miktarları ve bunların mevsimsel değişimlerini belirlemiştir. Balıklarda

saptadığı metal konsantrasyonları FAO tarafından getirilen standartlara göre Pb ve Zn bakımından yüksek, Cd bakımından sınırdan ve Cu bakımından sınırın altında olduğunu bildirmiştir.

KARADEDE ve ark. (2004), Atatürk Baraj Gölü'nde *Liza abu* ve *Silurus triostegus* türlerinin 3 farklı dokusunda (kas, karaciğer ve solungaç) ağır metal dağılımlarını çalışmışlardır. Her iki türde de metal birikimlerini karaciğer ve solungaçta kasa oranla oldukça yüksek bulmuşlardır. Co, her iki türün organlarında ölçülebilir limitlerin altında bulmalarına karşın Ni'yi ise sadece *L. abu* türünün dokularında ölçülebilir limitlerin altında bulmuşlardır. Birikimlerin elementlere ve türe göre değişiklik gösterdiğini, fakat sıralamanın genellikle karaciğer>solungaç>kas olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, değerlerin Atatürk Baraj Gölü'ndeki önceki çalışmalarla benzer ancak, Dicle Nehri'nden daha düşük düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

LANDAJO ve ark. (2004), kuzey İspanya'daki çalışmalarında Bilbao nehir koyundan aldıkları sediment örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn birikimlerinin mevsimsel karşılaştırmasını yapmışlardır. Tüm örnekleri nehrin 3 farklı kolundan toplanmışlardır. Yaptıkları çalışmada Cd için 1,2-381,4, Cr için 51-1650, Cu için 53-1290, Fe için 14190-86560, Mn için 123-1011, Ni için 29-1270, Pb için 60-4570 ve Zn için 320-11570 $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır. En yüksek konsantrasyonların yaz aylarında, en düşük konsantrasyonların ise kış aylarında olduğunu tespit etmişlerdir.

MARACOVECCHIO (2004), Arjantin'de yaptığı çalışmasında La Plata Nehri'nden avladığı *Micropogonias furnieri* ve *Mugil liza*'nın yenilebilir kas dokularında ve karaciğerinde toplam Hg, Cd ve Zn konsantrasyonlarını belirlemiştir. Üç metalin de en yüksek birikimlerinin karaciğerde olduğunu ve kas dokularında tüm metal seviyelerinin düşük olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak yenilebilir dokularda belirlenen metal konsantrasyonlarının insan tüketimi için belirlenen uluslararası standartların altında olduğunu bildirmiştir.

STEAD-DEXTER ve WARD (2004), İngiltere'de Surrey'in kuzey batısındaki M3 otobanının yakınlarındaki göllerden aldıkları su ve sediment örneklerinde Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb metallerinin konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Sonuçları sırası ile su için 57,1; 19,1; 71,6; 6,33 ve 17,67 $\mu\text{g l}^{-1}$, sediment için ise 43,8; 29,1; 221; 0,23 ve 35,2 $\mu\text{g g}^{-1}$ kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

BEGUM ve ark. (2005), Bangladeş'in Dhanmondi Gölü'nde yaptıkları çalışmada 3 balık türünün etinde Cu; 5,07, Fe; 131, Mn; 17,5, Ni; 1,91, Pb; 2,08, Zn; 60,1, $\mu\text{g g}^{-1}$ (kuru ağırlık) olarak bulmuşlardır.

CAPPUYNS ve SWENNEN (2005), Grote Beek ve Grote Laak Nehirleri'nden aldıkları sediment örneklerinde Zn, Ni, Cd, Cu ve Fe (%) konsantrasyonlarını sırasıyla 282-574, 14-29, 8-17, 42-97 ve 6,3-21 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Fe %) olarak bulmuşlardır.

IP ve ark. (2005), Pearl Nehri'ndeki sucul organizmalarda (balık, karides, yengeç ve mollusk) bulunan iz elementlerin potansiyel kaynaklarını ve birikimini araştırmışlardır. Balıklardaki metal konsantrasyonunu 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 bulmuşlardır. Karides, yengeç ve kabuklularda Cd'yi, balıklarda ise Pb'yi yüksek konsantrasyonlarda bulmuşlardır.

MAES ve ark. (2005), Belçika nehir havzasındaki 3 farklı istasyondan aldıkları Avrupa yılan balığının kas dokusunda Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, As, Se konsantrasyonlarını sırasıyla 93,6-173,6; 2,448-19,485; 37,6-52,78; 0,493-0,642; 3,88-26,31; 46,52-65,7; 174,36-361,5; 135-371,25; 329-1022,8 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Fe ve Cu $\mu\text{g g}^{-1}$) olarak bildirmişlerdir.

NGUYEN ve ark. (2005), Macaristan'daki Balaton Gölü'nde yaptıkları çalışmada su ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Sudaki Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb konsantrasyonlarını 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, 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 bulmuşlardır.

OKONKWO ve MOTHIBA (2005), Güney Afrika'da 3 nehirde yaptıkları çalışmada su örneklerinde kış ve yaz mevsimlerindeki ağır metal düzeylerini karşılaştırmışlardır. Cd, Cu, Pb, Zn konsantrasyonlarını sırasıyla kışın 5,8; 2,7; 16,03; 2,3 $\mu\text{g l}^{-1}$ ve yazın 3,2; 2,3; 11,37; 1,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Metal konsantrasyonlarının kış döneminde yaz döneminden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sebebini kışın nehirlerle karışan yağmur sularına bağlamışlardır. Her iki dönemde de 3 nehirde alınan su örneklerinde Pb konsantrasyonunu diğer metallerden yüksek bulmuşlardır.

SINGH ve ark. (2005), Hindistan'daki Ganges Nehri'nin kolu olan Gomti Nehri'nden aldıkları su ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının dağılımını incelemiştir. Su örneklerinde Cd ve Cu konsantrasyonları ölçülebilir limitlerin altında, Cr için 0,0013-0,0057; Fe için 0,034-0,117; Mn için 0,0013-0,0053; Ni için 0,009-0,017; Pb için 0,019-0,039 ve Zn için 0,011-0,032 mg l⁻¹ konsantrasyonlarını, sedimentte ise Cd için 0,34-8,38; Cr için 2,22-19,13; Cu için 0-35,03; Fe için 1606-3142; Mn için 82,6-263,1; Ni için 6,5-29,8; Pb için 6,3-75,3 ve Zn için 3,1-101,7 µg g⁻¹ (kuru ağırlık) konsantrasyonlarını bulmuşlardır. Sedimentteki Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının ortalamalarını sırasıyla 2,42; 8,15; 5,0; 2660,9; 148,13; 15,17; 40,33 ve 41,67 µg g⁻¹ olarak saptamışlardır. Sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının nehir suyundakinden oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

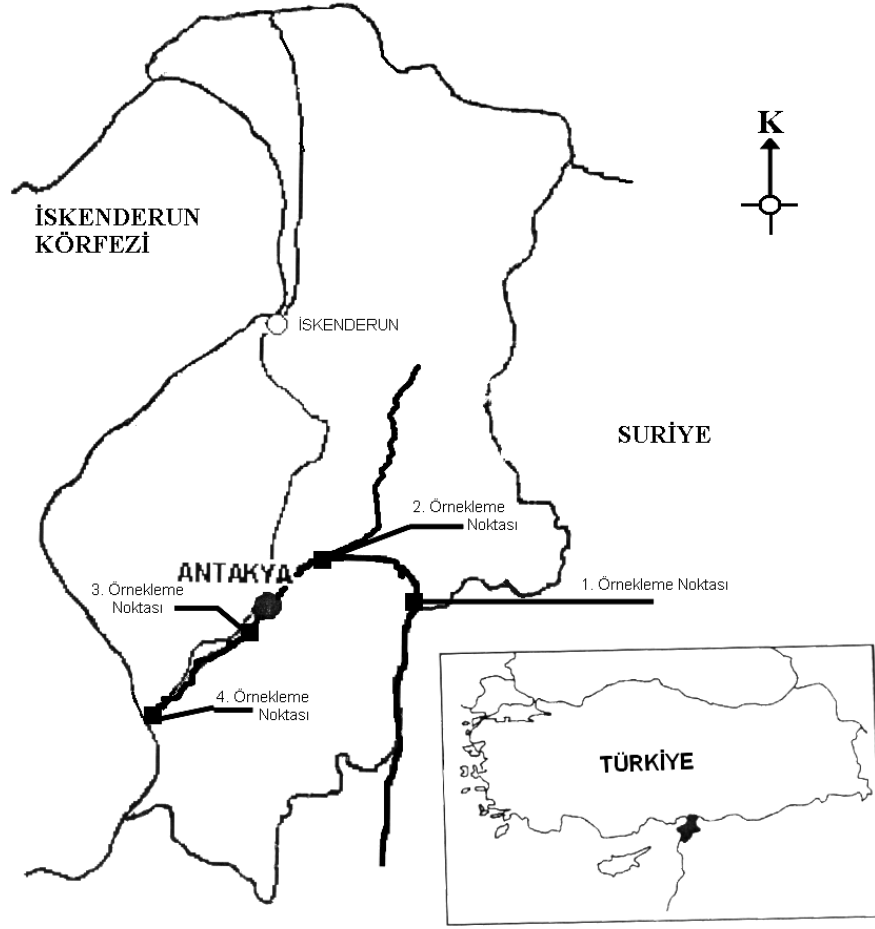
3. MATERYAL ve METOD

3.1. Araştırma yeri

Doğu Akdeniz Bölgesinin önemli bir akarsuyu olan ve toplam uzunluğu 380 km'yi bulan Asi Nehri, Lübnan'da doğmakta, Suriye'yi geçtikten sonra Türkiye'ye girerek Samandağ'dan Akdeniz'e dökülmektedir. Kaynağı bataklık olan ve beslenme havzasının büyük kesimi Suriye'de kalan nehrin vadisinin, aşağı kesimi Türkiye sınırları içindedir. Asi Nehri'nin ve özellikle denize birleştiği bölgenin, su ürünleri çeşitliliği oldukça fazladır. Nehrin geçtiği bölgede, Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822), Sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus,1758), Kefal (*Liza aurata* Risso, 1810), Yılan balığı (*Anguilla anguilla* Linnaeus,1766) ve Karides (*Penaeus kerathurus* Forskal, 1775) gibi ekonomik değeri olan ve yoğun olarak avlanan türler bulunmaktadır (CAPONERA, 1993; TAŞDEMİR ve GÖKSU, 2001).

3.2. Çalışma İstasyonları

Araştırma, Asi Nehri'nin Türkiye sınırları içerisinde kalan bölümü üzerinde seçilen 4 farklı istasyonda yürütülmüştür. Bu istasyonların yerleri sırası ile Reyhanlı'daki Türkiye-Suriye sınırında Asi Nehri'nin Türkiye topraklarına girdiği bölge (1. istasyon), nehrin Antakya merkezine girdiği Güzelburç bölgesi (2. istasyon), Antakya merkez çıkışı Sümerler bölgesi (3. istasyon) ve nehrin denize döküldüğü Samandağ bölgesidir (4. istasyon). İstasyonlardan mevsimleri temsil etmek üzere Ekim, Ocak, Nisan ve Temmuz aylarında örnekleme yapılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı Asi Nehri ve Örnekleme İstasyonları

3.3. Materyal

3.3.1. Analiz edilen materyaller

Araştırmada, her mevsim için su ve sediment örnekleri belirlenen istasyonlardan alınmıştır. Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) örnekleri ise kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde bölgedeki balıkçılardan temin edilmiştir.

Bu çalışmada balık materyali olarak kullanılan karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) Claridae familyasından olup, Sekiz Bıyık, Gelin Balığı ve Karayayın gibi yöresel isimlerle de adlandırılır. Esas olarak Suriye, Filistin ve Mısır civarında yayılış gösteren bu tür, Türkiye’de genellikle Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu

Bölgesi'nin Akdeniz'e komşu bölgelerinde bulunur. Ortalama 40-50 cm boy ve 1 kg ağırlığa ulaşabilirler. 1 çifti üst çenede, 3 çifti alt çenede olmak üzere dört çift bıyıkları vardır. Baş büyük, gözler küçük ve dudakları kalındır. Vücut rengi bulunduğu ortama göre değişmekle birlikte genellikle sırtı zeytini kahverengi veya koyu, yanlar gri-kahverengi, karın bulanık beyaz renklidir (GELDİAY ve BALIK, 1996; DEMİRSOY, 1996; ÇELİKKALE, 1994; DEMİRSOY, 1993). *Clariidae* familyasından olan karabalık *Clarias* cinsine ait *Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822'dir.

3.4. Yöntem

Çalışma alanları olarak seçilen 4 farklı istasyondan 2003-2004 yılları arasında bir yıl süreyle, mevsimleri temsil etmesi açısından ekim, ocak, nisan, temmuz aylarında su ve sediment örnekleri alınmıştır. Ayrıca balık örnekleri de belirlenen aylarda (ekim ayı hariç) temin edilmiştir.

Alınan su örnekleri 100 cc'lik polietilen şişelere konulmuş ve pH'ı 2'ye düşürüp, sudaki organizmaların ağır metalleri parçalayarak kimyasal reaksiyon başlatmalarını engellemek amacı ile suya %1 oranında HNO₃ ilave edilmiştir (CATALDO ve ark., 2001).

Sediment örnekleri kıyıdan 0-5 m uzaktan plastik kürekle alındıktan sonra polietilen torbalara konularak HNO₃ ile asitlendirilmiştir. Numuneler, içi buz dolu taşıma kaplarına konularak muhafazalı şekilde laboratuara taşınmıştır. Taşıma esnasında numunelerin gün ışığı, sıcaklık değişimi vs. gibi dış etkenlerden etkilenmemesine özen gösterilmiştir (ÜNSAL, 1998).

Toplanan su, sediment ve balık örnekleri aynı gün içerisinde Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Laboratuvarına getirilmiştir. Analize kadar balık ve sediment örnekleri -18 °C'de dondurulmuş, su örnekleri ise buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3.4.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Çalışmalara başlamadan önce, herhangi bir bulaşmanın olmaması için kullanılan bütün malzemeler %0,69'luk nitrik asit ve deiyonize su ile hazırlanan yıkama suyundan geçirilerek etüvde kurutulmuştur.

Sular, 598/3 Ø100 mm mavi band filtre kağıdından geçirilmiş ve her bir örnek mezürle 50 ml ölçülerek cam şişelere konulmuştur.

3.4.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Sediment örnekleri ilk aşamada 63 µm'lik plastik elekten geçirilmiştir. Daha sonra elekten geçen örneklerden 5-10 g kadarı cam petri kaplarına konulmuş ve etüvde 102 °C'de 12 saat bekletilerek kurutulmuştur. Kuruyan numuneler etüvden çıkarıldıktan sonra Scaltec SPB 421 (0,001 g hassasiyetinde) marka hassas terazide 0,5 g tartılarak ısıya dayanıklı cam erlenlere konulmuştur. Sediment örneklerinin üzerine HCl:HNO₃ (3:1) (Kral suyu, Aqua-regia) eklenmiş ve 24 saat asitte bekletilmiştir. Daha sonra düz ısıtıcı üzerinde erlenlerin ağız kısımlarına saat camı konularak beyaz duman çıkana kadar 120 °C'de buharlaştırılmıştır. Berraklaşan örnekler soğutularak 589/3 Ø100 mm mavi band filtre kağıdından süzöldükten sonra deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır (UNEP, 1984).

3.4.3. Balık Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Çalışmada her mevsim için 10 adet olmak üzere toplam 30 adet balık kullanılmıştır. Temin edilen balıklar aynı gün içerisinde Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Laboratuvarına getirilerek toplam boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ağırlık ölçümleri Scaltec SPB 421 (0,001 g hassasiyetinde) marka hassas terazide yapılmıştır. Balık örnekleri analize kadar -18 °C'de derin dondurucuda saklanmıştır. Derin dondurucuda donmuş olan balıklar analizden bir gece

önce buzdolabında bekletilmiştir. Temiz plastik malzemeler kullanılarak balıkların karaciğer, solungaç, deri ve kas dokularından örnekler alınmıştır.

Analiz yapılacak kas ve deri örneklerinden 2'şer gram, küçük balıklarda karaciğerin tamamı, büyük balıklarda ise yaklaşık küçük balıkların karaciğeri kadar, solungaçların sağ ve sol tarafından 2'şer adet yay alınmıştır. Alınan doku örneklerinin yaş ağırlıkları 0,001 g hassasiyetli terazide tartılıp darası alınarak porselen krozelere konulmuş ve 650 °C'de MF 120 Nüve marka kül fırınında 12 saat süreyle yakılmıştır (YAZKAN ve ark., 2002). Kül fırınından çıkarılan ve beyaz kül haline gelen numunelerin üzerine %65 saflıkta 2 ml HNO₃ ilave edilmiştir (ÜNLÜ ve GÜMGÜM, 1993). Örneklerin berraklaşması için çeker ocakta düz ısıtıcı üzerinde ısıtılmış ve bu süre içerisinde berraklaşmaya kadar her örneğe eşit miktarda HNO₃ ilave edilmiştir. Berraklaşan örnekler soğutulularak 589/3 Ø100 mm mavi band filtre kağıdından süzöldükten sonra deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır (SALİM ve ark., 2003).

Analize hazır hale getirilen su, sediment ve balık örnekleri için elementlerin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) standart aralığı belirlenmiştir. Multi IV (Merck) element stok çözeltisinden su ve balık için 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 5; 10 ve 20 ppm'lik, sediment için 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2,5; 5; 10; 25; 50; 100 ve 200 ppm'lik standartlar hazırlanmış ve bu standartlarla cihaz kalibre edilmiştir. Kalibrasyondan sonra örnekler ICP-AES Varian Liberty Series-2 cihazı kullanılarak Çizelge 3.1'de verilen dalga boylarında okutulmuştur. Ağır metal seviyeleri su örneklerinde mg l⁻¹, sediment örneklerinde µg g⁻¹ kuru ağırlık ve balık örneklerinde ise µg g⁻¹ yaş ağırlık olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. ICP-AES'de ağır metallerin okunduğu dalga boyları (ANONYMOUS, 2005b)

| | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Mn | Ni | Pb | Zn |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dalga Boyu (nm) | 228,8 | 238,9 | 267,7 | 324,8 | 259,9 | 257,6 | 231,6 | 220,4 | 213,9 |

Kalibrasyonda kullanılan standartlar aşağıda gösterildiği şekilde hazırlanmıştır;

50 ml 20 ppm'lik standart;

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$1000.X = 50.20$$

X= 1 ml Multi IV standart.

Standartın hazırlanacağı balon jöjeye bir miktar deiyonize su konulmuştur. Üzerine 5 ml (hazırlanacak standart hacminin %1'i kadar) nitrik asit ilave edildi. Hesaplanmış olan 1 ml Multi IV standart çözeltisi ilave edilmiş ve üzeri deiyonize su ile 50 ml tamamlanmıştır. 10, 5, 2 ve 1 ppm'lik standartların hazırlanmasında stok olarak 20 ppm'lik standart kullanılmıştır.

25 ml 10 ppm'lik standart;

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$20.X = 25.10$$

X= 12.5 ml 20 ppm'lik standart

Standartın hazırlanacağı balon jöjeye bir miktar deiyonize su konulmuştur. Üzerine 0,25 ml (hazırlanacak standart hacminin %1'i kadar) nitrik asit ilave edilmiştir. Hesaplanmış olan 12,5 ml 20 ppm'lik standart çözeltisi ilave edilmiş ve üzeri deiyonize su ile 25 ml tamamlanmıştır. 10, 5, 2 ve 1 ppm'lik standartların hazırlanmasında stok olarak 20 ppm'lik standart kullanılmıştır.

5 ppm, 2 ppm ve 1 ppm'lik standartlarda da stok olarak 20 ppm'lik kullanılmıştır. Hazırlanışları uygun hesaplamalar yapıldıktan sonra 10 ppm'lik standartta olduğu gibidir. Düşük ppm'lik standartlar için stok olarak kullanıldığından 1 ppm'lik standart 50 ml hazırlanmıştır.

25 ml 0,5 ppm'lik standart;

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$1.X = 25.0,5$$

X= 12,5 ml 1 ppm'lik standart

0,5, 0,1, 0,05 ve 0,01 ppm'lik standartlar da uygun hesaplamalar yapıldıktan sonra yukarıda anlatıldığı gibi hazırlanmıştır. Standartlar, özellikle düşük konsantrasyonlu olanlar çabuk bozulacağı için az miktarda hazırlanmıştır.

3.4.4. İstatiksel Analizler

Ağır metal birikimlerinin su, sediment örneklerinde mevsim ve istasyonlara göre farklılıkları ile karabalıkların mevsim ve organlara göre farklılıkları tek ve iki yönlü varyans analiziyle (One Way ANOVA ve Univariate-Two Way ANOVA) incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemliliğini belirlemek için One Way ANOVA Post-Hoc testi (Duncan) uygulanmıştır (ÖZDAMAR, 2001). Bütün istatistiksel analizler SPSS 13.0 paket programla yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının yıllık ortalamaları Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla 0,0461; 0,0069; 0,0292; 0,0266; 1,7133; 0,1145; 0,0603; 0,0058 ve 0,1544 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her bir istasyondaki değer, analiz edilen 5 tekerrürün ortalamasıdır. Ayrıca tüm çizelgelerde mevsimsel istasyon ortalamaları (M.ORT) ve istasyon yıllık ortalamaları (İ.ORT.) verilmiştir.

4.1.1. Kadmiyum (Cd)

Cd konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, en az birikim yazın 1. istasyonda 0,0001 mg l⁻¹, en fazla birikim yazın 4. istasyonda 0,7310 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Kış ve ilkbaharda bütün istasyonlarda ayrıca yazın 2. istasyonda Cd konsantrasyonları ICP ölçülebilir sınırlarının altında bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Su örneklerindeki Cd konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l⁻¹)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,0015±0,0003 ^B | 0,0010±0,001 | 0,0011±0,0003 | 0,0012±0,0003 ^A | 0,0120±0,0004 ^A |
| Kış | -** | - | - | - | - |
| İlkbahar | - | - | - | - | - |
| Yaz | 0,0001±0,0002 ^{Aa*} | - | 0,0008±0,0003 ^a | 0,7310±0,002 ^{Bb} | 0,1830±0,325 ^B |
| İ. ORT. ±SD. | 0,0004±0,001 ^a | 0,0003±0,001 ^a | 0,0005±0,001 ^a | 0,1831±0,325 ^b | 0,0461±0,178 |

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

** : Tespit edilemedi

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az sonbaharda 0,0120 mg l⁻¹, en fazla ise yaz mevsiminde 0,1830 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<sonbahar şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 2. istasyonda 0,0003 mg l⁻¹, en fazla ise 4. istasyonda 0,1831 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 4<3<1<2 şeklinde olup, 4. istasyon ile diğer üç istasyon arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05).

4.1.2. Kobalt (Co)

Co konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbaharda 2. istasyonda 0,0003 mg l⁻¹, en fazla ise yazın 2. istasyonda 0,0259 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Su örneklerindeki Co konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l⁻¹)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,0117±0,003 ^B | 0,0102±0,004 ^B | 0,0109±0,005 ^B | 0,0132±0,003 ^A | 0,0115 ±0,004 ^C |
| Kış | 0,0008±0,001 ^{Aa*} | 0,0097±0,004 ^{Bb} | 0,0109±0,006 ^{Bb} | 0,0106±0,006 ^{Ab} | 0,0080 ±0,006 ^B |
| İlkbahar | 0,0004±0,001 ^A | 0,0003±0,001 ^A | 0,0014±0,003 ^A | 0,0008±0,001 ^B | 0,0007±0,002 ^A |
| Yaz | 0,0023±0,002 ^{Aa} | 0,0259±0,004 ^{Cb} | 0,0011±0,002 ^{Aa} | 0,0005±0,001 ^{Ba} | 0,0074±0,011 ^B |
| İ. ORT. ±SD. | 0,0038±0,005 ^a | 0,0115±0,001 ^c | 0,0061±0,006 ^b | 0,0063±0,007 ^b | 0,0069±0,008 |

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

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az ilkbaharda 0,0007 mg l⁻¹, en fazla ise sonbahar mevsiminde 0,0115 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<yaz<kış<sonbahar şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda 0,0038 mg l⁻¹, en fazla ise 2. istasyonda 0,0115 mg l⁻¹ olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 1<3<4<2 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05). Sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05).

4.1.3. Krom (Cr)

Cr konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az kışın 2. istasyonda 0,0046 mg l⁻¹, en fazla ise yazın 2. istasyonda 0,2525 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Su örneklerindeki Cr konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l⁻¹)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,0054±0,002 ^A | 0,0078±0,002 ^A | 0,00792±0,002 ^A | 0,0053±0,003 ^A | 0,0066±0,002 ^A |
| Kış | 0,0046±0,001 ^{Aa*} | 0,0101±0,004 ^{ABb} | 0,0052±0,001 ^{Aa} | 0,0064±0,003 ^{ABa} | 0,0066±0,003 ^A |
| İlkbahar | 0,0055±0,003 ^{Aa} | 0,0114±0,002 ^{Bb} | 0,0614±0,006 ^{Cc} | 0,0076±0,002 ^{ABab} | 0,0215±0,024 ^B |
| Yaz | 0,0311±0,003 ^{Bb} | 0,2525±0,002 ^{Cd} | 0,0349±0,001 ^{Bc} | 0,0099±0,003 ^{Ba} | 0,0821±0,101 ^B |
| İ. ORT. ±SD. | 0,0116±0,012 ^b | 0,0705±0,108 ^d | 0,0274±0,024 ^c | 0,0073±0,003 ^a | 0,0292±0,060 |

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

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az sonbahar ve kış mevsiminde 0,0066 mg l⁻¹, en fazla ise yaz mevsiminde 0,0821 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama kış=sonbahar<ilkbahar<yaz şeklinde olup, kış ve sonbahar mevsimlerinin diğer mevsimlerle arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda 0,0073 mg l⁻¹, en fazla ise 2. istasyonda 0,0705 mg l⁻¹ olduğu saptanmıştır. İstasyonlar

arası sıralama 4<1<3<2 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sonbaharda istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

4.1.4. Bakır (Cu)

Cu konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az kışın 4. istasyonda $0,0217 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise yazın 2. istasyonda $0,0496 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Su örneklerindeki Cu konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | $0,0304\pm 0,001^{\text{Bb}^*}$ | $0,0290\pm 0,001^{\text{Ba}}$ | $0,0307\pm 0,001^{\text{Bb}}$ | $0,0299\pm 0,001^{\text{Cab}}$ | $0,0300\pm 0,001^{\text{B}}$ |
| Kış | $0,0238\pm 0,001^{\text{Ab}}$ | $0,0233\pm 0,001^{\text{Ab}}$ | $0,0230\pm 0,001^{\text{Aab}}$ | $0,0217\pm 0,001^{\text{Aa}}$ | $0,0229\pm 0,001^{\text{A}}$ |
| İlkbahar | $0,0236\pm 0,002^{\text{A}}$ | $0,0239\pm 0,002^{\text{A}}$ | $0,0228\pm 0,002^{\text{A}}$ | $0,0235\pm 0,002^{\text{B}}$ | $0,0235\pm 0,002^{\text{A}}$ |
| Yaz | $0,0237\pm 0,002^{\text{Aa}}$ | $0,0496\pm 0,002^{\text{Cb}}$ | $0,0242\pm 0,001^{\text{Aa}}$ | $0,0230\pm 0,001^{\text{ABa}}$ | $0,0301\pm 0,012^{\text{B}}$ |
| İ. ORT. ±SD. | $0,0254\pm 0,003^{\text{a}}$ | $0,0314\pm 0,011^{\text{b}}$ | $0,0251\pm 0,004^{\text{a}}$ | $0,0245\pm 0,003^{\text{a}}$ | $0,0266\pm 0,007$ |

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

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az kışın $0,0229 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise yaz mevsiminde $0,0301 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama kış<ilkbahar<sonbahar<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda $0,0245 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise 2. istasyonda $0,0314 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 4<3<1<2 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). İlkbaharda istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

4.1.5. Demir (Fe)

Fe konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbaharda 1. istasyonda 0,0079 mg l⁻¹, en fazla ise yazın 2. istasyonda 9,7341 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az sonbaharda 0,0979 mg l⁻¹, en fazla ise yaz mevsiminde 4,9653 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama sonbahar<ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda 0,6990 mg l⁻¹, en fazla ise 2. istasyonda 3,1985 mg l⁻¹ olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 4<3<1<2 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.5. Su örneklerindeki Fe konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l⁻¹)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,0079±0,005 ^{Aa*} | 0,1698±0,003 ^{Ad} | 0,0550±0,005 ^{Ab} | 0,1587±0,013 ^{Ac} | 0,0979±0,071 ^A |
| Kış | 0,4075±0,0089 ^{Ba} | 2,2498±0,026 ^{Cd} | 0,9011±0,005 ^{Bb} | 1,0495±0,004 ^{Cc} | 1,1520±0,695 ^C |
| İlkbahar | 0,6826±0,003 ^{Cc} | 0,6405±0,007 ^{Bb} | 0,9559±0,009 ^{Cd} | 0,2718±0,010 ^{Ba} | 0,6379±0,250 ^B |
| Yaz | 5,4735±0,021 ^{Dc} | 9,7341±0,117 ^{Dd} | 3,3386±0,012 ^{Db} | 1,3150±0,018 ^{Da} | 4,9653±3,203 ^D |
| İ. ORT. ±SD. | 1,6429±2,282 ^c | 3,1985±3,952 ^d | 1,3126±1,255 ^b | 0,6990±0,507 ^a | 1,7133±2,512 |

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

4.1.6. Mangan (Mn)

Mn konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbaharda 1. istasyonda $0,0011 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise yazın 2. istasyonda $0,7596 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az sonbaharda $0,0059 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise yaz mevsiminde $0,3207 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama sonbahar<ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda $0,0542 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise 2. istasyonda $0,2303 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama $4<1<3<2$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.6. Su örneklerindeki Mn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | $0,0011\pm0,0003^{Aa*}$ | $0,0069\pm0,0004^{Ab}$ | $0,0016\pm0,0001^{Aa}$ | $0,0141\pm0,001^{Ac}$ | $0,0059\pm0,005^A$ |
| Kış | $0,0693\pm0,001^{Ca}$ | $0,1243\pm0,003^{Cd}$ | $0,1158\pm0,001^{Cc}$ | $0,1026\pm0,001^{Db}$ | $0,1030\pm0,022^C$ |
| İlkbahar | $0,0211\pm0,001^{Ba}$ | $0,0305\pm0,001^{Bc}$ | $0,0376\pm0,001^{Bd}$ | $0,0251\pm0,001^{Bb}$ | $0,0286\pm0,006^B$ |
| Yaz | $0,2461\pm0,002^{Dc}$ | $0,7596\pm0,003^{Dd}$ | $0,2017\pm0,001^{Db}$ | $0,0752\pm0,001^{Ca}$ | $0,3207\pm0,298^D$ |
| İ. ORT. ±SD. | $0,0844\pm0,099^b$ | $0,23033\pm0,317^d$ | $0,0892\pm0,079^c$ | $0,0542\pm0,037^a$ | $0,1145\pm0,182$ |

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

4.1.7. Nikel (Ni)

Ni konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az kışın 4. istasyonda 0,0040 mg l⁻¹, en fazla ise yazın 2. istasyonda 0,6527 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az kışın 0,0076 mg l⁻¹, en fazla ise yaz mevsiminde 0,1921 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama kış<ilkbahar<sonbahar<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda 0,0133 mg l⁻¹, en fazla ise 2. istasyonda 0,1730 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 4<3<1<2 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Kış ve ilkbaharda istasyonlar arasında, 4. istasyonda ise mevsimler arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.7. Su örneklerindeki Ni konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l⁻¹)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,0332±0,020 ^{Bb*} | 0,0226±0,005 ^{Bab} | 0,0249±0,017 ^{Bab} | 0,0125±0,012 ^a | 0,0233±0,020 ^B |
| Kış | 0,0136±0,011 ^A | 0,0073±0,009 ^A | 0,0054±0,006 ^A | 0,0040±0,007 | 0,0076±0,009 ^A |
| İlkbahar | 0,0174±0,011 ^{AB} | 0,0093±0,007 ^A | 0,0261±0,018 ^B | 0,0201±0,019 | 0,0182±0,015 ^B |
| Yaz | 0,0542±0,013 ^{Cb} | 0,6527±0,009 ^{Cc} | 0,0448±0,007 ^{Cb} | 0,0167±0,011 ^a | 0,1921±0,273 ^C |
| İ. ORT. ±SD. | 0,0296±0,020 ^b | 0,1730±0,284 ^c | 0,0253±0,019 ^b | 0,0133±0,013 ^a | 0,0603±0,155 |

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

4.1.8. Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az kışın 4. istasyonda 0,0006 mg l⁻¹, en fazla ise yazın 2. istasyonda 0,0174 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az kışın 0,0009 mg l⁻¹, en fazla ise yaz mevsiminde 0,0098 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama kış<ilkbahar<sonbahar<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda 0,0048 mg l⁻¹, en fazla ise 2. istasyonda 0,0078 mg l⁻¹ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<4<3<2 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Sonbahar, kış ve ilkbaharda istasyonlar arasında, 4. istasyonda mevsimler arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı saptanmıştır

Çizelge 4.8. Su örneklerindeki Pb konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l⁻¹)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,0120±0,004 ^B | 0,0091±0,002 ^B | 0,0086±0,001 ^B | 0,0084±0,005 | 0,0095±0,003 ^B |
| Kış | 0,0024±0,002 ^A | 0,0008±0,002 ^A | -** | 0,0006±0,001 | 0,0009±0,002 ^A |
| İlkbahar | 0,0021±0,002 ^A | 0,0040±0,003 ^A | 0,0027±0,002 ^A | 0,0023±0,003 | 0,0028±0,003 ^A |
| Yaz | 0,0026±0,002 ^{Aa*} | 0,0174±0,006 ^{Cc} | 0,0100±0,003 ^{Bab} | 0,0094±0,020 ^{ab} | 0,0098±0,011 ^B |
| İ. ORT. ±SD. | 0,0048±0,005 | 0,0078±0,007 | 0,0053±0,005 | 0,0052±0,010 | 0,0058±0,007 |

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

** : Tespit edilemedi

4.1.9. Çinko (Zn)

Zn konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az kışın 4. istasyonda $0,0072 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise ilkbaharda 2. istasyonda $0,5257 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az sonbaharda $0,0742 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise ilkbahar mevsiminde $0,3238 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama sonbahar<kış<yaz<ilkbahar şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda $0,1153 \text{ mg l}^{-1}$, en fazla ise 2. istasyonda $0,2304 \text{ mg l}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama $4<1<3<2$ şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.9. Su örneklerindeki Zn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg l^{-1})

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | $0,0392\pm0,003^{\text{Aa}^*}$ | $0,1373\pm0,001^{\text{Bd}}$ | $0,0719\pm0,001^{\text{Ac}}$ | $0,0484\pm0,004^{\text{Bb}}$ | $0,0742\pm0,039^{\text{A}}$ |
| Kış | $0,0914\pm0,004^{\text{Ca}}$ | $0,1034\pm0,002^{\text{Cc}}$ | $0,1026\pm0,001^{\text{Cb}}$ | $0,0072\pm0,003^{\text{Ca}}$ | $0,0761\pm0,041^{\text{A}}$ |
| İlkbahar | $0,2439\pm0,002^{\text{Bb}}$ | $0,5257\pm0,005^{\text{Ac}}$ | $0,2922\pm0,007^{\text{Bc}}$ | $0,2334\pm0,020^{\text{Aa}}$ | $0,3238\pm0,122^{\text{C}}$ |
| Yaz | $0,1029\pm0,002^{\text{Da}}$ | $0,1552\pm0,001^{\text{Dc}}$ | $0,1439\pm0,002^{\text{Db}}$ | $0,1721\pm0,001^{\text{Dd}}$ | $0,1435\pm0,026^{\text{B}}$ |
| İ. ORT. ±SD. | $0,1193\pm0,078^{\text{b}}$ | $0,2304\pm0,176^{\text{d}}$ | $0,1527\pm0,087^{\text{c}}$ | $0,1153\pm0,094^{\text{a}}$ | $0,1544\pm0,123$ |

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

Yaz mevsiminde 2. istasyondan alınan su örneklerindeki Cd ve Zn hariç incelenen bütün metal konsantrasyonlarının diğer mevsim ve istasyonlara göre çok yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, Akdeniz bölgesinde yaz döneminde, yağışların olmaması ayrıca buharlaşmanın fazla olmasından dolayı nehrin suları ve debisi azalmaktadır. Ayrıca nehrin Antakya merkezine girdiği Güzelburç bölgesi (2. istasyon) civarındaki deri, mobilya, cam ve oto sanayi, boyahaneler ve yağ

fabrikalarının yoğun olması ve atıklarının nehre karışması, nehrin debisinin yaz aylarında azalmasından dolayı sudaki metal konsantrasyonunu arttırdığı ve bu nedenlerden dolayı yaz döneminde özellikle 2. İstasyonda belirgin artışa sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Mevsim ve istasyon farkı gözetmeksizin sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının yıllık ortalamaları Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla 0,0058; 0,4869; 6,5355; 1,0341; 1197,9; 14,192; 10,907; 0,1908 ve 1,9652 $\mu\text{g g}^{-1}$ kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Çizelgelerde her bir istasyondaki değer, analiz edilen 5 tekerrürün ortalamasıdır. Ayrıca tüm çizelgelerde mevsimsel istasyon ortalamaları (M.ORT) ve istasyon yıllık ortalamaları (İ.ORT.) verilmiştir.

4.2.1. Kadmiyum (Cd)

Cd konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az yazın 1. istasyonda 0,0001 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yazın 3. istasyonda 0,0144 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az sonbaharda 0,0038 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise ilkbahar mevsiminde 0,0072 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama sonbahar<kış<yaz<ilkbahar şeklinde olup, sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerle arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda 0,0023 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 3. istasyonda 0,0098 $\mu\text{g g}^{-1}$ olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 4<1<2<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.10. Sediment örneklerindeki Cd konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,0031±0,002 ^{Aab} | 0,0005±0,001 ^{Aa} | 0,0069±0,003 ^{Ac} | 0,0047±0,002 ^{Cbc} | 0,0038±0,003 ^A |
| Kış | 0,0084±0,001 ^{Bc*} | 0,0061±0,002 ^{Bb} | 0,0091±0,001 ^{Ac} | 0,0001±0,0003 ^{Aa} | 0,0059±0,004 ^B |
| İlkbahar | 0,0084±0,005 ^{Bb} | 0,0082±0,003 ^{Bb} | 0,0089±0,002 ^{Ab} | 0,0034±0,004 ^{BCa} | 0,0072±0,004 ^B |
| Yaz | 0,0001±0,0002 ^{Aa} | 0,0093±0,007 ^{Bb} | 0,0144±0,006 ^{Bb} | 0,0008±0,001 ^{ABa} | 0,0062±0,007 ^B |
| İ. ORT. ±SD. | 0,0050±0,004 ^b | 0,0060±0,005 ^b | 0,0098±0,004 ^c | 0,0023±0,003 ^a | 0,0058±0,005 |

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

4.2.2. Kobalt (Co)

Co konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbaharda 1. istasyonda $0,1850 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise ilkbaharda 4. istasyonda $0,9389 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Sediment örneklerindeki Co konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,1850±0,034 ^{Aa*} | 0,5949±0,245 ^{Bb} | 0,4038±0,140 ^{ABab} | 0,4636±0,210 ^{Ab} | 0,4118±0,222 ^A |
| Kış | 0,2506±0,039 ^{Aa} | 0,9024±0,105 ^{Cc} | 0,5873±0,081 ^{Bb} | 0,6212±0,054 ^{Ab} | 0,5904±0,247 ^B |
| İlkbahar | 0,1938±0,109 ^{Aa} | 0,5688±0,060 ^{ABb} | 0,4801±0,258 ^{ABb} | 0,9389±0,050 ^{Bc} | 0,5454±0,304 ^B |
| Yaz | 0,4046±0,161 ^{Bab} | 0,3589±0,167 ^{Aa} | 0,2827±0,013 ^{Aa} | 0,5538±0,043 ^{Ab} | 0,4000±0,149 ^A |
| İ. ORT. ±SD. | 0,2585±0,129 ^a | 0,6062±0,247 ^c | 0,4385±0,180 ^b | 0,6444±0,211 ^c | 0,4869±0,247 |

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

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az yazın 0,4000 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kış mevsiminde 0,5904 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<sonbahar<ilkbahar<kış şeklinde olup, yaz ve sonbahar mevsimleri ile ilkbahar ve kış mevsimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda 0,2585 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 4. istasyonda 0,6444 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<3<2<4 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.2.3. Krom (Cr)

Cr konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, en az birikim yazın 1. istasyonda 3,1979 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla birikim yazın 4. istasyonda 8,9614 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Sediment örneklerindeki Cr konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 3,9000±0,276 ^{Ba*} | 8,2148±0,371 ^{Bc} | 7,2228±0,582 ^{Bb} | 6,9364±0,561 ^{Ab} | 6,5685±1,708 ^B |
| Kış | 3,6985±0,276 ^{ABa} | 8,9050±0,4533 ^{Cc} | 7,7662±0,105 ^{Bb} | 7,9606±0,277 ^{Bb} | 7,0826±2,072 ^C |
| İlkbahar | 3,9250±0,759 ^{Ba} | 7,0901±0,333 ^{Ab} | 7,3490±0,878 ^{Bb} | 6,8343±0,253 ^{Ab} | 6,2996±1,528 ^{AB} |
| Yaz | 3,1979±0,119 ^{Aa} | 7,3892±0,182 ^{Ac} | 5,2168±0,386 ^{Ab} | 8,9614±0,565 ^{Cd} | 6,1913±2,261 ^A |
| İ. ORT. ±SD. | 3,6803±0,496 ^a | 7,8998±0,797 ^c | 6,8887±1,136 ^b | 7,6732±0,974 ^c | 6,5355±1,909 |

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

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın 6,1913 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kış mevsiminde 7,0826 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<ilkbahar<sonbahar<kış şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda 3,6803 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 2. istasyonda 7,8998 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<3<2<4 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.2.4. Bakır (Cu)

Cu konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az yazın 4. istasyonda 0,6488 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla sonbaharda 4. istasyonda 1,4944 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın 0,9635 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise ilkbahar mevsiminde 1,1557 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<kış<sonbahar<ilkbahar şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.13. Sediment örneklerindeki Cu konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 0,7079±0,071 ^a | 0,7474±0,060 ^{Aa*} | 1,1741±0,129 ^{Ab} | 1,4944±0,081 ^{Dc} | 1,0309±0,342 ^B |
| Kış | 0,7338±0,049 ^a | 1,0262±0,036 ^{Bb} | 1,4080±0,030 ^{Bc} | 0,7770±0,033 ^{Ba} | 0,9863±0,277 ^{AB} |
| İlkbahar | 0,6810±0,149 ^a | 1,4121±0,075 ^{Cc} | 1,3563±0,135 ^{Bc} | 1,1732±0,030 ^{Cb} | 1,1557±0,310 ^C |
| Yaz | 0,6827±0,069 ^a | 1,4176±0,053 ^{Cc} | 1,1050±0,098 ^{Ab} | 0,6488±0,047 ^{Aa} | 0,9635±0,332 ^A |
| İ. ORT. ±SD. | 0,7013±0,088 ^a | 1,1508±0,294 ^c | 1,2609±0,161 ^d | 1,0234±0,346 ^b | 1,0341±0,320 |

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

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda 0,7013 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 3. istasyonda 1,2609 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<4<2<3 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). 1. istasyonda mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$)

4.2.5. Demir (Fe)

Fe konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbaharda 1. istasyonda 863,22 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise ilkbaharda 2. istasyonda 1473,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Sediment örneklerindeki Fe konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 936,30±72,85 ^a | 1371,4±95,16 ^{BCc} | 1225,4±87,29 ^{Ab*} | 1219,5±99,82 ^b | 1188,1±181,3 ^{AB} |
| Kış | 947,98±59,44 ^a | 1300,6±54,28 ^{Bab} | 1362,6±79,60 ^{Bc} | 1221,3±55,47 ^b | 1208,1±172,4 ^{AB} |
| İlkbahar | 863,22±204,8 ^a | 1473,3±95,20 ^{Cb} | 1377,7±89,71 ^{Bb} | 1399,8±445,0 ^b | 1278,5±340,5 ^C |
| Yaz | 876,98±339,1 ^a | 1035,5±59,09 ^{Aab} | 1177,7±123,8 ^{Abc} | 1376,7±129,3 ^c | 1116,7±259,5 ^A |
| İ. ORT. ±SD. | 906,12±190,5 ^a | 1295,2±181,1 ^b | 1285,8±125,2 ^b | 1304,3±235,5 ^b | 1197,9±250,0 |

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

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın 1116,7 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise ilkbahar mevsiminde 1278,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<sonbahar<kış<ilkbahar şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda 906,12 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 4. istasyonda 1304,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<3<2<4 şeklinde olup, 1. istasyon ile diğer istasyonlar arasındaki

farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). 1. ve 4. istasyonda mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

4.2.6. Mangan (Mn)

Mn konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbaharda 1. istasyonda $8,9047 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kışın 2. istasyonda $19,318 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Sediment örneklerindeki Mn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | $8,9047\pm 0,671^{Aa*}$ | $14,835\pm 0,709^{Ac}$ | $13,207\pm 0,922^{Ab}$ | $13,903\pm 0,231^{Ab}$ | $12,713\pm 2,414^A$ |
| Kış | $11,710\pm 0,692^{Ba}$ | $19,318\pm 0,910^{Cd}$ | $15,827\pm 0,335^{Bc}$ | $14,283\pm 0,456^{Ab}$ | $15,284\pm 2,886^C$ |
| İlkbahar | $10,503\pm 2,175^{ABa}$ | $16,574\pm 0,741^{Bc}$ | $13,613\pm 0,592^{Ab}$ | $16,535\pm 0,521^{Bc}$ | $14,306\pm 2,799^B$ |
| Yaz | $14,733\pm 0,697^{Cb}$ | $14,124\pm 0,334^{Aab}$ | $13,169\pm 1,007^{Aa}$ | $15,831\pm 0,818^{Bc}$ | $14,464\pm 1,210^B$ |
| İ. ORT. ±SD. | $11,463\pm 2,4676^a$ | $16,213\pm 2,154^d$ | $13,954\pm 1,324^b$ | $15,138\pm 1,219^c$ | $14,192\pm 2,553$ |

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

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda $11,463 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 2. istasyonda $16,213 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama $1<3<4<2$ şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az sonbaharda $12,713 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kış mevsiminde $15,284 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama sonbahar<ilkbahar<yaz<kış şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.2.7. Nikel (Ni)

Ni konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az kışın 1. istasyonda $6,2926 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise sonbaharda 2. istasyonda $16,208 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın $8,5998 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kış mevsiminde $12,866 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<ilkbahar<sonbahar<kış şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda $6,7340 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 2. istasyonda $12,637 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<3<2<4 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). 1. istasyonda mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.16. Sediment örneklerindeki Ni konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | $7,2864\pm0,371^a$ | $16,208\pm0,786^{Cd*}$ | $11,832\pm0,589^{Bc}$ | $9,4045\pm0,152^{Ab}$ | $11,183\pm3,438^B$ |
| Kış | $6,2926\pm0,514^a$ | $16,073\pm0,612^{Cc}$ | $12,980\pm0,281^{Cb}$ | $16,117\pm0,477^{Dc}$ | $12,866\pm4,130^C$ |
| İlkbahar | $6,7300\pm1,477^a$ | $9,9776\pm0,308^{Bb}$ | $12,741\pm0,290^{Cc}$ | $14,463\pm0,428^{Cd}$ | $10,978\pm3,092^B$ |
| Yaz | $6,6268\pm0,121^a$ | $8,2879\pm0,202^{Ac}$ | $7,3915\pm0,540^{Ab}$ | $12,093\pm0,731^{Bd}$ | $8,5998\pm2,198^A$ |
| İ. ORT. ±SD. | $6,7340\pm0,826^a$ | $12,637\pm3,680^c$ | $11,236\pm2,356^b$ | $13,019\pm2,635^d$ | $10,907\pm3,570$ |

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

4.2.8. Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az yazın 1. istasyonda $0,0376 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kışın 2. istasyonda $0,4649 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın $0,1391 \mu\text{g g}^{-1}$ en fazla ise kış mevsiminde $0,2703 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<sonbahar<ilkbahar<kış şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında ise birikim en az 1. istasyonda $0,0933 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 2. istasyonda $0,2540 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama $1<4<3<2$ şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.17. Sediment örneklerindeki Pb konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | $0,1230\pm 0,058^{\text{Bab}}$ | $0,0948\pm 0,031^{\text{Aa}^*}$ | $0,2743\pm 0,079^{\text{BCc}}$ | $0,1833\pm 0,066^{\text{ABb}}$ | $0,1688\pm 0,090^{\text{AB}}$ |
| Kış | $0,1586\pm 0,040^{\text{Ba}}$ | $0,4649\pm 0,054^{\text{Cc}}$ | $0,3009\pm 0,058^{\text{Cb}}$ | $0,1567\pm 0,030^{\text{ABa}}$ | $0,2703\pm 0,137^{\text{C}}$ |
| İlkbahar | $0,0541\pm 0,019^{\text{Aa}}$ | $0,2695\pm 0,020^{\text{Bc}}$ | $0,1781\pm 0,082^{\text{Ab}}$ | $0,2377\pm 0,087^{\text{Bbc}}$ | $0,1848\pm 0,101^{\text{B}}$ |
| Yaz | $0,0376\pm 0,023^{\text{Aa}}$ | $0,1867\pm 0,106^{\text{Bb}}$ | $0,1997\pm 0,035^{\text{ABb}}$ | $0,1324\pm 0,028^{\text{Ab}}$ | $0,1391\pm 0,085^{\text{A}}$ |
| İ. ORT. ±SD. | $0,0933\pm 0,062^{\text{a}}$ | $0,2540\pm 0,151^{\text{c}}$ | $0,2382\pm 0,080^{\text{c}}$ | $0,1775\pm 0,067^{\text{b}}$ | $0,1908\pm 0,114$ |

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

4.2.9. Çinko (Zn)

Zn konsantrasyonlarının mevsim ve istasyonlara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az

yazın 4. istasyonda 0,9695 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla sonbahar 4. istasyonda 2,9455 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında ise birikim en az 1. istasyonda 1,6851 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise 3. istasyonda 2,3767 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<4<2<3 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). 1. istasyonda mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az kışın 1,7450 $\mu\text{g g}^{-1}$ en fazla ise ilkbahar mevsiminde 2,1289 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama kış<yaz<sonbahar<ilkbahar şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.18. Sediment örneklerindeki Zn konsantrasyonunun mevsim ve istasyonlara göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.)

| MEVSİM | İSTASYON | | | | M. ORT.±SD. |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Sonbahar | 1,8782±0,255 ^{ab} | 1,2826±0,114 ^{Aa*} | 2,3573±0,547 ^{ABbc} | 2,9455±0,865 ^{Cc} | 2,1159±0,794 ^B |
| Kış | 1,5654±0,095 ^b | 1,6613±0,105 ^{Bb} | 2,6750±0,696 ^{Bc} | 1,0781±0,031 ^{Aa} | 1,7450±0,679 ^A |
| İlkbahar | 1,5158±0,319 ^a | 2,4623±0,229 ^{Cc} | 2,5604±0,224 ^{ABc} | 1,9771±0,282 ^{Bc} | 2,1289±0,493 ^B |
| Yaz | 1,7808±0,713 ^b | 2,8202±0,279 ^{Dc} | 1,9143±0,199 ^{Ab} | 0,9695±0,029 ^{Aa} | 1,8712±0,765 ^{AB} |
| İ. ORT. ±SD. | 1,6851±0,409 ^a | 2,0566±0,654 ^b | 2,3767±0,522 ^c | 1,7426±0,919 ^a | 1,9652±0,699 |

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

4.3. Karabalık Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Araştırma için kullanılan karabalıkların toplam boyları 23-36 cm ve ağırlıkları 75-268 g arasında ölçülmüş olup, mevsim ortalamaları arasında istatistiksel bir fark olmadığı saptanmıştır (Çizelge 19). Karabalığın kas (K), karaciğer (C), solungaç (S) ve derisinden (D) alınan örneklerden tespit edilen Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre ortalama değerleri ve standart sapmaları sırasıyla Çizelge 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27 ve 4.28'de verilmiştir.

Metallerin bazıları ölçüm aralığının altında olduğu için bazı mevsim ve istasyonlarda belirlenememiştir.

Çalışılan tüm mevsim ve karabalık dokularının ağır metal konsantrasyonları ortalaması Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla 0,0016, 0,0045, 0,0229, 0,2932, 5,8554, 0,2894, 0,0156, 0,0061 ve 0,6983 $\mu\text{g g}^{-1}$ yaş ağırlık olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Asi Nehri'nden avlanan karabalık örneklerine ait toplam boy (cm) ve toplam ağırlık (g) değerleri

| MEVSİM | Örnek Sayısı | Toplam Boy (cm) | | | Toplam Ağırlık (g) | | |
|------------|--------------|-----------------|-----------|------------|--------------------|-----------|------------|
| | | En Düşük | En Yüksek | Ort.±Sd* | En Düşük | En Yüksek | Ort.±Sd |
| Sonbahar** | - | - | - | - | - | - | - |
| Kış | 10 | 23 | 36 | 28,16±4,26 | 75 | 268 | 145,2±71,3 |
| İlkbahar | 10 | 25 | 27,2 | 26,16±0,79 | 100,15 | 129,47 | 114,5±9,79 |
| Yaz | 10 | 25,4 | 31,8 | 28,26±2,11 | 98 | 203 | 141,1±32,6 |

Ort.±Sd*: Ortalama değerler ve Standart sapma

** : Örnekleme yapılamadı

4.3.1. Kadmiyum (Cd)

Cd konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az kışın deri dokuda $0,0002 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yazın kas dokuda $0,0025 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az ilkbaharda $0,0010 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak en fazla ise yazın $0,0025 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az deride $0,0007 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise karaciğerde $0,0025 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Dokular arası sıralama D<K<S<C şeklinde olup, dokular arasındaki farklılık istatistiksel olarak

önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Deri doksu hariç tüm mevsim ve dokular arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.20. Karabalık dokularındaki Cd konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT. \pm SD. |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | 0,0025 \pm 0,007 | 0,0008 \pm 0,002 | 0,0017 \pm 0,004 | 0,0002 \pm 0,0004 ^A | 0,0013 \pm 0,004 |
| İlkbahar | 0,0007 \pm 0,001 | 0,0011 \pm 0,002 | 0,0015 \pm 0,001 | 0,0006 \pm 0,001 ^{A*} | 0,0010 \pm 0,001 |
| Yaz | 0,0007 \pm 0,001 | 0,0057 \pm 0,010 | 0,0020 \pm 0,001 | 0,0014 \pm 0,001 ^B | 0,0025 \pm 0,005 |
| D. ORT. \pmSD. | 0,0013 \pm 0,004 | 0,0025 \pm 0,006 | 0,0017 \pm 0,003 | 0,0007 \pm 0,001 | 0,0016 \pm 0,004 |

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

4.3.2. Kobalt (Co)

Co konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbaharda solungaç dokuda 0,0001 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yazın solungaç dokuda 0,0127 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.21. Karabalık dokularındaki Co konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT. \pm SD. |
|--|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | 0,0017 \pm 0,002 ^A | 0,0039 \pm 0,003 ^A | 0,0022 \pm 0,003 ^A | 0,0020 \pm 0,002 ^A | 0,0025 \pm 0,002 ^A |
| İlkbahar | 0,0008 \pm 0,001 ^{Aab} | 0,0044 \pm 0,008 ^{Ab} | 0,0001 \pm 0,0004 ^{Aa} | 0,0012 \pm 0,001 ^{Aab} | 0,0016 \pm 0,004 ^A |
| Yaz | 0,0046 \pm 0,003 ^{Ba*} | 0,0126 \pm 0,011 ^{Bb} | 0,0127 \pm 0,009 ^{Bb} | 0,0075 \pm 0,004 ^{Bab} | 0,0094 \pm 0,008 ^B |
| D. ORT. \pmSD. | 0,0024 \pm 0,003 ^a | 0,0070 \pm 0,009 ^c | 0,0050 \pm 0,008 ^b | 0,0036 \pm 0,004 ^a | 0,0045 \pm 0,007 |

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

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az ilkbaharda 0,0016 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yaz mevsiminde 0,0094 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, yaz mevsimi ile diğer mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az kasta 0,0024 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise karaciğerde 0,0070 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Dokular arası sıralama ise K<D<S<C şeklinde olup, dokular arasındaki farklılık istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kış mevsiminde dokular arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

4.3.3. Krom (Cr)

Cr konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az kışın deri dokuda 0,0062 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yazın karaciğer dokuda 0,0282 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Karabalık dokularındaki Cr konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT.±SD. |
|-------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | 0,0100±0,008 ^a | 0,0137±0,016 ^{Aab*} | 0,0238±0,019 ^b | 0,0062±0,005 ^a | 0,0134±0,014 ^A |
| İlkbahar | 0,0083±0,002 | 0,0266±0,015 ^B | 0,0281±0,020 | 0,0255±0,040 | 0,0221±0,024 ^{AB} |
| Yaz | 0,0153±0,010 ^{ab} | 0,0282±0,011 ^{Bab} | 0,0778±0,132 ^b | 0,0113±0,005 ^a | 0,0331±0,069 ^C |
| D. ORT. ±SD. | 0,0112±0,008 ^a | 0,0228±0,015 ^{ab} | 0,0432±0,079 ^b | 0,0143±0,024 ^a | 0,0229±0,043 |

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

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az kışın 0,0134 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yaz mevsiminde 0,0331 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama kış<ilkbahar<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az kasta 0,0112 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise solungaçta 0,0432 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Dokular arası sıralama $K < D < C < S$ şeklinde olup, dokular arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Karaciğer hariç diğer dokularda mevsimsel olarak istatistiksel farklılık olmadığı saptanmıştır. Ayrıca ilkbaharda da dokular arasında istatistiksel farklılığa rastlanmamıştır.

4.3.4. Bakır (Cu)

Cu konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az yazın kas dokuda 0,0901 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kışın karaciğer dokuda 1,4445 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.23. Karabalık dokularındaki Cu konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT. \pm SD. |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | 0,2827 \pm 0,136 ^{Ba*} | 1,4445 \pm 0,737 ^{Ab} | 0,4177 \pm 0,243 ^{Ba} | 0,1500 \pm 0,062 ^a | 0,5737 \pm 0,642 ^B |
| İlkbahar | 0,1022 \pm 0,070 ^{Aa} | 0,2359 \pm 0,135 ^{Bb} | 0,1559 \pm 0,051 ^{Aab} | 0,1321 \pm 0,088 ^a | 0,1565 \pm 0,101 ^A |
| Yaz | 0,0901 \pm 0,057 ^{Aa} | 0,2522 \pm 0,141 ^{Bb} | 0,1124 \pm 0,068 ^{Aa} | 0,1422 \pm 0,148 ^a | 0,1493 \pm 0,124 ^A |
| D. ORT. \pmSD. | 0,1583 \pm 0,128 ^a | 0,6442 \pm 0,715 ^b | 0,2287 \pm 0,199 ^a | 0,1414 \pm 0,102 ^a | 0,2932 \pm 0,428 |

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

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın 0,1492 $\mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kış mevsiminde 0,5737 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz < ilkbahar < kış şeklinde olup, kış mevsiminin diğer mevsimler ile arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az deride 0,1414 $\mu\text{g g}^{-1}$ en fazla ise karaciğerde 0,6442 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Dokular arası sıralama $D < K < S < C$ şeklinde olup, karaciğer ile diğer dokular arasındaki farklılık

istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Deri dokusunda mevsimsel arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

4.3.5. Demir (Fe)

Fe konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.24'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbaharda kas dokuda $0,3348 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla yazın karaciğer dokuda $18,983 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.24. Karabalık dokularındaki Fe konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT.±SD. |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | 1,8145±1,208 ^{Ba*} | 15,697±10,77 ^b | 3,0540±1,717 ^{ABa} | 1,2312±2,220 ^a | 5,4491±8,078 |
| İlkbahar | 0,3348±0,072 ^{Aa} | 17,159±10,57 ^b | 2,1363±0,972 ^{Aa} | 0,8742±0,257 ^a | 5,1260±8,715 |
| Yaz | 1,6319±1,169 ^{Ba} | 18,983±7,823 ^b | 4,9858±4,290 ^{Ba} | 2,3633±1,473 ^a | 6,9909±8,363 |
| D. ORT. ±SD. | 1,2604±1,152 ^a | 17,280±9,567 ^b | 3,3920±2,895 ^a | 1,4896±1,625 ^a | 5,8554±8,359 |

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

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın $5,1260 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kışın $6,9909 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az kasta $1,2604 \mu\text{g g}^{-1}$ en fazla ise karaciğerde $17,280 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Dokular arası sıralama $K<D<S<C$ şeklinde olup, karaciğer ile diğer dokular arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Karaciğer ve deri dokusunda mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

4.3.6. Mangan (Mn)

Mn konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbaharda kas dokuda $0,0085 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla kışın karaciğer dokuda $1,0586 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın $0,0587 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kış mevsiminde $0,7406 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<ilkbahar<kış şeklinde olup, kış mevsimi ile diğer mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az kasta $0,1713 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise karaciğerde $0,3894 \mu\text{g g}^{-1}$ olduğu bulunmuştur. Dokular arası sıralama D<K<C<S şeklinde olup, karaciğer ve solungaç ile kas ve deri dokuları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kış mevsiminde organlar arasında istatistiksel farklılık olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.25. Karabalık dokularındaki Mn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | $0,4912\pm0,293^B$ | $1,0586\pm1,125^B$ | $1,0342\pm0,766^B$ | $0,3782\pm0,429^B$ | $0,7406\pm0,766^B$ |
| İlkbahar | $0,0085\pm0,007^{Aa*}$ | $0,0645\pm0,066^{Aa}$ | $0,1893\pm0,152^{Ab}$ | $0,0138\pm0,010^{Aa}$ | $0,0690\pm0,109^A$ |
| Yaz | $0,0143\pm0,018^{Aa}$ | $0,0450\pm0,021^{Aa}$ | $0,1548\pm0,084^{Ab}$ | $0,0208\pm0,029^{Aa}$ | $0,0587\pm0,073^A$ |
| D. ORT. ±SD. | $0,1713\pm0,282^a$ | $0,3894\pm0,791^b$ | $0,4594\pm0,602^b$ | $0,1376\pm0,295^a$ | $0,2894\pm0,548$ |

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

4.3.7. Nikel (Ni)

Ni konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az kışın karaciğer dokuda $0,0018 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise ilkbaharda karaciğer dokuda $0,0427 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.26. Karabalık dokularındaki Ni konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | $0,0030\pm 0,003^A$ | $0,0018\pm 0,003^A$ | $0,0063\pm 0,011^A$ | $0,0025\pm 0,003^A$ | $0,0034\pm 0,006^A$ |
| İlkbahar | $0,0087\pm 0,005^{Ba*}$ | $0,0427\pm 0,021^{Bc}$ | $0,0234\pm 0,016^{Bb}$ | $0,0107\pm 0,009^{Bab}$ | $0,0214\pm 0,019^B$ |
| Yaz | $0,0123\pm 0,0093^{Ba}$ | $0,0343\pm 0,019^{Bb}$ | $0,0271\pm 0,013^{Bb}$ | $0,0151\pm 0,008^{Ba}$ | $0,0222\pm 0,016^B$ |
| D. ORT. ±SD. | $0,0080\pm 0,007^a$ | $0,0262\pm 0,024^c$ | $0,0189\pm 0,016^b$ | $0,0094\pm 0,009^a$ | $0,0156\pm 0,017$ |

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

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az kışın $0,0034 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yaz mevsiminde $0,0222 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama kış<ilkbahar<yaz şeklinde olup, kış mevsimi ile diğer mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az kasta $0,0080 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise karaciğerde $0,0262 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Dokular arası sıralama $K<D<S<C$ şeklinde olup, dokular arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kış mevsiminde organlar arasında istatistiksel farklılık olmadığı saptanmıştır.

4.3.8. Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbaharda solungaç dokuda $0,0003 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise yazın karaciğer dokuda $0,0144 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Karabalık dokularındaki Pb konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | $0,0042\pm 0,004^a$ | $0,0110\pm 0,005^{ABb}$ | $0,0054\pm 0,006^{Ba*}$ | $0,0035\pm 0,003^{Ba}$ | $0,0060\pm 0,005^B$ |
| İlkbahar | $0,0040\pm 0,009$ | $0,0042\pm 0,011^A$ | $0,0003\pm 0,001^A$ | $0,0007\pm 0,001^A$ | $0,0023\pm 0,007^A$ |
| Yaz | $0,0082\pm 0,006^{ab}$ | $0,0144\pm 0,010^{Bb}$ | $0,0101\pm 0,007^{Bab}$ | $0,0069\pm 0,003^{Ca}$ | $0,0099\pm 0,007^C$ |
| D. ORT. ±SD. | $0,0055\pm 0,007^a$ | $0,0099\pm 0,010^b$ | $0,0053\pm 0,007^a$ | $0,0037\pm 0,004^a$ | $0,0061\pm 0,007$ |

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

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az ilkbaharda $0,0023 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla birikim ise yazın $0,0099 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az deride $0,0037 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise karaciğerde $0,0099 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Dokular arası sıralama $D<K<S<C$ şeklinde olup, karaciğer ile diğer dokular arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kas dokusunda mevsimler arasında ve ilkbaharda dokular arasında istatistiksel bir farklılığa rastlanmamıştır.

4.3.9. Çinko (Zn)

Zn konsantrasyonlarının mevsim ve dokulara göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir. Mevsim ve dokulara göre incelendiğinde, birikim en az yazın kas dokuda $0,2137 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kışın deri dokuda $1,2753 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Doku farkı gözetmeksizin mevsimler arasında birikim en az yazın $0,5842 \mu\text{g g}^{-1}$, en fazla ise kış mevsiminde $0,8636 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<ilkbahar<kış şeklinde olup, kış mevsimi ile diğer mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin dokular arasında ise birikim en az deride $0,8740 \mu\text{g g}^{-1}$ en fazla ise karaciğerde $0,8575 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Dokular arası sıralama K<S<C<D şeklinde olup, karaciğer ile diğer dokular arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Karaciğer ve solungaç dokusunda mevsimsel olarak istatistiksel farklılık saptanmamıştır.

Çizelge 4.28. Karabalık dokularındaki Zn konsantrasyonunun mevsimlere göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.)

| MEVSİM | DOKU | | | | M. ORT.±SD. |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | K | C | S | D | |
| Kış | $0,3782\pm 0,086^{\text{Ba}^*}$ | $0,9528\pm 0,210^{\text{b}}$ | $0,8480\pm 0,149^{\text{b}}$ | $1,2753\pm 0,607^{\text{Bc}}$ | $0,8636\pm 0,456^{\text{B}}$ |
| İlkbahar | $0,2165\pm 0,010^{\text{Aa}}$ | $0,7438\pm 0,421^{\text{b}}$ | $0,8424\pm 0,354^{\text{b}}$ | $0,7863\pm 0,181^{\text{Ab}}$ | $0,6473\pm 0,380^{\text{A}}$ |
| Yaz | $0,2131\pm 0,073^{\text{Aa}}$ | $0,8758\pm 0,384^{\text{c}}$ | $0,6874\pm 0,256^{\text{bc}}$ | $0,5605\pm 0,191^{\text{Ab}}$ | $0,5842\pm 0,345^{\text{A}}$ |
| D. ORT. ±SD. | $0,2693\pm 0,115^{\text{a}}$ | $0,8575\pm 0,350^{\text{b}}$ | $0,7926\pm 0,268^{\text{b}}$ | $0,8740\pm 0,478^{\text{b}}$ | $0,6983\pm 0,411$ |

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

Bu çalışmada, su örneklerinde yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları Cd; 0,0461, Co; 0,0069, Cr; 0,0292, Cu; 0,0266, Fe; 1,7133, Mn; 0,1145, Ni; 0,0603, Pb; 0,0058 ve Zn; $0,1544 \text{ mg l}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Suda yapılan diğer çalışmalarda belirtilen metal konsantrasyonları ile mevcut çalışmamızın değerleri karşılaştırıldığında, Asi Nehri'nde sudaki ağır metal birikimi Pb

hariç genel olarak yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.29). Pb değerlerini Küçük Menderes Nehri ve Balaton Gölü hariç diğer çalışmalarda mevcut çalışmamızda elde edilen değerlerden yüksek bulmuşlardır. İskenderun Körfezi'nde yapılan çalışmada Fe, Mn ve Zn hariç diğer metal konsantrasyonları çalışmamızın değerlerinden yüksektir. Asi Nehri'nde 2004 yılında yapılan çalışmada Cu ve Pb hariç diğer metal seviyeleri mevcut değerlerimizden düşük bulunmuştur. Sonuçlardaki bu farklılıklar araştırma yapılan bölgelerin çevrelerindeki karasal ortamların özellikleri, endüstriyel, evsel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanabilir. Bu sebeplerden kaynaklanan atıkların doğrudan veya dolaylı yoldan sulara karışması ile ağır metal düzeylerinin artması kaçınılmazdır (SENG ve ark., 1995; KARADEDE ve ÜNLÜ, 2000; TAŞDEMİR ve GÖKSU, 2001; TÜRKMEN, 2003; KARADEDE ve ark., 2004; DOĞAN, 2004).

Mevcut çalışmamızın sediment örneklerinde yıllık ortalama ağır metal konsantrasyonları Cd; 0,0058, Co; 0,4869, Cr; 6,5355, Cu; 1,0341, Fe; 1197,9 Mn; 14,192, Ni; 10,907, Pb; 0,1908 ve Zn; 1,9652 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Sedimentte yapılan diğer çalışmalarda belirtilen metal konsantrasyonları ile çalışmamızın değerleri karşılaştırıldığında, Asi Nehri sedimentindeki ağır metal birikimi diğer çalışmalardaki konsantrasyonların hepsinden düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.30).

Manzalla Gölü'nde yapılan 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 (ABDEL-BAKY ve ark, 1998).

LANDAJO ve ark. (2004)'nın Bilbao Nehri'nde yaptıkları çalışmada sediment örneklerinde en yüksek konsantrasyonların yaz aylarında, en düşük konsantrasyonların ise kış aylarında olduğunu tespit etmişlerdir.

Güney Afrika'da yapılan çalışmada nehir suyunda kış ve yaz mevsimlerindeki ağır metal düzeylerini karşılaştırmışlardır. Metal konsantrasyonlarının kış döneminde yaz döneminden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sebebinin kışın nehirlere karışan yağmur sularına bağlamışlardır (OKONKWO ve MOTHIBA, 2005). Mevcut çalışmanın su örneklerinde en fazla metal birikim Co, Cd ve Zn hariç yaz mevsiminde görülmüş olup, Cd ve Co en fazla sonbaharda, Zn ise en fazla ilkbaharda ölçülmüştür.

Çalışmamızın karabalık örneklerinde ortalama ağır metal konsantrasyonları Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla 0,0016; 0,0045; 0,0229; 0,2932; 5,8554; 0,2894; 0,0156; 0,0061 ve 0,6983 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Karabalık örneklerinin kas dokusundaki ağır metal konsantrasyonları diğer çalışmalardaki balıkların kas dokularındaki birikimlerle karşılaştırıldığında hepsinden düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.31). Genellikle birikimlerin mevsimler arasında en az ilkbaharda, en fazla yaz mevsiminde, dokular arasında ise en az kas en fazla karaciğer dokuda olduğu saptanmıştır.

Yapılan diğer çalışmalarda balıkların dokularında ağır metal birikimlerinin en düşük kas dokusunda en yüksek solungaç ve karaciğer dokularında olduğunu bildirmişlerdir (AMUNDSEN ve ark., 1997; CANLI ve ark., 1998; FARKAS ve ark., 2000; KIRBY ve ark., 2001; KARADEDE ve ÜNLÜ, 2000; EASTWOOD ve COUTURE, 2002; FARKAS ve ark., 2003; DOĞAN, 2004; KARADEDE ve ark., 2004; MARACOVECCHIO, 2004).

Bazı araştırmacılara göre, balık, su ve sedimentteki ağır metal birikimlerinin mevsimsel olarak değişim gösterebileceği belirtilmiştir (EASTWOOD ve COUTURE, 2002; FARKAS ve ark., 2003; ABDEL-BAKY ve ark., 1998; ABDEL-BAKY ve ZYADAH, 1998; DOĞAN, 2004; OKONKWO ve MOTHIBA, 2005). Mevcut çalışmamızda da metal birikimleri mevsimsel olarak değişim göstermiş olup, diğer literatürler sonuçlarımızı desteklemektedir.

Balıklar, biyomonitör özellikleri ile sucul ekosistemde kirliliğin göstergesi olarak çalışılmaktadır (FARKAS ve ark., 2000; CHENG, 2003). Yapılan ağır metal çalışmalarında, balıkların değişik dokularında birikimlerin metabolik faaliyetlerden dolayı farklılık gösterdiği ifade edilmektedir. Bu faaliyetlerin yüksek olduğu karaciğer, solungaç, dalak, böbrek, gonad gibi organlarda birikimin en fazla, deride daha düşük ve en az birikimin ise kas dokuda olduğu bildirilmektedir (KIRBY ve ark., 2001; MARACOVECCHIO, 2004; AMUNDSEN ve ark., 1997)

Çizelge 4.29. Sudaki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması

| | REFERANS | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| | Bu çalışmada (mg l ⁻¹) | Doğan , 2004 (mg l ⁻¹) | Cataldo ve ark., 2001 (µg l ⁻¹) | An ve Kampbell, 2003 (mg l ⁻¹) | Cheng, 2003 (µg l ⁻¹) | Turgut, 2003 (µg l ⁻¹) | Türkmen, 2003 (mg l ⁻¹) | Stead-Dexter ve Ward, 2004 (µg l ⁻¹) | Nguyen ve ark., 2005 (µg l ⁻¹) | Singh ve ark., 2005 (mg l ⁻¹) |
| Cd | 0,0461 | 0,007-0,018 | <1,40 | 0,020 | 0,080 | 0,81 | 0,0550 | 6,33 | 0,002 | - |
| Co | 0,0069 | - | - | <0,002 | 7,91 | - | 0,2589 | - | 0,064 | - |
| Cr | 0,0292 | - | 3,16-4,97 | 0,004 | - | 0,093 | 0,1689 | - | - | 0,0013-0,0057 |
| Cu | 0,0266 | 0,038-0,044 | 3,48-3,87 | 0,024 | - | 13,1 | 0,0652 | 19,1 | 0,46 | - |
| Fe | 1,7133 | 0-0,117 | - | 0,119 | - | - | 0,2995 | - | - | 0,034-0,117 |
| Mn | 0,1145 | - | - | 0,007 | - | - | 0,1079 | - | - | 0,0013-0,0053 |
| Ni | 0,0603 | 0,019-0,030 | <5,50 | 0,005 | - | 2,27 | 0,2769 | 57,1 | 0,65 | 0,009-0,017 |
| Pb | 0,0058 | 0,016-0,032 | <6,50 | <0,015 | 15,7 | 0,59 | 0,6173 | 17,67 | 0,04 | 0,019-0,039 |
| Zn | 0,1544 | - | 72,70-146 | 0,059 | 18,7 | 249,17 | 0,0709 | 71,6 | 0,97 | 0,011-0,032 |
| Bölge | Asi Nehri | Asi Nehri | Parana Deltası | Texoma Gölü | Yanktze Nehri | K. Menderes Nehri | İskenderun Körfezi | İngiltere, Surrey | Balaton Gölü | Ganges Nehri |

Çizelge 4.30. Sedimentteki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması

| | REFERANS | | | | | | | | | |
|--------------|--|---|--|---|--|--|--|--|---|--|
| | Bu çalışmada ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.) | Cataldo ve ark., 2001 ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.) | An ve Kampbell, 2003 (mg g^{-1} k.a.) | Audry ve ark. 2004, (mg g^{-1} k.a.) | Landajo ve ark., 2004, (mg g^{-1} k.a.) | Dural, 2004, (mg g^{-1} k.a.) | Stead-Dexter ve Ward, 2004 (mg g^{-1} k.a.) | Nguyen ve ark., 2005 (mg g^{-1} k.a.) | Singh ve ark., 2005 (mg g^{-1} k.a.) | Cappuyns ve Swennen, 2005, (mg g^{-1} k.a.) |
| Cd | 0,0058 | - | 2 | 0,81-125 | 1,2-381,4 | 1,15 | 0,23 | 0,1-0,7 | 2,42 | 8-17 |
| Co | 0,4869 | - | 9 | - | - | - | - | 1,7-17 | - | - |
| Cr | 6,5355 | 66-136 | 30 | - | 51-1650 | - | - | 5,7-66 | 8,15 | - |
| Cu | 1,0341 | 13-22 | 38 | 97,7-26,9 | 53-1290 | 11,96 | 29,1 | 0,7-36 | 5,0 | 42-97 |
| Fe | 1197,9 | - | 19393 | - | 14190-86560 | 20172,06 | - | - | 2660,9 | 6,3-21 (%) |
| Mn | 14,192 | - | 377 | - | 123-1011 | - | - | 160-760 | 148,13 | - |
| Ni | 10,907 | 10-17 | 17 | - | 29-1270 | - | 43,8 | 4,4-55 | 15,17 | 14-29 |
| Pb | 0,1908 | 8-25 | 10 | 43,6-523 | 60-4570 | 29,33 | 35,2 | 2,4-160 | 40,33 | - |
| Zn | 1,9652 | 53-75 | 89 | 134-4430 | 320-11570 | 31,66 | 221 | 13-150 | 41,67 | 282-574 |
| Bölge | Asi Nehri | Parana Deltası | Texoma Gölü | Lot Nehri | Bilbao Nehri | Tuzla Lagünü | İngiltere, Surrey | Balaton Gölü | Ganges Nehri | G. Beek-G. Laak Nehri |

Çizelge 4.31. *Clarias gariepinus*'un kas dokusundaki ağır metal değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması

| | REFERANS | | | | | | | | |
|--------------|--|---|--|---|--|--|--|--|---|
| | Bu çalışmada ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.) | Amundsen ve ark., 1997 ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.) | Canlı ve ark., 1998 ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.) | Kirby ve ark. 2001 ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.) | Rashed, 2001 ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.) | Göksu ve ark., 2003 ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.) | Begum ve ark., 2005 ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.) | Ip ve ark., 2005 ($\mu\text{g g}^{-1}$ y.a.) | Maes ve ark., 2005 ($\mu\text{g g}^{-1}$ k.a.) |
| Cd | 0,0013 | 0,01-0,81 | 0,51-1,67 | 0,05 | - | 0,46-0,49 | - | 0,01-0,13 | 0,003-0,019 |
| Co | 0,0024 | - | - | - | 0,25 | - | - | 0,02-0,48 | - |
| Cr | 0,0112 | 0,17-0,45 | 0,36-1,71 | - | 0,29 | - | - | 0,11-4,27 | 0,174-0,362 |
| Cu | 0,1583 | 1,6-12,3 | 3,27-7,35 | 21,0 | 0,27 | - | 5,07 | 0,15-7,55 | 0,493-0,642 |
| Fe | 1,2604 | - | - | - | 6,45 | 1,85-1,93 | 131 | - | - |
| Mn | 0,1713 | - | - | - | 0,5 | - | 17,5 | - | - |
| Ni | 0,0080 | 0,48-3,1 | 1,62-13,35 | - | 0,19 | - | 1,91 | 0,17-2,08 | 0,047-0,066 |
| Pb | 0,0055 | - | 2,94-13,73 | - | - | - | 2,08 | 0,09-30,7 | 0,038-0,053 |
| Zn | 0,2693 | 17-63 | - | 27,0 | 1,55 | 0,54-0,84 | 60,1 | 8,78-30,26 | 3,88-26,31 |
| Bölge | Asi Nehri | Norveç-Rusya | Seyhan Nehri | Macquarie Gölü | Nasser Gölü | Seyhan Baraj Gölü | Dhanmondi Gölü | Pearl Nehri | Belçika |

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hatay bölgesinin önemli su kaynaklarından biri olan Asi Nehri'nden 4 mevsim alınan örneklerde incelenen ağır metallerin ortalama konsantrasyonları, su için Cd; 0,04605, Co; 0,00691, Cr; 0,02919, Cu; 0,02662, Fe; 1,71326, Mn; 0,11454, Ni; 0,06030, Pb; 0,00576, Zn; 0,15441 mg l⁻¹, sediment için Cd; 0,00577, Co; 0,48690, Cr; 6,53550, Cu; 1,03409, Fe; 1197,87 Mn; 14,1918, Ni; 10,9065, Pb; 0,19075, Zn; 1,96524 mg g⁻¹ ve karabalık için Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn sırasıyla 0,00156, 0,00448, 0,02288, 0,29315, 5,85536, 0,28942, 0,01564, 0,00608 ve 0,69834 mg g⁻¹ olarak bulunmuştur.

Suda en fazla metal birikimi Co, Cd ve Zn hariç yaz mevsiminde görülmüş olup, Cd ve Co en fazla sonbaharda, Zn ise en fazla ilkbaharda ölçülmüştür. Sedimentte Cd, Cu, Fe ve Zn konsantrasyonları ilkbaharda, diğer metaller kış mevsiminde en yüksek düzeyde bulunmuştur. Balık örneklerinde ise Cu, Mn ve Zn için kışın, diğer metaller için yazın en fazla birikimin olduğu saptanmıştır. Ayrıca balık dokuları arasında birikim genellikle karaciğerde en yüksek olduğu halde Cr ve Mn solungaçta, Zn ise deride en fazla birikmiştir. En az birikim Cd, Cu, Mn, Pb için deri dokuda, Co, Cr, Fe, Ni, Zn için ise kas dokuda tespit edilmiştir.

Sudaki ağır metaller çökerek, dip kısımda biriktiği için sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları yüksektir. Özellikle Fe her mevsim yüksek ve farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sedimentte maksimum bulunması gereken ağır metal konsantrasyonları bilinmediğinden elde edilen değerlerin kirlilik oluşturup oluşturmadığı konusunda yorum yapılamamıştır.

Sedimentteki birikimin balık ve suya göre Cd hariç tüm metaller bakımından yüksek olduğu gözlenmiştir. Cd düzeyleri suda en fazla bulunmuştur. Genelde birikim sıralaması su<balık<sediment olmasına karşın Cr ve Ni metallerinde sıralama balık<su<sediment olarak değişmektedir.

EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn metallerinin kabul edilebilir sınır değerleri balık için sırasıyla 1,4; 27; 4,1; 54; 410; 190; 27; 410 mg g⁻¹ ve su için sırasıyla 0,018; 0,73; 0,11; 1,5; 11; 5,1; 0,73; 11 mg l⁻¹ olarak bildirilmiştir (ANONYMOUS, 2005c). Araştırma sonunda elde ettiğimiz

bulgular genel olarak incelendiğinde, suda (Cd hariç) ve karabalıkta analiz edilen ağır metallerin konsantrasyonları EPA sınır değerlerinin altında olduğu görülmektedir.

Bölge halkının severek tükettiği ve ekonomik öneme sahip olan karabalığın yenilebilir kısımlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının kabul edilebilir sınırların altında bulunmasından dolayı, insan tüketimi için risk taşımadığı ve rahatlıkla tüketilebileceği söylenebilir. Sonuç olarak, Asi Nehri'nde çalışılan dönemde ciddi bir birikimin olmadığı ancak, önlemlerin alınmaması durumunda kirlilik oluşumunun kaçınılmaz olacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- 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, Egypt. **J. Egypt. Ger. Soc. Zool.**, 27 (B): 1-19.
- ABDEL-BAKY, T.E., HAGRAS, A.E., HASSAN, S.H. and ZYADAH, M.A., 1998. Environmental Impact Assessment of Pollution in Lake Manzala, I-Distribution of Some Heavy Metals in Water and Sediment, **J. Egypt. Ger. Soc. Zool.**, 26(B): 25-38
- AKÇAY, H., OĞUZ, A., and KARAPİRE, C., 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments. **Water Research**, 37: 813–822.
- AMUNDSEN, P.A., STALDVIK, F.J., LUKIN, A.A., KASHULIN, N.A., POPOVA, O.A. and RESHETNIKOV, Y.S., 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Border Region Between Norway and Russia. **The Science of the Total Environment**, 201 (3): 211-224.
- AN, Y.J. and KAMPBELL, D.H., 2003. Total, Dissolved, and Bioavailable Metals at Lake Texoma Marinas. **Environ Pollut.**, 122: 253–9.
- ANONYMOUS, 2005a. <http://www.ttb.org.tr/bergama/5.html>
- , 2005b. <http://ewr.cee.vt.edu/environmental/teach/smprimer/icp>
- , 2005c. <http://www.epa.gov>, Environmental Protection Agency (EPA), National Recommended Water Quality Criteria Correction.
- ATSDR, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>.
- AUDRY, S., SCHAFER, J., BLANC, G. and JOUANNEAU, J.M., 2004. Fifty-Year Sedimentary Record of Heavy Metal Pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River Reservoirs (France). **Environmental Pollution**, 132: 413-426.
- BEGUM, A., AMIN, M.N., KANECO, S. and OHTA, K., 2005. Selected Elemental Composition of the Muscle Tissue of Three Species of Fish, *Tilapia Nilotica*, *Cirrhina Mrigala* and *Clarius Batrachus*, from the Fresh Water Dhanmondi Lake in Bangladesh. **Food Chemistry**, 93: 439–443.
- BEYAZIT, N., ve PEKER, İ., 1998. Atıksularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri. In: Atlı, V., Belenli İ. (Eds), **Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildirileri**, 22-24 Haziran 1998, Kayseri, 209-215.
- CANLI, M., AY, Ö. and KALAY, M., 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. **Tr. J. of Zoology**, 22: 149-157.
- CAPONERA, D.A., 1993. Legal Aspects of Transboundary River Basins in The Middle East: The Al Asi (Orontes), The Jordan and The Nile. **Natural Resources Journal**, 33(3): 628-663.
- CAPPUYNS, V. and SWENNEN, R., 2005. Kinetics of Element Release During Combined Oxidation and pH_{stat} Leaching of Anoxic River Sediments. **Applied Geochemistry**, 20: 1169–1179.

- CATALDO, D., COLOMBO, J.C., BOLTOVSKOY, D., BILOS, C. and LANDONÍ, P., 2001. Environmental Toxicity Assessment in the Paraná River Delta (Argentina): Simultaneous Evaluation of Selected Pollutants and Mortality Rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) Early Juveniles. **Environmental Pollution**, 112: 379-389.
- CATALDO, D., COLOMBO, J.C., BOLTOVSKOY, D., BILOS, C. and LANDONÍ, P., 2001. Environmental Toxicity Assessment in the Paraná River Delta (Argentina): Simultaneous Evaluation of Selected Pollutants and Mortality Rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) Early Juveniles. **Environmental Pollution**, 112: 379-389.
- CHENG, S., 2003. Heavy Metal Pollution in China: Origin, Pattern and Control. **Environ Sci Pollut Res Int.**, 10 (3): 192-198.
- COOK, M.E. and MORROW, H., 1995. Anthropogenic Sources of Cadmium in Canada: National Workshop on Cadmium Transport into Plants. **Canadian Network of Toxicology Centres**, 20-21, 165-183.
- ÇELİKKALE, S., 1994. İçsu Balıkları Yetiştiriciliği. Cilt 1., K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi**, Genel Yayın No: 124, 420 s., Trabzon.
- DEMİRSOY, A., 1993. Yaşamın Temel Kuralları: Omurgalılar/Anamniyota. Cilt III/Kısım I, 2. Baskı, **Meteksan A.Ş.**, ISBN: 975-7746-13-4, 684 s., Ankara.
- DEMİRSOY, A., 1996. Genel ve Türkiye Zoocoğrafyası. **Meteksan A.Ş.**, Yayın No: 96-06-Y-0057-02, 630 s., Ankara.
- 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. s 60.
- DURAL, M., 2004. Çukurova Bölgesindeki Akyatan, Tuzla Ve Çamlık Lagünlerinde (Adana/Türkiye) Ağır Metal Araştırması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, **Doktora Tezi**, Adana, 100 s.
- EASTWOOD, S. and COUTURE, P., 2002. Seasonal Variations in Condition and Liver Metal Concentrations of Yellow Perch (*Perca flavescens*) from a Metal-Contaminated Environment. **Aquatic Toxicology**, 58: 43-56.
- FARKAS, A., SALÁNKI, J. and SPECZIÁR, A., 2003. Age- and Size Specific Patterns of Heavy Metals in the Organs of Freshwater Fish *Abramis brama* L., Populating a Low Contaminated Site. **Water Research**, 37(5): 959-964.
- FARKAS, A., SALÁNKI, J. and VARANKA, I., 2000. Heavy Metal Concentrations in Fish of Lake Balaton. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, 5: 271-279.
- FIALKOWSKI, W. and NEWMAN, W.A., 1998. A Pilot Study of Heavy Metal Accumulations in a Barnacle from the Salton Sea, Southern California. **Mar. Poll. Bull.**, 36 (2), 138-143.
- GELDİAY, R. ve BALIK, S., 1996. Türkiye Tatlısu Balıkları. **Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları** No: 46, Ders Kitabı Dizini No: 16, 532 s., İzmir.

- GÖKSU M.Z.L., ÇEVİK, F., FINDIK F. ve ERCAN SARIHAN, E., 2003. Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L.,1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi** Cilt 20, Sayı (1-2): 69 – 74 ISSN 1300 - 1590
- GRAY, N.F., 1996. Drinking Water Quality: Problems and Solutions. **John Wiley & Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester**, s 315, England.
- GROET, S.S., 1980. Biological Indicators of Atmospheric Zinc Dispersal and Deposition. In J. O. Nriagu (Ed.), Zinc in the Environment, Part I: Ecological Cycling, New York: **John Wiley and Sons, Inc.**, 161-1929.
- IP, C.C.M., Lİ, X.D., ZHANG G., WONG, C.S.C. and ZHANG, W.L., 2005. Heavy Metal and Pb İstotopic Compositions of Aquatic Organisms in the Pearl River Estuary, South China. **Environmental Pollution**, xx: xxx-xxx (article in pres).
- KARADEDE, H. and 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.
- KARADEDE, H., OYMAK, S.A. and ÜNLÜ E., 2004. Heavy Metals in Mullet, *Liza abu*, and Catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. **Environment International**, 30: 183– 188.
- KARAPİRE, 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**.
- KARGI, F., 1995. Çevre Mühendisliği'nde Biyoprosesler, Dokuz Eylül Üniversitesi, **Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi**, 2. Baskı. İzmir.
- KAYA, S., PİRİNÇCİ, I. ve BİLGİLİ, A., 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. **Medisan Yayın Serisi**, Yayın No:36.
- KAYNAK, A.G. ve TAŞDEMİR, Y., 2003. Anaerobik Stabilizasyon Havuzlarında Ağır Metal Giderimi: Bursa Örneği. **Çev. Kor.**, Cilt:12 Sayı:46, 1-7.
- KESLER, S.E., 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment. New York: **Macmillan College Publishing Company, Inc.**, s 223, USA.
- KIRBY, J., MAHER, W. and KRIKOWA, F., 2001. Selenium, Cadmium, Copper, and Zinc Concentrations in Sediments and Mullet (*Mugil Cephalus*) from the Southern Basin of Lake Macquarie, NSW, Australia. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, 40, 246-256.
- LANDAJO, A., ARANA G., DIEGO, A.D., ETXEBARRIA N., ZULOAGA, O. and AMOUROUX, D., 2004. Analysis of Heavy Metal Distribution in Superficial Estuarine Sediments (Estuary of Bilbao, Basque Country) by Open-Focused Microwave-Assisted Extraction and ICP-OES. **Chemosphere** 56: 1033–1041.
- MAES, G.E., RAEYMAEKERS, J.A.M., PAMPOULIE, C., SEYNAEVE, A., GOEMANS, G., BELPAİRE, C. and VOLCKAERT, F.A.M., 2005. The Catadromous European Eel *Anguilla anguilla* (L.) as a Model for Freshwater Evolutionary Ecotoxicology: Relationship Between Heavy Metal Bioaccumulation, Condition and Genetic Variability. **Aquatic Toxicology**, 73: 99–114.

- MARCOVECCHIO, J.E., 2004. The Use of *Micropogonias furnieri* and *Mugil liza* as Bioindicators of Heavy Metals Pollution in La Plata River Estuary, Argentina. **Science Of The Total Environment**, 323: 219-226.
- MİNARECİ, O., ÖZTÜRK, M. ve MİNARECİ, E., 2004. Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin, Gediz Nehrinin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi. **Trakya Univ J Sci.**, 5(2): 135-139, ISSN 1302 647X.
- NGUYEN, H.L., LEERMAKERS, M., OSÁN, J., TÖRÖK, S. and BAEYENS, W., 2005. Heavy Metals in Lake Balaton: Water Column, Suspended Matter, Sediment and Biota. **Science of the Total Environment**, 340: 213– 230.
- OKONKWO J.O. and MOTHIBA, M., 2005. Physico-Chemical Characteristics and Pollution Levels of Heavy Metals in the Rivers in Thohoyandou, South Africa. **Journal of Hydrology**, 308: 122–127.
- ÖZDAMAR, K., 2001. SPSS İle Biyoistatistik. **Kaan Kitapevi**, Yayın No: 3, 4. Baskı, ISBN: 975-6787-03-1, Eskişehir.
- ÖZDEMİR, H. İ., 1981. Genel Anorganik ve Teknik Kimya. **Matbaa Teknisyenleri Basımevi**, İstanbul.
- ÖZDİLEK, H.G., 2002. Distribution and Transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusetts, Worcester Polytechnic Institute. **PhD Thesis**, s.242, USA.
- RASHED, M.N., 2001. Monitoring of Environmental Heavy Metal in Fish from Nasser Lake. **Environment International**, 27: 27-33.
- RUBIO, B., NOMBELA, M.A. and VILAS, F., 2000. Geochemistry of Major and Trace Elements in Sediments of the Ría De Vigo (NW Spain): an Assessment of Metal Pollution. **Marine Pollution Bulletin**, 40 (11): 968-980.
- SALIM, A., HASSANIN, M.A. and ZOHAIR, A., 2003. A Simple Procedure for Reducing Lead Content in Fish. **Food and Chemical Toxicology**, 41, pp 595-597.
- SAWYER, C.N., MCCARTY, P.L., PARKIN, G.F., 1994. Chemistry for Environmental Engineering. Fourth Edition, **McGraw-Hill Book Co.**, Singapore.
- SENG, C.E., LIM, P.E., CHONG, P.K. and WONG., L.M., 1995. Heavy Metal Pollution and Waters of the Penang River, Malaysia. **Water Qual. Res. J. Canada**, 30 (1): 39-43.
- 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**, xx: 1–14 (article in pres).
- STEAD-DEXTER, K. and WARD, N.I., 2004. Mobility of Heavy Metals within Freshwater Sediments Affected by Motorway Stormwater. **Science of the Total Environment** 334– 335: 271–277.
- ŞENGÜL, F., 1993. Çevre Kimyası. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- TAŞDEMİR, M. ve GÖKSU Z.L., 2001. Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri. E.U. **Journal of Fisheries & Aquatic Sciences**, 18(1-2): 55-64.

- TURGUT, C., 2003. The Contamination with Organochlorine Pesticides and Heavy Metals in Surface Water in Küçük Menderes River in Turkey. **Environ. Int**, 29: 29-32.
- TÜRKMAN, A., ASLAN, Ş. ve EGE, İ., 2001. Doğal Zeolitlerle Atıksulardan Kurşun Giderimi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, **Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt:3 Sayı:2 s. 13-19.
- TÜRKMEN, A., 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus Spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, **Doktora Tezi**, Erzurum, s 152.
- UNEP, 1984. Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. **Reference Methods for Marine Pollution Studies** No. 11 Rev. 1
- UZUNOĞLU, O., 1999. Gediz Nehrinden Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, **Yüksek Lisans Tezi**, Manisa.
- ÜNLÜ, E. ve GÜMGÜM, B., 1993. Concentrations of Copper and Zinc in Fish and Sediments From the Tigris River in Turkey. **Chemosphere**, Vol.26, No:11, pp 2055-2061.
- ÜNSAL, M., 1998. Kirlilik Deneyleri.Yöntemler ve Sonuçların Değerlendirilmesi. **Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü**, Seri A, Yayın No: 11, Bodrum.
- YARSAN, E., BİLGİLİ, A. ve TÜREL, İ., 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. **Türk J Vet Anim Sci.**, 24: 93-96.
- YAZKAN, M. , ÖZDEMİR, F. ve GÖLÜKÇÜ, M. , 2002. Antalya' da Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği. **Türk J Vet. Anim Sci.**, 26:1309-1313.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Hatay'ın İskenderun ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi aynı ilçede tamamladım. 1998 yılında girdiğim Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden, 2002 yılında Su Ürünleri Mühendisi unvanıyla mezun oldum. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladım. Halen devam etmekteyim.