T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSİTÜSÜ

SUĞLA GÖLÜNDE YAŞAYAN *Phoxinellus anatolicus* Hanko, 1924 ve *Cyprinus carpio* Linneaus, 1758'nun KARACİĞER, KAS VE SOLUNGAÇ DOKULARINDA AĞIR METAL DÜZEYLERİ

CEMAL ÇAĞLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

KONYA, 2010

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Suğla Gölünde Yaşayan *Phoxinellus anatolicus* Hanko, 1924 ve *Cyprinus carpio* Linneaus, 1758'nun Karaciğer, Kas Ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri

Cemal ÇAĞLAR

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cengiz AKKÖZ
2010, 79 Sayfa

Jüri: Yrd. Doç. Dr. Cengiz AKKÖZ
Prof. Dr. Cahit ERDEM
Yrd. Doç. Dr. Abdullah ÖKSÜZ

Bu çalışma, Konya bölgesinin önemli su kaynaklarından biri olan Suğla Gölü'nden alınan Sazan (*Cyprinus carpio* Linneaus, 1758) ve Yağ balığı (*Phoxinellus anatolicus* Hanko, 1924) ile su ve sediment örneklerinde ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. 2009–2010 yılları arasında yapılan bu çalışmada ağır metal birikimi, bir yıl süreyle mevsimsel olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda su, sediment ve balık örneklerindeki ağır metal birikimlerinin mevsimler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir ($P<0,05$). Su, sediment ve balık örneklerindeki ağır metal ölçüm değerleri kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Konya, Suğla Gölü, Sazan, *Cyprinus carpio*, Yağ balığı, *Phoxinellus anatolicus*, su, sediment

ABSTRACT

MC. S. THESIS

Determination of Heavy Metals in Liver, Gill and Muscle Tissues of *Phoxinellus anatolicus* Hanko, 1924 and *Cyprinus carpio* Linneaus, 1758 living in Suğla Lake

Cemal ÇAĞLAR

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Cengiz AKKÖZ

2010, 79 Page

Jury: Asst. Prof. Dr. Cengiz AKKÖZ
Prof. Dr. Cahit ERDEM
Asst. Prof. Dr. Abdullah ÖKSÜZ

Present study was undertaken to determine the levels of some heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) in liver, gill and muscle tissues of Phoxinellus anatolicus and Cyprinus carpio together with the water and sediment metal levels of Suğla Lake, an important water resource in Konya region. Samples were collected from the 4 stations selected from the lake and studies were carried out seasonally during 2009-2010.

Water, sediment and tissue levels of heavy metals of both species showed significant seasonal differences, all being below the acceptable limits throughout the year. In general highest levels of all metals were determined in liver tissue followed by the gill and muscle tissues in both species.

Key Words: Heavy metal, Suğla Lake, *Cyprinus carpio*, *Phoxinellus anatolicus*, water, sediment.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, bu çalışmanın tasarlanıp yürütülmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Cengiz AKKÖZ'e, yakın ilgi ve yardımları için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Arazi çalışmalarındaki yardım ve desteklerinden dolayı değerli dostum Arş. Gör. Erdoğan Güneş'e, Seydişehir Kaymakamı Kemal İNAN'a ve Seydişehir Çumra Sulama Birliği personeline teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında her aşamada yardımlarını gördüğüm Süleyman Demirel Üniversitesi Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Selda Tekin ÖZAN ve Mustafa Kemal Üniversitesi Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Yavuz MAZLUM'a, teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalar esnasında yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşlarım Emine EJDAR, Hakkı Keskin, Umut BOZKUŞ, Kazım ÇAMLI, Buğra ÖZKUBAT ve Naci GÖRER'e manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca her konuda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca maddi desteklerinden dolayı, S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü[1] yöneticilerine teşekkür ederim.

KONYA, 2010

CEMAL ÇAĞLAR

[1] S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Proje No : 092011071

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
SİMGE VE KISALTMALAR	VI
ÇİZELGELERİN DİZİNİ	VII
ŞEKİLLERİN DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışılan Ağır Metaller	2
1.1.1. Kadmiyum	2
1.1.2. Kobalt	3
1.1.3. Krom	4
1.1.4. Bakır	5
1.1.5. Demir	5
1.1.6. Mangan	6
1.1.7. Nikel	7
1.1.8. Kurşun	7
1.1.9. Çinko	8
2. LİTERATÜR ÖZETİ	10
3. ARAŞTIRMA ALANININ ÖZELLİKLERİ	14
3.1. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu ve Gölün Özellikleri	14
4. MATERYAL VE METOT	16
4.1. Materyal	16
4.2. Metot	16
4.2.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Analizi	17
4.2.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Analizi	17
4.2.3. Balık Örneklerinde Ağır Metal Analizi	18
4.2.4. İstatistiksel Analizler	20

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 21
5.1. Su Örneklerinde Ölçülen pH Değerleri..... 21
5.2. Suğla Gölü suyunda ölçülen Çözünmüş Oksijen değerleri……. 21
5.3. Su Örneklerinde Ağır Metal Düzeyleri……..……...…..…….... 22
5.3.1. Krom (Cr)..... 22
5.3.2. Bakır (Cu)…… 23
5.3.3. Demir (Fe)……... 24
5.3.4. Mangan (Mn)……..... 25
5.3.5. Nikel (Ni)…… 26
5.3.6. Kurşun (Pb)..... 27
5.3.7. Çinko (Zn)..... 28
5.4. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Düzeyleri…….……..... 29
5.4.1. Kadmiyum (Cd)..... 30
5.4.1. Krom (Cr)..... 31
5.4.2. Bakır (Cu)…… 32
5.4.3. Demir (Fe)……... 33
5.4.4. Mangan (Mn)……..... 34
5.4.5. Nikel (Ni)…… 35
5.4.6. Kurşun (Pb)..... 36
5.4.7. Çinko (Zn)..... 37
5.5. Balık Dokularında Tespit Edilen Ağır Metal Düzeyleri……. 38
5.5.1. *Phoxinellus anatolicus*'un Kas, Karaciğer ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri…….…….. 38
5.5.2. *Cyprinus carpio*'nun Kas, Karaciğer ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri……. 44
6. TARTIŞMA……..... 51
7. SONUÇ VE ÖNERİLER……. 58
KAYNAKLAR..... 61
EKLER 68

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	Civa
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Se	Selenyum
Zn	Çinko
HCl	Hidroklorik Asit
HNO_3	Nitrik Asit
k.a.	Kuru Ağırlık
y.a.	Yaş Ağırlık
STD.	Standart Sapma

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. ICP-AES'de analiz edilen ağır metallerin dalga boyları..... 19
Çizelge 5.1. Suğla Gölü suyunda ölçülen pH değerleri…… 21
Çizelge 5.2. Suğla Gölü suyunda ölçülen Çözünmüş Oksijen değerleri…….. 22
Çizelge 5.3. Su örneklerindeki Cr düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……..... 23
Çizelge 5.4. Su örneklerindeki Cu düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……...….. 24
Çizelge 5.5. Su örneklerindeki Fe düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı…….…. 25
Çizelge 5.6. Su örneklerindeki Mn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……. 26
Çizelge 5.7. Su örneklerindeki Ni düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı…….…… 27
Çizelge 5.8. Su örneklerindeki Pb düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı…….…… 28
Çizelge 5.9. Su örneklerindeki Zn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı…….…… 29
Çizelge 5.10. Sediment örneklerindeki Cd düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……...……..... 30
Çizelge 5.11. Sediment örneklerindeki Cr düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……...……... 31
Çizelge 5.12. Sediment örneklerindeki Cu düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……...…….…….. 32
Çizelge 5.13. Sediment örneklerindeki Fe düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……..…….....…. 33
Çizelge 5.14. Sediment örneklerindeki Mn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı…….…….. 34
Çizelge 5.15. Sediment örneklerindeki Ni düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı…….....…… 35

Çizelge 5.16. Sediment örneklerindeki Pb düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……..... 36
Çizelge 5.17. Sediment örneklerindeki Zn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı……..... 37
Çizelge 5.18. *Phoxinellus anatolicus*'un Bazı Dokularındaki Ağır Metal Miktarları…..... 39
Çizelge 5.19. *Cyprinus carpio*'nun Bazı Dokularındaki Ağır Metal Miktarları……..... 45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Suğla Gölü haritası……... 14
Şekil 5.1. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cr miktarı……. 40
Şekil 5.2. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cu miktarı…….……...……...……. 40
Şekil 5.3. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Fe miktarı……...…….……...……... 41
Şekil 5.4. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Mn miktarı…….....……..... 41
Şekil 5.5. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Pb miktarı…….…… 42
Şekil 5.6. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Zn miktarı…….……..... 42
Şekil 5.7. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cr miktarı……..... 46
Şekil 5.8. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cu miktarı…….…….. 46
Şekil 5.9. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Fe miktarı……..... 47
Şekil 5.10. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Mn miktarı……... 47
Şekil 5.11. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Ni miktarı…….……...…….. 48
Şekil 5.12. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Pb miktarı……..……..... 48
Şekil 5.13. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Zn miktarı……...…….……... 49

1. GİRİŞ

Çevre sorunları günümüz koşullarında ekolojik dengeyi tehdit eden önemli tehlikelerin başında gelmektedir. Kentsel yaşamın başlamasıyla ortaya çıkan çevre kirliliği, endüstriyel gelişime paralel olarak artış göstermiştir. Son dönemdeki hızlı nüfus artışına bağlı olarak yirminci yüzyılın ikinci yarısında artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının kirlenmesine sebep olmuş ve sonuç olarak ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır (Kaya ve ark., 1998; Yarsan ve ark., 2000).

Arıtılmayan ya da yetersiz arıtılan sanayi atıkları ile kentsel atıkların akarsu, göl ve denizlere bırakılmaları su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır. Endüstriyel kuruluşların çoğunun ürettiği ağır metal içeren atıklarla, sucul ortamlarda ciddi kirlenmeler olmaktadır (Bryan, 1976).

Yoğunluğu 5 g/cm^3'den büyük olan metal gruplarına ağır metaller adı verilmektedir. Ağır metallere örnek olarak Cu, Fe, Zn, Pb, Co, Mn, Cr, Ni ve Cd sayılabilir (Özdemir, 1981). Bu metaller doğada bulunmakla birlikte Co, Cu, Fe, Zn ve Mn elementleri belli bir seviyeye kadar canlı yaşamı için gereklidir. Ağır metallerin deniz suyundaki konsantrasyonları 1 ppm'den düşüktür. Ancak jeolojik ve volkanik faaliyetler, erozyon, yangınlar gibi doğal faktörler ile bunun yanında maden arama, işleme, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar gibi beşeri faktörler ile derişimleri artar (Şengül, 1993; Sawyer ve ark., 1994). Metallerin büyük bir kısmı canlılarda birikim yapar. Bu metaller canlı bünyesinde belli seviyelerin üzerinde birikim yaptığı takdirde ciddi hastalıklara ve hatta ölüme sebebiyet verebilirler. (Şengül, 1993; Kargı, 1995; Beyazıt ve Peker, 1998; Kaynak ve Taşdemir, 2003).

Doğal su kaynaklarında çeşitli nedenlerden dolayı ağır metal yoğunluğu giderek artmaktadır (Görmez, 1997). Bu kaynaklarda meydana gelen ağır metal kirliliği son yıllarda ciddi bir çevre problemi olarak algılanmakla birlikte pek çok araştırmaya konu olmaktadır (Dural ve ark., 2007).

Bu çalışmayla Suğla gölünden alınan su ve sediment örnekleriyle *P. anatolicus* ve *Cyprinus carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında bazı ağır metallerin birikim düzeylerinin mevsimsel incelenmesi hedeflenmiş olup, kirlenmeye sebep olan unsurları belirlemek amaçlanmıştır.

1.1. Çalışılan Ağır Metaller

1.1.1. Kadmiyum (Cd)

Yaygın bir şekilde endüstriyel alanda kullanılan ve aynı zamanda bir iz element olan kadmiyumun yerkabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0,1-0,5 mg/kg olarak bildirilmiştir (Cook ve Morrow, 1995). Toksikolojik olarak önemli metallerden biri olan kadmiyum doğada çinko ile birlikte bulunur. Kadmiyum kullanımı endüstride giderek artmaktadır. Aşınmaya karşı çeşitli metallerin (demir, bakır, çinko, çelik vb.) korunmaları için kaplanmaları, boya ve cam endüstrisi, pestisit üretimi, nikel kadmiyum pili ve akümülatörlerinin yapımı, kurşunla alaşım halinde kabloların kaplanması ve plastikte dayanıklılık artırıcı olmak üzere birçok şekilde kullanılmaktadır. Kadmiyum içeren plastik ve metal atıklardan çevreye yayılan kadmiyum ile kadmiyum mineral yatakları ve metal arıtla tesisleri, çevrenin ve bununla birlikte tarım ürünleri ve besinlerin kirlenmesine yol açar (Kaya ve ark, 2002).

Kadmiyumun organizmalar için hiçbir işlevi yoktur. Bunun yanında birçok organizma için toksik olmakla birlikte, çok az da olsa bütün gıdalarda bulunmaktadır. Başta mantarlar üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindir. Kadmiyum metalinin insanlar tarafından nefes yoluyla alımının akciğer hastalıkları ve yüksek kan basıncına, su ve gıdalarla alımı karaciğer, böbrek, beyin, sinir hastalıkları ile kemiklerde hassasiyet ve demir eksikliği gibi pek çok hasara yol açtığı ve çoğunun ölümcül olabileceği

belirlenmiştir. Ayrıca larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olan kadmiyum metali sucul organizmalar için oldukça toksiktir. EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilmektedir (Atsdr, 2003; Türkmen, 2003).

1.1.2. Kobalt (Co)

Kobalt, çevreye doğal kaynaklardan ve kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla girmektedir. Solunum, gıda ve içme suyuyla düşük miktarda kobalt alımı söz konusudur (Atsdr, 2003).

Kobalt, günlük besin ihtiyacımızda küçük bir yere sahip olmakla birlikte, sinir düzenlenmesi ve kırmızı kan hücrelerinin üretiminde kullanılan B_{12} vitaminin bileşenidir. En fazla karaciğerde biriken bu metal, yüksek düzeylerde alındığı takdirde, insanlarda ve hayvanlarda akciğer, kalp, karaciğer, böbrek ve deri hastalıklarına sebep olabilir. Yüksek düzeyde radyoaktif olmayan kobaltın gıda ve su yoluyla alımının insan ve hayvanlarda kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Bunun yanında, yapılan hayvansal deneylerde kobaltın kas ve deri altına uygulandığında ya da direkt solunum yoluyla verildiğinde kansere sebep olduğu görülmüş ve bu bilgiye dayanarak, insanlarda da kanserojen olabileceği bildirilmiştir. Yüksek düzeyde kobalt radyasyonunun hücrelerdeki genetik materyalleri değiştirerek, bazı kanser tiplerinin gelişmesine sebep olabileceği bildirilmiştir (Özdilek, 2002; Türkmen, 2003; Atsdr, 2003).

1.1.3. Krom (Cr)

Kayalarda, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Cr^{0}, Cr^{+3}, Cr^{+6} bunlardan en yaygın olanlarıdır. Krom metali alaşım yapımında, çelik üretiminde, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı kontrol edici madde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca boya, tuğla ve deri endüstrisi ile buna ilaveten gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır. Kromun farklı tiplerinin organizmalarda farklı toksik etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Atsdr, 2003).

Cr^{0}, Cr^{+3}, Cr^{+6} formlarında bulunabilen krom bileşikleri tatsız ve kokusuzdur. Vücut için diyetle eser miktarlarda alınması gereken krom formu sadece Cr^{+3} bileşikleridir. Diğer formlardaki kromun biyolojik işlevi yoktur. Havaya karıştığında 10 gün kalabilen krom partikülleri, toprak partiküllerine sıkıca yapışır. Suda dibe çöken bu partiküller, topraktan küçük miktarlarda sulara karışabilirler. Su ve besinler yardımıyla vücuda alınabildikleri gibi havadan solunarak ta vücuda alınabilirler (Anonymous, 2005a). Pek çok taze meyve, sebze, et, bira mayası ve hububat tohumunda doğal olarak Cr^{+3} bulunabilir.

Nefes yoluyla alınan yüksek dozdaki kromun, akciğer kanseri riskini arttırdığını, su ve gıda ile alımlarda ise mide ülseri, böbrek ve karaciğer hastalıklarına neden olduğu ve hatta ölümlere sebep olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından bildirmektedir. Bunun yanında bazı insanlarda şiddetli alerjik reaksiyonlara da sebep olduğu bildirilmiştir. Balıklar sulardan bünyelerine çok miktarda Cr birikimi yapmazlar (Atsdr, 2003). Yüksek miktarlarda alındıklarında krom bileşiklerinin tümü toksik olabilir, ancak Cr^{+6}, Cr^{+3}'e göre daha toksiktir. EPA'ya göre içme sularında 100 mg l^{-1}'den fazla olmaması önerilir (Anonymous, 2005a).

1.1.4. Bakır (Cu)

Organizmalar için düşük konsantrasyonlarda gerekli esansiyel elementler arasında yer alan bakırın, yapılan araştırmalar sonucunda kıyı sularında daha fazla bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum bakırın karasal kaynaklı olduğunun bir göstergesidir. Bakır, çeşitli meteorolojik olaylar sonucu kayaçların parçalanması yoluyla nehir sularına ve buradan denize geçmektedir. Bunun yanında evsel ve endüstriyel atıklar ile kara atmosferinde bulunan bakırın yağmur sularıyla doğrudan yada dolaylı olarak sulara ulaşması sucul ortamlarda bakır birikimine kaynak oluşturmaktadır (Ünsal ve ark, 1993).

Bakırın yerkabuğunda bulunma şekilleri; kayaçlarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür ve karbonat mineralleri olarak sıralanabilir (Goldschmidt, 1958). Bakırın çok az kısmı doğal kökenlidir. Bu durum bakır minerallerinin çözünürlüklerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Hem, 1985). Bakırın kanserojen olmadığı bildirilmektedir. Yüksek düzeylerde bakır içeren su, kusma, ishal, mide bulantısı ve kramplara sebep olmaktadır. Karaciğer, böbrek, mide, akciğer, barsak, kalp, beyin ve adrenal bez bakırın en çok birikim yaptığı yerlerdir (Atsdr, 2003).

1.1.5. Demir (Fe)

Toprak ve kayalarda bol miktarda bulunan demirin son derece yaygın bir metal olduğu belirlenmiştir. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından ihtiyaç duyulan esansiyel bir elementtir. Yerkabuğunda alüminyumdan sonra % 4.2 ile en sık rastlanan metaldir. Normal şartlarda çözülemeyen formda olmasına rağmen, doğal olarak meydana gelen pek çok reaksiyonla demirin çözülebilir formları oluşabilir ve bunlar girdikleri suyu kirletirler. Bu sebepten dolayı yeraltı sularında aşırı demir problem teşkil eder (Gray, 1996). Kemik iliği, kırmızı kan hücreleri,

karaciğer, akciğer ve dalakta demir birikimi en fazladır. Esansiyel bir element olan demirin sulardaki yüksek konsantrasyonları pek çok probleme neden olur ve bu yüzden aşırı miktarlarda arzu edilmez. (Özdilek, 2002, Atsdr, 2003; Türkmen, 2003).

1.1.6. Mangan (Mn)

Yaşam için gerekli olan bu element, kayaların çoğunda doğal olarak bulunur. Mangan, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdada bulunan esansiyel bir iz elementtir. Havaya karışma yolları, demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozları şeklinde sıralanabilir. Su ve toprağa karışımı ise doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınımla olur. Bunun yanında nehir, göl ve yeraltı sularında doğal olarak bulunur ve sudaki bitkiler tarafından bir miktar alınarak birikebilir. Organizmada genellikle birikim yeri karaciğer, böbrek ve pankreastır. Herkesin su, hava ve gıda yoluyla düşük miktarda mangana maruz kalabileceği fakat ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde mangan birikimi meydana gelebileceği bildirilmiştir. Ayrıca bilinçsizce pestisit kullanımı da yine bu metalin aşırı dozlarda birikimine sebep olur. Mangandan etkilenen kişilerde "magnetism" adlı hastalığa bağlı olarak zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülmektedir. Bununla birlikte solunum problemlerine sebep olan manganezin insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir (Atsdr, 2003).

1.1.7. Nikel (Ni)

Bütün topraklarda bol bulunan nikel, esas olarak çevrede oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan bir element olmakla birlikte volkanlardan kaynaklanmaktadır. İnsan ve hayvanlar için esansiyel olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri bildirilmiştir. Havada çok düşük miktarda bulunabilen nikel, genellikle toprak ve sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. Bununla birlikte balık, bitki ve hayvanlarda pek bulunmamaktadır.

Madeni para ve mücevher yapımında nikel alaşımlı metallerden demir, bakır, krom ve çinko kullanılmaktadır. Bazı nikel bileşikleri kanserojen olarak kabul edilebilir. İnsanlara nikel en fazla 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 (Özdilek, 2002; Atsdr, 2003; Türkmen, 2003).

1.1.8. Kurşun (Pb)

Kurşun, yerkabuğunda yaygın bulunan bir elementtir. Toprakta yaklaşık 12.5 ppm'lik bir konsantrasyona sahip olan kurşun toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece yüksek oranlarda absorbe edilir. Tuzluluk, pH, sertlik, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler sucul ortamlarda kurşun alımını son derece etkilenmektedir (Kesler, 1994). Tıbbi ekipmanlar, maden ve metal endüstrileri, bilimsel ve optik aletler, otomobil aküleri, kurşunlu boyalar, seramik endüstrisi, kaplama, cephaneler, katı atık yapımı ve kurşunlu benzin kullanımı çevredeki kurşunun ana kaynaklarını oluşturmaktadır. Kurşun, balık ve kabuklular için solungaç, karaciğer, böbrek ve kemik öncelikli birikim yerleridir. Bu metalin organizmalardaki yarılanma ömrü oldukça uzundur. Kurşun larvaları tamamen

öldürmese de önemli hasarlar verebilir. Öncelikle iskelete giren kurşunun vücudu terk etmesinin 20 yıl aldığı bildirilmiştir. Kurşun, yumurta ve embriyolarda birikebilmektedir. Bunun yanında genellikle karaciğer, böbrek, iskelet ve dalakta birikim yaptığı bildirilmektedir. Kurşunun düşük düzeylerde birikimi bile beynin büyüme ve gelişimini engellediği, bununla birlikte plasentayı geçip, cenini etkileyebildiği belirlenmiştir. Ayrıca yüksek düzeyde kurşun zehirlemesinin, gastrointestinal sistem ve sinirlerde hasara yol açtığı bildirilmiştir. Bütün bu etkilerin dışında, kırmızı kan hücrelerinin sağlığını olumsuz etkileyerek anemiye sebep olabileceği belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından kurşunun kanserojen olabileceği bildirilmektedir (Atsdr, 2003).

1.1.9. Çinko (Zn)

Esansiyel bir element olan çinko insan hücre, doku ve organlarında bulunmaktadır. Mineral olarak bol bulunmakla birlikte hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcuttur. Çinkonun kullanım alanları; demir ve diğer metallerin kaplama işlemleri, kuru hücre aküler, alaşım imalatı, beyaz boya üretimi, seramikler, kauçuk sanayii, gübreler, bazı kozmetik ve sağlık alanları şeklinde sıralanabilir (Atsdr, 2003). Çinko, kurşunla benzer şekilde madenler ve işleme merkezlerinden yayılarak, atmosferik olaylarla uzun mesafelere taşınıp, depolanır (Groet 1980; Türkmen, 2003). Bitki büyümesinde toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'ı kullanılır. Bunun yanında sucul organizmalarda çinkoyu biriktirmektedir. Çinko en çok prostat, böbrek, kas ve karaciğerde birikim gösterir. Yüksek düzeylerde alındığında canlılarda çeşitli hasarlara neden olan çinkonun yetersiz alımı ise 200'den fazla enzimi olumsuz etkilemektedir. Çinko eksikliği, gençlerde büyümeyi olumsuz etkiler, bağışıklık sistemini zayıflatır, ayrıca hamile kadınlarda bebeklerin gelişimini engeller. İnsan vücudundaki çinkonun yaklaşık %90'ı kemik ve kaslarda bulunmaktadır. İnsanlarda aşırı çinko alımında, iştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi ve derideki aşırı hassasiyetler ile

birlikte kolesterolün yükselmesi gibi problemler belirlenmiştir (Atsdr, 2003).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Amundsen ve ark. (1997), Norveç ve Rusya'nın arasında bulunan tatlı su kaynaklarından aldıkları farklı balık türlerinin karaciğer, kas ve solungaç dokularında Cd, Cr, Cu, Hg, Ni ve Zn içeriklerini belirlemişlerdir. Balık türlerinin ortalama metal konsantrasyonlarını, 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 μg 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 μg g^{-1}, solungaç için Cd; 0,02-0.28, Cr; 0.64-2.0, Ni; 0.4-9.13 ve Zn 75-675 μg g^{-1} yaş ağırlık olarak belirlemişlerdir. Genel olarak metal konsantrasyonlarının en düşük düzeye kas dokusunda en yüksek düzeye ise solungaç ve karaciğer dokularında ulaştığını bildirmişlerdir. Farklı türler arasında metal düzeylerinde önemli farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

Sunlu ve Egemen (1997), İzmir Körfezi' nde yaşayan lipsoz (*Scorpaena porcus* L.1758) balığının farklı doku ve organlarında ağır metal birikim düzeyini belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre karaciğerde Cd birikimi 0.09 mg kg^{-1}, solungaçta 0.04 mg kg^{-1}, et dokusunda 0.02 mg kg^{-1}; karaciğerde Zn birikimi 16.56 mg kg^{-1}, solungaçta 9.41 mg kg^{-1}, et dokusunda 1.47 mg kg^{-1}; Cu birikimi ise karaciğerde 0.28 mg kg^{-1}, solungaçta 0.08 mg kg^{-1} ve et dokusunda 0.05 mg kg^{-1} yaş ağırlık olarak bildirilmiştir.

Canlı ve Kalay (1998), Seyhan Nehri'nde yaptıkları çalışmada 5 istasyondan aldıkları *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium* örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cd, Pb, Cu, Cr ve Ni düzeylerini belirlemişlerdir. İstasyonlar arasında dokulardaki ağır metal düzeyleri genellikle önemli oranlarda değişiklik göstermiş olup, özellikle hastane atıkları tarafından kontamine edildiği düşünülen bir istasyon en yüksek düzeyde ölçülmüştür. Karaciğer ve solungaç dokularında kas dokusundan daha yüksek düzeylerde ağır metal birikimi belirlenmiştir. Solungaç, karaciğer ve kas dokularındaki Cd düzeyleri sırasıyla; 1.26-6.10, 0.96-4.72, ve 0.51-1.67 arasında, Pb düzeyleri 9.41-44.75, 5.22-37.15 ve 2.94-13.73 arasında, Cu düzeyleri 5.43-58.63, 5.91-201.1 ve 3,27-7.35 arasında, Cr düzeyleri 1.72-6.10, 0.23-5.35 ve 0.36-1.71 arasında ve

Ni düzeyleri ise 6.83-28.03, 3.42-27.05 ve 1.62-13.35 mg kg^{-1} (kuru ağırlık) arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Abdel-Baky ve ark. (1998), Manzallah Gölü'nde 5 farklı istasyondan aldıkları su, sediment ve balık örneklerinde ağır metal ve bazı kimyasal parametreleri belirlemeye çalışmışladır. Sedimentte tespit edilen ağır metal içeriğinin suda tespit edilenden daha yüsek seviyede olduğunu belirlemişlerdir. Su ve sedimentte ağır metal düzeylerini sırayla Zn>Pb>Cd>Cu ve Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde bildirmişlerdir. *Liza ramada, Liza aurata, Mugil cephalus, Dicentrarchus labrax, Dicentrarchus punctata, Sparus auratus ve Therapon theraps* dokularında mg/kg yaş ağırlık olarak Zn (2.25-9.29)> Cu (0.026-0.305)> Cd (0.026-0.059) sıralamasıyla belirlemişlerdir. Su örneklerinde ise mg/l olarak bu sıralamayı Zn (0,06-0,995)>Cd (0,096-0,162)>Cu (0-0,22) olarak belirlemişlerdir. İstasyonlar arasında çalışılan ağır metal düzeylerinde önemli bir değişiklik bulunmamasına rağmen mevsimsel olarak önemli değişimler tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Cataldo ve ark. (2001), Arjantin'de yaptıkları çalışmada Parana Deltası'nın aşağısında bulunan 4 bölgeden toplanan su ve sediment örneklerinde ağır metal düzeylerini 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 µg l^{-1} olarak ve sedimentte; Criçin 66-136, Zn için 53-75 Cu için 13-22, Ni için 10-17, Pb için 8-25 µg/g kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

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.

Çalta ve ark. (2000), Keban Baraj Gölü'nde yakalanan *Capoeta trutta*'da bazı ağır metallerin birikim düzeylerini incelemişlerdir. Cu'nun sadece deri ve karaciğerde biriktiğini; Fe'nin en fazla karaciğerde biriktiğini bunu sırasıyla böbrek, gonad, deri, solungaç ve kas dokularının izlediğini; Mn'nin en fazla karaciğerde biriktiğini bunu gonad, böbrek, deri, solungaç ve kas dokularının

izlediğini; Zn'nin ise yine en fazla karaciğerde biriktiğini bunu sırasıyla gonad, böbrek, solungaç, deri ve kas dokularının izlediğini bildirmişlerdir.

Kirby ve ark. (2001), Avustralya'nın Macquarie Gölü'nün güney kesiminden avladıkları mullet (*Mugil cephalus*)'lerin dokularında ve sedimentte Se, Cd, Cu ve Zn düzeylerini belirlemişler ve bu sonuçları Clyde Nehri'nden avlanan balıkların dokularında bulunan sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Buna göre, buldukları sonuçların Clyde Nehrindeki sonuçlara göre daha yüksek olduğunu fakat her iki istasyondan alınan balıkların diğer dokularında (kas, karaciğer, böbrek, gonad, mide ve kalp) çalışılan metal düzeylerinin benzer değerlerde olduğunu belirlemişlerdir. Mullet'lerde ağır metal birikimini sırasıyla karaciğer dokularında Cd için 2.3 mg kg^{-1}, Cu için 338 mg kg^{-1}; kas dokularında ise Cd için 0.05 mg kg^{-1}, Cu 21 mg kg^{-1} ve Zn için 27 mg kg^{-1} kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir.

Al-Saadi ve ark. (2002), Habbaniye Gölü (Irak)'nün su ve sedimentinde Cd, Pb, Ni, Mn ve Zn birikimini araştırmışlardır. Suda en fazla Zn metalinin biriktiğini ve Zn hariç tüm metallerin en fazla ilkbahar mevsiminde biriktiğini belirlemişlerdir. Sedimentte Mn metalinin en fazla biriktiğini ve metal birikiminin en fazla ilkbahar mevsiminde olduğunu bildirmişlerdir.

Yazkan ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada Antalya Körfezi'nde 2000 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında avladıkları balık türlerinin (*Mullus barbatus, Mugil cephalus, Tracharus tracharus, Pagellus acarne, Dicentrarch labrax, Sparus auratus, Sardina aurita, Boops boops, Scomber japonicus* ve *Solea solea*) kas ve karaciğer dokularında Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışmaları sonucunda balıkların kas dokularında Cu ve Zn' nin sırası ile 0.51-3.66 mg kg^{-1} ve 3.17-11.36 mg kg^{-1}, karaciğerde ise 0.83-4.44 mg kg^{-1} ve 3.97-15.14 mg kg^{-1}, balık örneklerinin kas dokusunda Pb ve Cd sırası ile 0.00-2.05 mg kg^{-1} ve 3.97-15.14 mg kg^{-1}, karaciğer dokusunda ise 0.00-2.25 mg kg^{-1} ve 0.03-0.15 mg kg^{-1} değerleri arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tekin-Özan ve ark. (2004a), 2003 yılının ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde Kovada Gölü suyunda ve sudak balığının karaciğer, solungaç ve kas dokusunda Cu, Fe, Zn, Mn, Cr, Pb ve Cd düzeylerini belirlemişlerdir. Suda Fe, Zn ve Mn tespit edilirken, en yüksek birikimin yaz mevsiminde olduğunu

belirtmişlerdir. Bu artışın yaz mevsimindeki buharlaşmadan kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır. Sudak balığında ise Fe ve Zn'yi bütün dokularda, Cu'yu ise sadece karaciğerde 3 mevsimde de belirlemişlerdir.

Tekin-Özan ve ark. (2004b), Kovada Gölü'nde yaşayan kadife balığının bazı doku ve organlarında (kas, karaciğer ve solungaç) Cu, Fe, Zn, Mn, Cr, Pb ve Cd birikimi belirlenmiştir. Karaciğer ve solungaçta, kas dokusundan daha yüksek oranlarda metal biriktiği saptanmıştır. Dokulara ve metale bağlı olarak değişiklik göstermesine rağmen en yüksek metal birikiminin yaz mevsiminde olduğu belirtilmiştir.

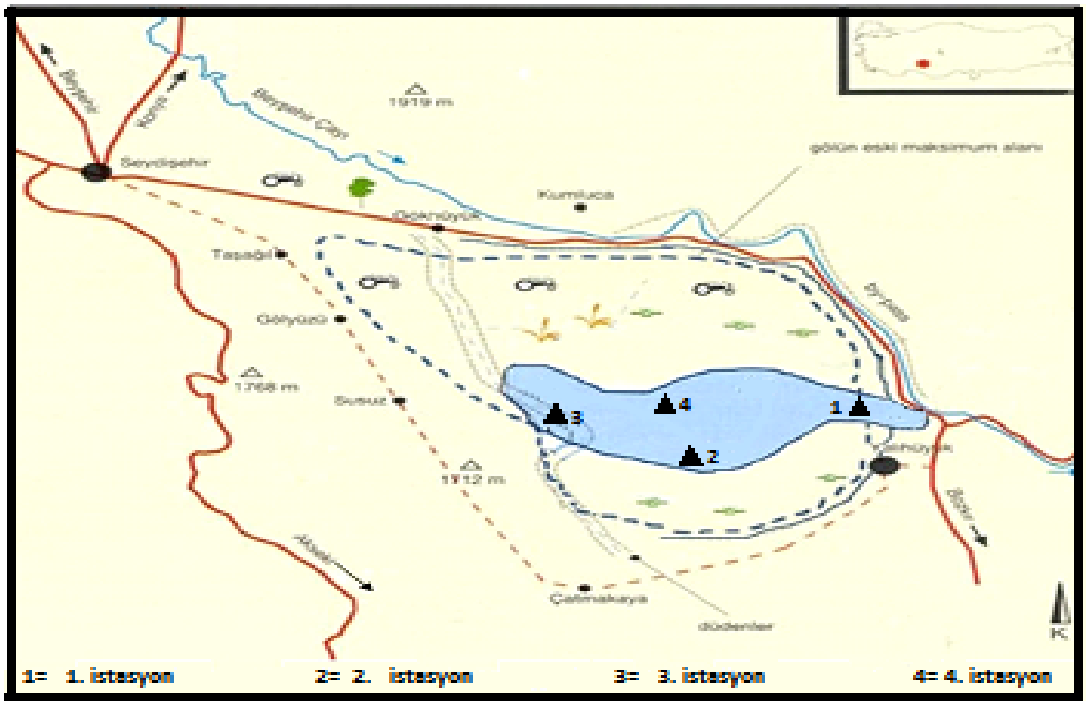
Papagiannis ve ark. (2004), Pamvotis Gölü (Yunanistan)'nde yaşayan *Cyprinus carpio, Silurus aristotelis, Rutilis ylikiensis* ve *Carassius gibellio*'da Cu ve Zn birikimini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada en yüksek metal birikiminin *Cyprinus carpio*'da ve karaciğerde tespit etmişlerdir. Sucul organizmalarda Cu ve Zn'nin bulunuşunun ve toksisitesinin sudaki diğer metallerin konsantrasyonuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Akköz ve Yılmaz (2009), Suğla Gölünde bir yıl boyunca 5 farklı istasyondan aldıkları su örneklerinde Fe, Cr, Cu, Ni ve Zn metallerinin düzeylerini ve bazı kimyasal parametleri belirlemeye çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda sırasıyla Cr metalini en yüksek düzeyde 1. istasyonda 2006 yılı Temmuz ayında 0,29 mg/l, Cu metalini en yüksek düzeyde 2. istasyonda 2006 yılı Mayıs ayında 0,31 mg/l, Ni metalini ise en yüksek düzeyde 3. istasyonda 2006 yılı Mart ayında 0,53 mg/l olarak bildirmişlerdir.

3. ARAŞTIRMA ALANININ ÖZELLİKLERİ

3.1. Araştırma Alanının Coğrafi Konumu ve Gölün Özellikleri

Çalışma alanını oluşturan Suğla Gölü, Konya ilinin 85 km güneybatısında yer almaktadır. Yağışlı yıllarda genişleyen göl alanı kurak yıllarda büyük oranda daralmakta ve alüvyonlu göl tabanı ortaya çıkmaktadır. Tektonik kökenli olan ve suları tatlı olan Suğla Gölü, su ürünleri ve sulama açısından önem arz etmektedir.



Şekil 3.1. Suğla Gölü haritası

Suğla Gölü; Seydişehir-Suğla Depolama Projesi (Suğla Depolaması) isimli, Beyşehir Gölü ve Apa Barajı regülâsyonlarına destek sağlamak ve Konya-Çumra

projeleri için su sağlamak amaçlı olan proje Haziran 2003 tarihinde tamamlanarak hizmete açılmıştır.

Suğla Gölü 581 km^2'lik bir yağış alanına sahiptir. Göl, kendi drenaj alanından gelen ve Beyşehir Gölü'nden bırakılan, kış aylarında Suğla Ovası'nda oluşan sulardan meydana gelmektedir. Bazı yıllarda ovanın güney yamaçlarında bulunan ve düden tabir edilen kaya çatlaklarından sızan sular ve buharlaşma nedeniyle yaz aylarında tamamen kurumaktadır.

Sığ sulardan oluşan göl, 18 600 ha'lık bir alana yayılmaktadır. Göl alanına yılda ortalama 145 milyon m^3 su girmektedir. Proje ile göl alanı 4000 ha'lık bir alanla sınırlandırılmış, geriye kalan 14 600 ha'lık saha emniyetli bir zirai alan haline getirilmiştir (Akköz ve Yılmaz, 2009).

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Araştırmada, belirlenen istasyonlardan her mevsim için belirlenen aylarda (Nisan, Temmuz, Ekim, Ocak) su ve sediment örnekleri alınmıştır. Ayrıca balık materyali olarak Yağ Balığı (*Phoxinellus anatolicus* Hanko, 1924) ve Sazan (*Cyprinus carpio* Linneaus, 1758) örnekleri av yasağının uygulandığı dönem (Mart – Haziran ayları arası) dışındaki 8 aylık süreçte yaz, sonbahar ve kış mevsimlerini temsilen Temmuz, Ekim ve Ocak aylarında gölden temin edilmiştir.

4.2. Metot

Su ve sediment numuneleri için, Suğla Gölü üzerinde seçilen 4 farklı istasyonda çalışılmıştır. İstasyonlardan her mevsim için Nisan, Temmuz, Ekim, Ocak aylarında su ve sediment örnekleri alınmıştır. Ayrıca balık örnekleri de aynı dönemlerde (Nisan ayı hariç) bölgedeki balıkçılardan temin edilmiştir.

Önceden belirlenmiş istasyon alanlarında kıyıdan yaklaşık 5 m uzaklıktan alınan su örnekleri 500 ml'lik pet şişelere konulmuştur. Alınan örneklere %1 oranında %65'lik HNO_3 ilave edilmiştir (Cataldo ve ark., 2001).

Plastik kürek ve plastik hortum yardımıyla önceden belirlenen istasyon alanlarında kıyıdan yaklaşık 5 m uzaklıktan alınan sediment örnekleri plastik kutulara konulmuş ve %65'lik HNO_3 ile asitlendirilmiştir. Numuneler, içerisinde buz kasetleri olan taşıma kaplarına konularak gün ışığı, sıcaklık gibi etkenlerden korunması sağlanmış ve aynı gün içinde muhafazalı şekilde Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Laboratuarına getirilmiştir. Balık ve sediment örnekleri analiz yapılana kadar -18 °C'de dondurulmuş, su örnekleri ise buzdolabında muhafaza edilmiştir. (Ünsal, 1998).

4.2.1. Su Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Öncelikle, çalışmada kullanılacak malzemeler, herhangi bir bulaşma olmaması amacıyla %0.69'luk HNO_3 ve deiyonize su ile hazırlanan yıkama suyundan geçirilerek etüvde kurutulmuştur.

Su örnekleri, 100 mm mavi band filtre kâğıdından geçirilmiş ve bu işlem sonrasında her bir örnek mezürle 25 ml ölçülerek falcon tüplerine konulmak suretiyle analize hazır hale getirilmiştir.

4.2.2. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Analizi

İlk aşamada sediment örnekleri 63 µm'lik plastik elekten geçirilmiştir. Elekten geçirilen örneklerden bir miktar alınarak cam petri kaplarına konulmuş ve etüvde 102 °C'de 12 saat bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulan numuneler etüvden çıkarılmış ve Scaltec SPB 421 marka hassas terazide 0,5'er g tartılarak ısıya dayanıklı cam erlenlere konulmuştur. Daha sonra üzerine $HCl:HNO_3$ 3/1 oranında (Kral suyu) eklenmiş ve 24 saat asitte bekletilmiştir. Bu işlemden sonra düz ısıtıcı üzerinde erlenlerin ağız kısımlarına saat camı konulmuş, beyaz duman çıkana kadar 120 °C'de buharlaştırılmıştır. Berraklaşan örnekler soğutularak 100 mm mavi band filtre kâğıdından süzüldükten sonra hacimleri deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır (Unep, 1984).

4.2.3. Balık Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Çalışmada, her mevsim için 10 adet olmak üzere toplam 30 adet Yağ Balığı (*Phoxinellus anatolicus*) ve 30 adet Sazan (*Cyprinus carpio*) kullanılmıştır. Gölden temin edilen balık örnekleri aynı gün içerisinde laboratuara getirilerek toplam boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ağırlık ölçümleri Scaltec SPB 421 marka hassas terazi yardımıyla, boy ölçümleri de cetvel ile yapılmıştır. Balık örnekleri analize kadar -18 °C'de derin dondurucuda saklanmıştır. Analizden bir gece önce derin dondurucudaki balıklar buzdolabına indirilmiş ve orada çözülmesi beklenmiştir. Balıkların karaciğer, solungaç ve kas dokularından steril malzemeler kullanılarak örnekler alınmıştır. Analizi yapılacak dokulardan; kas için 2'şer g, küçük balıklar için karaciğerin tamamı, büyük balıklarda da küçük balıkların karaciğeri kadar örnek alınmıştır. Ayrıca balıkların sağ ve sol solungaçlarından 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 alınan ve beyaz kül haline gelen numunelere %65'lik 2 ml HNO_3 ilave edilmiştir (Ünlü ve Gümgüm, 1993). Örnekler berraklaşana kadar çeker ocakta düz ısıtıcıda ısıtılmış ve bu sürede berraklaşıncaya kadar her örneğe eşit miktarda HNO_3 ilave edilmiştir. Berraklaşan örnekler soğutularak 100 mm mavi band filtre kağıdından süzülmüş, daha sonra deiyonize su ile hacmi 25 ml'ye tamamlanmıştır (Salim ve ark., 2003). Analize hazırlanan su, sediment ve balık örnekleri için elementlerin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) standart aralığı belirlenmiştir. Multi IV 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 cihazı kullanılarak Çizelge 3.1'de verilen dalga boylarında okutulmuştur. Ağır metal düzeyleri su örneklerinde mg/l sediment örneklerinde µg/l kuru ağırlık ve balık örneklerinde ise µg/l yaş ağırlık olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. ICP-AES' de ağır metallerin okunduğu dalga boyları(Anonymous, 2005b)

Metal	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.

Standardın hazırlanacağı balon jojeye 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

Standardın hazırlanacağı balon jojeye 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. Özellikle düşük konsantrasyonlu olanlar çabuk bozulacağından, standartlar az miktarda hazırlanmıştır(Erdik ve Sarıkaya, 2002).

4.2.4. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel hesaplamaların yapılmasında SPSS 15 programı kullanılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler Tek Yönlü Varyans Analizine tabi tutulmuş ve farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

5.1. Su Örneklerinde pH Değerleri

Suğla Gölü suyunda ölçülen pH değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Sudaki pH değerleri 7.85 ile 8.79 değerleri arasında ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre pH değerleri en yüksek seviyede 2009 yılı sonbahar mevsiminde 3. istasyonda tespit edilirken, en düşük seviyede ise 2009 yılı yaz mevsiminde 4. istasyonda belirlenmiştir.

Çizelge 5.1. Suğla Gölü suyunda ölçülen pH değerleri.

	İstasyonlar			
Mevsimler	**1.İstasyon**	**2.İstasyon**	**3.İstasyon**	**4.İstasyon**
İlkbahar	8.46	8.58	8.49	7.96
Yaz	8.48	8.45	8.59	7.85
Sonbahar	8.72	8.64	8.79	8.36
Kış	8.44	8.52	8.30	8.57

5.2. Su Örneklerinde Çözünmüş Oksijen Değerleri

Suğla Gölü suyunda yapılan analiz sonuçlarına göre belirlenen çözünmüş oksijen miktarları Çizelge 5.2'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre çözünmüş oksijen miktarı en yüksek seviyede sonbahar mevsiminde 11.86 mg/l olarak 3. istasyonda tespit edilirken, en düşük seviyede ise yaz mevsiminde 8.25 mg/l olarak 1. istasyonda belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Suğla Gölü suyunda ölçülen Çözünmüş Oksijen değerleri (mg/l)

İSTASYON	İLKBAHAR	YAZ	SONBAHAR	KIŞ
1	10.46 mg/l	8.25 mg/l	10.73 mg/l	9.30 mg/l
2	10.34 mg/l	9.61 mg/l	11.24 mg/l	9.55 mg/l
3	11.23 mg/l	10.22 mg/l	11.86 mg/l	10.23 mg/l
4	11.15 mg/l	10.32 mg/l	11.67 mg/l	10.37 mg/l

5.3. Su Örneklerinde Ağır Metal Düzeyleri

Su örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre, mevsim ve istasyon farkı gözetilmeden ağır metal derişimlerinin yıllık ortalama değerleri Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla 0.013; 0.006; 0.422; 0.039; 0.003; 0.0003 ve 0.021 mg/l olarak belirlenmiştir. Cd ve Co metalleri suda yapılan bu çalışmada hiçbir mevsim ve istasyonda tespit edilememiştir. Aşağıdaki çizelgelerde tespit edilen metallerin mevsimsel istasyon ortalamaları (M.ORT) ve istasyon yıllık ortalamaları (İ.ORT.) verilmiştir.

5.3.1. Krom (Cr)

Su örneklerinde Cr düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.3'te verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbahar mevsiminde 4. istasyonda 0.0002 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 4. istasyonda 0.0442 mg/l olarak bulunmuştur. İlkbaharda 1, 2 ve 3. istasyonlarda, yazın 1 ve 2. istasyonlarda, sonbaharda 1 ve 4. istasyonlarda, kışın 2 ve 4. istasyonlarda Cr metalinin ölçülebilir sınırın altında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.3. Su örneklerindeki Cr düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg/l)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	ÖSA	ÖSA*	ÖSA	0.0002	0.00005±0.0001
Yaz	ÖSA	ÖSA	0.02	0.0442	0.016±0.021
Sonbahar	ÖSA	0.0007	0.0006	ÖSA	0.0003±0.0004
Kış	0.0212	ÖSA	0.009	ÖSA	0.007±0.010
İ.ORT.±STD.	0.0053±0.010	0,0001±0.0003	0.0074±0.009	0.011±0.022	0.013±0.02

*ÖSA: Ölçüm Sınırının Altında

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az ilkbaharda 0.00005 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 0.016 mg/l olarak tespit edilmiştir. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<sonbahar<kış<yaz şeklinde olup, veri yetersizliğinden istatistiksel işlem yapılamamıştır.

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 2. istasyonda 0.0001 mg/l, en fazla ise 4. istasyonda 0.011 mg/l olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 2<1<3<4 şeklinde olup, veri yetersizliğinden istatistiksel işlem yapılamamıştır.

5.3.2. Bakır (Cu)

Su örneklerinde Cu düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.4'te verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbahar mevsiminde 4. istasyonda 0,0016 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 3. istasyonda 0,0166 mg/l olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.4. Su örneklerindeki Cu düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg/l)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	0.0049	0.0039	0.0067	0.0052	0.005±0.001
Yaz	0.0125	0.0056	0.0166	0.0115	0.011±0.004
Sonbahar	0.0039	0.0027	0.0031	0.0016	0.002±0.0009
Kış	0.0044	0.0032	0.0114	0.0044	0.006±0.004
İ.ORT.±STD.	0.006±0.004	0.003±0.001	0.009±0.005	0.005±0.004	0.006±0.003

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az sonbahar mevsiminde 0.002 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 0.011 mg/l olarak tespit edilmiştir. Mevsimler arası sıralama sonbahar<ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, yaz mevsimi ile diğer mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 2. istasyonda 0.003 mg/l, en fazla ise 3. istasyonda 0.009 mg/l olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 2<4<1<3 şeklinde olup, 3. istasyon ile diğer istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$)

5.3.3. Demir (Fe)

Su örneklerinde Fe düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.5'te verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbahar mevsiminde 1. istasyonda 0.0835 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 2. istasyonda 1.7712 mg/l olarak bulunmuştur. Sonbaharda 1. istasyonda, kışın 2 ve 4. istasyonlarda Fe metalinin ölçülebilir sınırın altında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.5. Su örneklerindeki Fe düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg/l)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	0.1916	0.108	0.3413	0.2257	0.216±0.096
Yaz	0.6704	1.7712	1.3398	0.3571	1.034±0.639
Sonbahar	0.0835	ÖSA	0.276	ÖSA	0.089±0.130
Kış	ÖSA*	0.2081	0.5188	0.6762	0.350±0.304
İ.ORT.±STD.	0.236±0.299	0.521±0.837	0.619±0.491	0.314±0.282	0.422±0.29

*ÖSA: Ölçüm Sınırının Altında

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az sonbahar mevsiminde 0.089 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 1.034 mg/l olarak tespit edilmiştir. Mevsimler arası sıralama sonbahar<ilkbahar<kış<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,05).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 1. istasyonda 0.236 mg/l, en fazla ise 3. istasyonda 0.619 mg/l olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<4<2<3 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (P>0,05).

5.3.4. Mangan (Mn)

Su örneklerinde Mn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.6'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az kış mevsiminde 2. istasyonda 0.0072 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 1. istasyonda 0.1421 mg/l olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.6. Su örneklerindeki Mn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg/l)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	0.0199	0.0036	0.0143	0.019	0.014±0.007
Yaz	0.1421	0.0647	0.0565	0.0243	0.071±0.049
Sonbahar	0.0119	0.0529	0.0479	0.0375	0.037±0.018
Kış	0.053	0.0072	0.0638	0.0123	0.034±0.028
İ.ORT.±STD.	0.056±0.059	0.032±0.031	0.045±0.021	0.023±0.010	0.039±0.018

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az ilkbahar mevsiminde 0.014 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 0.071 mg/l olarak tespit edilmiştir. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<kış<sonbahar<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 4. istasyonda 0.023 mg/l, en fazla ise 1. istasyonda 0.056 mg/l olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 4<2<3<1 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

5.3.5. Nikel (Ni)

Su örneklerinde Ni düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.7'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbahar mevsiminde 3. istasyonda 0.0015 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 4. istasyonda 0.02 mg/l olarak bulunmuştur. İlkbaharda 1, 2 ve 4. istasyonlarda, kışın 2 ve 3. istasyonlarda, sonbaharda 2 ve 4. istasyonlarda Mn metalinin ölçülebilir sınırın altında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.7. Su örneklerindeki Ni düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg/l)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	0.001322	ÖSA*	0.0017	ÖSA	0.0007±0.0009
Yaz	0.0017	0.0056	0.0048	0.02	0.008±0.008
Sonbahar	0.0018	ÖSA	0.0015	ÖSA	0.0008±0.0009
Kış	0.0094	ÖSA	ÖSA	0.0087	0.004±0.005
İ.ORT.±STD.	0.003±0.004	0.0014±0.0028	0.002±0.002	0.007±0.009	0.0033±0.0027

*ÖSA: Ölçüm Sınırının Altında

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az ilkbahar mevsiminde 0.0004 mg l^{-1}, en fazla ise yaz mevsiminde 0.008 mg l^{-1} olarak tespit edilmiştir. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<sonbahar<kış<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 2. istasyonda 0.0014 mg/l, en fazla ise 4. istasyonda 0.007 mg/l olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 2<3<1<4 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

5.3.6. Kurşun (Pb)

Su örneklerinde Pb düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.8'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az ilkbahar mevsiminde 1. istasyonda 0.0003 mg/l, en fazla ise sonbahar mevsiminde 3. istasyonda 0.0044 mg/l olarak bulunmuştur. İlkbaharda 2, 3 ve 4. istasyonlarda, sonbahar ve kış mevsimlerinde tüm istasyonlarda, yazın ise 2 ve 4. istasyonlarda Pb metalinin ölçülebilir sınırın altında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.8. Su örneklerindeki Pb düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg/l)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	0.0003	ÖSA*	ÖSA	ÖSA	0.00007±0.0001
Yaz	0.0010	ÖSA	0.0044	ÖSA	0.001±0.002
Sonbahar	ÖSA	ÖSA	ÖSA	ÖSA	ÖSA
Kış	ÖSA	ÖSA	ÖSA	ÖSA	ÖSA
İ.ORT.±STD.	0.0003±0.0004	ÖSA	0.001±0.002	ÖSA	0.0003±0.0004

*ÖSA: Ölçüm Sınırının Altında

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az ilkbahar mevsiminde 0.00009 mg l^{-1}, en fazla ise sonbahar mevsiminde 0.001 mg/l olarak tespit edilmiştir. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<yaz şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 1.istasyonda 0.0003 mg/l, en fazla ise 3. istasyonda 0.001 mg/l olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 1<3 şeklinde olup, 1. istasyon ile 3. istasyon arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

5.3.7. Çinko (Zn)

Su örneklerinde Zn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.9'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, birikim en az sonbahar mevsiminde 4. istasyonda 0.0059 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 4. istasyonda 0.0696 mg/l olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.9. Su örneklerindeki Zn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (mg/l)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	0.0065	0.0084	0.0096	0.0241	0.012±0.008
Yaz	0.0276	0.0189	0.0522	0.0696	0.042±0.023
Sonbahar	0.0084	0.0078	0.0082	0.0059	0.007±0.001
Kış	0.0388	0.0062	0.0426	0.0122	0.025±0.018
İ.ORT.±STD.	0.020±0.015	0.010±0.005	0.028±0.022	0.027±0.028	0.021±0.011

İstasyonlar dikkate alınmadan mevsimler arasında birikim en az sonbahar mevsiminde 0.007 mg/l, en fazla ise yaz mevsiminde 0.034 mg/l olarak tespit edilmiştir. Mevsimler arası sıralama sonbahar<kış<ilkbahar<yaz şeklinde olup, yaz ve kış mevsimleri ile diğer mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Mevsimler dikkate alınmadan istasyonlar arasında birikim en az 2. istasyonda 0.010 mg/l, en fazla ise 3. istasyonda 0.028 mg/l olarak bulunmuştur. İstasyonlar arası sıralama 2<1<4<3 şeklinde olup, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

5.4. Sediment Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Sediment örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre, mevsim ve istasyon farkı gözetilmeden belirlenen ağır metal derişimlerinin yıllık ortalama değerleri Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla 0.05; 13.03; 11.46; 10989.1; 231.7; 14.66; 5.30 ve 31.22 µg/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Co metali Suğla Gölü sedimentinde yapılan bu çalışmada hiçbir mevsimde tespit edilememiştir. Aşağıdaki çizelgelerde, tespit edilen metallerin mevsimsel istasyon ortalamaları (M.ORT) ve istasyon yıllık ortalamaları (İ.ORT.) verilmiştir.

5.4.1. Kadmiyum (Cd)

Sediment örneklerinde Cd düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.10'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Cd düzeyi en az yazın 4. istasyonda 0.0119 µg/g, en fazla ise kışın 2. istasyonda 0.1448 µg/g olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde 4. istasyonda Cd metalinin ölçülebilir sınırın altında olduğu tespit edilmiştir.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Cd düzeyi en az yaz mevsiminde 0.021 µg/g, en fazla ise kış mevsiminde 0.059 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<ilkbahar<sonbahar<kış şeklinde olup, farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Cd düzeyi en az 4. istasyonda 0.04 µg/g, en fazla ise 3. istasyonda 0.09 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 4<1<2<3 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 5.10. Sediment örneklerindeki Cd düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	0.1005	0.0427	0.0695	0.0412	0.06±0.02
Yaz	0.0497	0.0559	0.0569	0.0119	0.04±0.02
Sonbahar	0.0502	0.0838	0.1012	0.1381	0.09±0.03
Kış	0.0223	0.1448	0.1415	ÖSA*	0.07±0.05
İ.ORT.±STD.	0.05±0.03	0.08±0.04	0.09±0.03	0.04±0.06	0.06±0.02

*ÖSA: Ölçüm Sınırının Altında

5.4.2. Krom (Cr)

Sediment örneklerinde Cr düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.11'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Cr düzeyi en az yazın 2. istasyonda 8.6078 µg/g, en fazla ise sonbaharda 4. istasyonda 17.8131 µg/g olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Cr düzeyi en az yaz mevsiminde 10.44 µg/g, en fazla ise sonbahar mevsiminde 16.14 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<kış<ilkbahar<sonbahar şeklinde olup, sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerle arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Cr düzeyi en az 3. istasyonda 12.61 µg/g, en fazla ise 4. istasyonda 14.23 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 3<1<2<4 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Çizelge 5.11. Sediment örneklerindeki Cr düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	12.3244	14.8086	11.7130	13.1680	13.003±1.34
Yaz	9.7445	8.6078	11.1299	12.3149	10.44±1.61
Sonbahar	15.9184	14.8271	16.0367	17.8131	16.14±1.23
Kış	12.63542	12.4096	11.5908	13.6423	12.56±0.84
İ.ORT.±STD.	12.65±2.53	12.66±2.93	12.61±2.29	14.23±2.44	13.03±1.62

5.4.3. Bakır (Cu)

Sediment örneklerinde Cu düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.12'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Cu düzeyi en az yazın 3. istasyonda 7.9788 µg/g, en fazla ise sonbaharda 1. istasyonda 14.2395µg/g olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Cu düzeyi en az yaz mevsiminde 9.61 µg/g, en fazla ise sonbahar mevsiminde 13.31 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<kış<ilkbahar<sonbahar şeklinde olup, sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinin diğer mevsimlerle aralarındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Cu düzeyi en az 4. istasyonda 10.604 µg/g, en fazla ise 1. istasyonda 12.47 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 4<3<2<1 şeklinde olup, 1. ve 2. istasyonların diğer istasyonlarla aralarındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 5.12. Sediment örneklerindeki Cu düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	13.8708	12.9071	11.3011	11.2313	12.32±1.28
Yaz	10.5153	10.9859	7.9788	8.9886	9.61±1.38
Sonbahar	14.2395	12.8389	13.332	12.8643	13.31±0.65
Kış	11.2547	11.6934	10.1835	9.3321	10.61±1.06
İ.ORT.±STD.	12.47±1.86	12.106±0.93	10.69±2.23	10.604±1.8	11.46±1.25

5.4.4. Demir (Fe)

Sediment örneklerinde Fe düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.13'te verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Fe düzeyi en az yazın 2. istasyonda 7819.273 µg/g, en fazla ise sonbaharda 3. istasyonda 15280.36 µg/g olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Fe düzeyi en az yaz mevsiminde 8217.84 µg/g, en fazla ise sonbahar mevsiminde 14369.21 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<kış<ilkbahar<sonbahar şeklinde olup, sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerle arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Fe düzeyi en az 2. istasyonda 10873 µg/g, en fazla ise 1. istasyonda 11120 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 2<4<3<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Çizelge 5.13. Sediment örneklerindeki Fe düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	12059.37	11084.07	10718.26	11603.58	11366.32±587.7
Yaz	8558.143	7819.273	8363.831	8130.112	8217.84±318.1
Sonbahar	14633.18	14814.88	15280.36	14369.21	14774.4±383.7
Kış	9230.292	9775.437	9982.876	9465.432	9613.5±332.3
İ.ORT.±STD.	11120±2790	10873±2950	11086±2964	10892±2724	10989.1±1846.4

5.4.5. Mangan (Mn)

Sediment örneklerinde Mn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.14'te verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Mn düzeyi en az ilkbaharda 3. istasyonda 171.3606 µg/g, en fazla ise ilkbaharda 1. istasyonda 349.4857 µg/g olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Mn düzeyi en az yaz mevsiminde 203.26 µg/g, en fazla ise kış mevsiminde 257.75 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<ilkbahar<sonbahar<kış şeklinde olup, sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerle arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Mn düzeyi en az 3. istasyonda 201.88 µg/g, en fazla ise 1. istasyonda 268.87 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 2<4<3<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 5.14. Sediment örneklerindeki Mn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	349.4857	182.8332	171.3606	184.8631	222.13±85.10
Yaz	209.0584	235.4927	172.3343	196.1727	203.26±26.32
Sonbahar	245.0497	206.1749	230.2562	293.1964	243.66±36.69
Kış	271.9236	334.8696	233.597	190.6241	257.75±61.20
İ.ORT.±STD.	268.87±59.59	239.84±66.91	201.88±34.71	216.21±51.52	231.7±24.78

5.4.6. Nikel (Ni)

Sediment örneklerinde Ni düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.15'te verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Ni düzeyi en az yazın 3. istasyonda 11.5597 µg/g, en fazla ise ilkbaharda 1. istasyonda 17.8951 µg/g olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Ni en az yaz mevsiminde 12.42 µg/g, en fazla ise sonbahar mevsiminde 16.14 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama yaz<kış<ilkbahar<sonbahar şeklinde olup, sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerle arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Ni düzeyi en az 4. istasyonda 14.035 µg/g, en fazla ise 1. istasyonda 15.092 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 4<2<3<1 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 5.15. Sediment örneklerindeki Ni düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	17.8951	13.9661	14.459	14.6825	15.25±1.788
Yaz	12.8821	13.3367	11.5597	11.9397	12.42±0.821
Sonbahar	14.7059	14.6021	18.0061	17.2826	16.14±1.752
Kış	14.8879	16.9861	15.192	12.2378	14.85±1.958
İ.ORT.±STD.	15.092±2.076	14.72±1.594	14.804±2.648	14.035±2.489	14.66±1.08

5.4.7. Kurşun (Pb)

Sediment örneklerinde Pb düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.16'da verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Pb düzeyi en az ilkbaharda 2. istasyonda 3.6482 µg/g, en fazla ise kışın 2. istasyonda 8.0164 µg/g olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Pb düzeyi en az ilkbahar mevsiminde 4.709 µg/g, en fazla ise sonbahar mevsiminde 6.57 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<yaz<sonbahar<kış şeklinde olup, sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerle arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Pb düzeyi en az 1. istasyonda 5.32 µg/g, en fazla ise 4. istasyonda 5.78 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 1<3<2<4 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 5.16. Sediment örneklerindeki Pb düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	5.8631	3.6482	3.8814	5.4461	4.709±1.108
Yaz	3.9469	6.8856	3.7883	5.9304	5.13±1.519
Sonbahar	5.384	4.094	7.7197	6.1386	5.83±1.514
Kış	6.1177	8.0164	6.5124	5.6354	6.57±1.028
İ.ORT.±STD.	5.32±0.969	5.66±2.125	5.47±1.957	5.78±0.307	5.55±0.55

5.4.8. Çinko (Zn)

Sediment örneklerinde Zn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımları Çizelge 5.17'de verilmiştir. Mevsim ve istasyonlara göre incelendiğinde, Zn düzeyi en az yaz 1. istasyonda 21.4862 µg/g, en fazla ise sonbahar 3. istasyonda 42.7523 µg/g olarak bulunmuştur.

İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasında Zn düzeyi en az ilkbahar mevsiminde 4.709 µg/g, en fazla ise sonbahar mevsiminde 5.83 µg/g olarak bulunmuştur. Mevsimler arası sıralama ilkbahar<yaz<kış<sonbahar şeklinde olup, sonbahar mevsiminin diğer mevsimlerle arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Mevsim farkı gözetmeksizin istasyonlar arasında Zn düzeyi en az 4. istasyonda 4.78 µg/g, en fazla ise 2. istasyonda 5.66 µg/g olduğu saptanmıştır. İstasyonlar arası sıralama 4<1<3<2 şeklinde olup, farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Çizelge 5.17. Sediment örneklerindeki Zn düzeylerinin mevsim ve istasyonlara göre dağılımı (µg/g k.a.)

	İSTASYON				
MEVSİM	**1**	**2**	**3**	**4**	**M.ORT±STD.**
İlkbahar	32.5209	37.2945	31.393	29.6016	32.7±3.288
Yaz	21.4862	24.9479	23.9951	23.9542	23.59±1.479
Sonbahar	27.7888	26.2509	42.7523	37.05	33.46±7.818
Kış	37.8418	41.6589	34.7544	26.3946	35.16±6.491
İ.ORT.±STD.	29.9±6.956	32.53±8.225	33.22±7.781	29.25±5.690	31.22±3.63

5.5. Balık Dokularında Tespit Edilen Ağır Metaller

5.5.1. *P. anatolicus*'un Kas, Karaciğer ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri

P. anatolicus örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ağır metallerinin ortalama değerleri istatistik değerlerle birlikte Çizelge 5.18.'de verilmiştir.

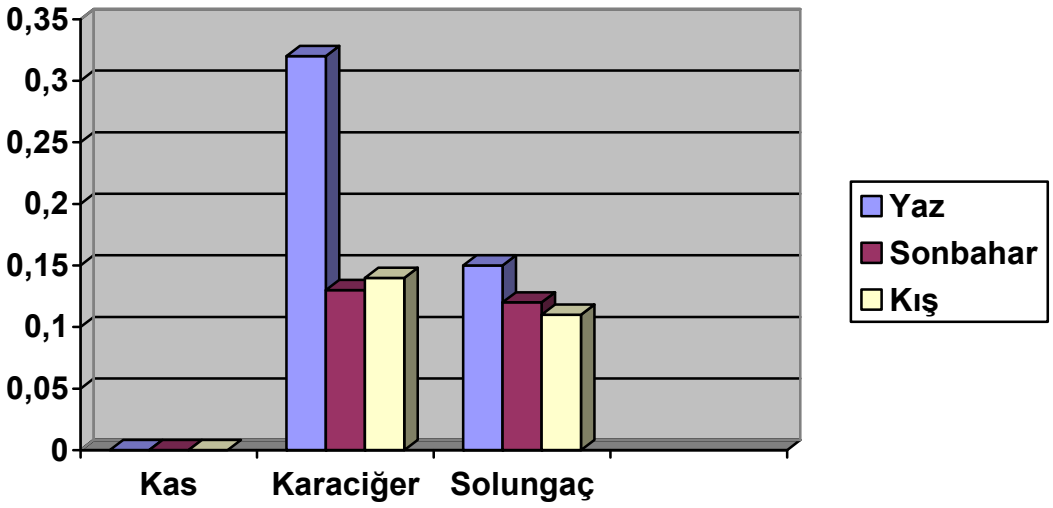
Cu, Fe, Mn ve Zn her mevsimde bütün dokularda, Cr ve Pb her mevsimde karaciğer ve solungaç dokularında tespit edilmiştir. Cd, Co ve Ni miktarları ölçülebilir sınır aralığının altında olması nedeniyle çizelgede bu metallere yer verilmemiştir. Genel olarak karaciğerdeki metal birikimi kas dokusu ve solungaca göre daha fazladır (Çizelge 5.18.)

Çizelge 5.18. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metal düzeyleri (μg/g y.a.)

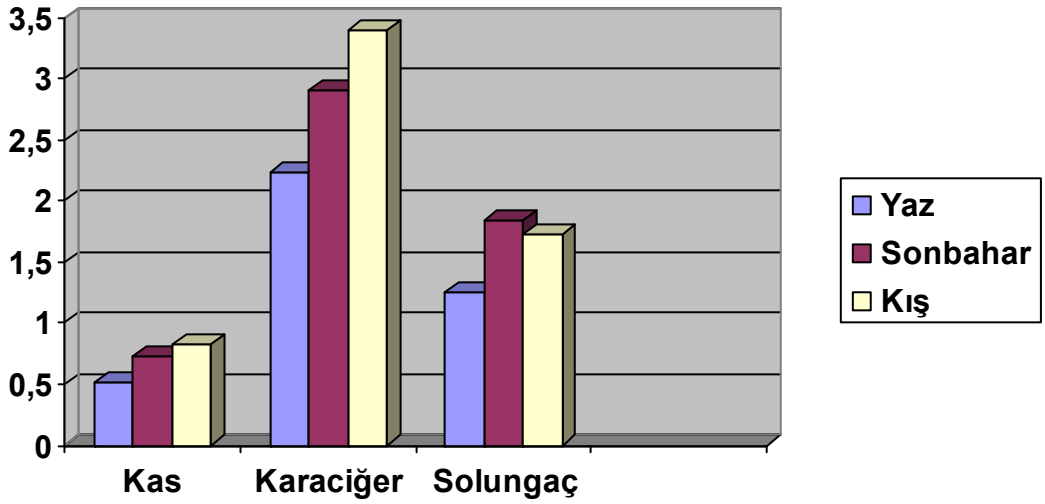
METAL	DOKU	YAZ	SONBAHAR	KIŞ
Cr	Kas	ÖSA*	ÖSA	ÖSA
	Karaciğer	$0.32\pm0.14^{a**}$	0.13 ± 0.07^{b}	0.14 ± 0.008^{c}
	Solungaç	0.15 ± 0.05^{a}	0.12 ± 0.01^{b}	0.11 ± 0.009^{c}
Cu	Kas	0.51 ± 0.16^{a}	0.73 ± 0.07^{b}	0.83 ± 0.05^{c}
	Karaciğer	2.24 ± 0.37^{a}	2.90 ± 0.38^{b}	3.39 ± 0.13^{c}
	Solungaç	1.25 ± 0.11^{a}	$1,84\pm0.22^{b}$	1.73 ± 0.12^{b}
Fe	Kas	4.04 ± 0.76^{a}	3.86 ± 0.44^{a}	3.28 ± 0.35^{b}
	Karaciğer	30.16 ± 1.77^{a}	32.73 ± 3.17^{b}	38.43 ± 2.13^{c}
	Solungaç	32.86 ± 3.68^{a}	26.72 ± 1.69^{b}	31.58 ± 1.54^{a}
Mn	Kas	0.18 ± 0.01^{a}	0.25 ± 0.06^{b}	0.14 ± 0.04^{c}
	Karaciğer	2.67 ± 0.26^{a}	2.50 ± 0.49^{a}	3.37 ± 0.31^{b}
	Solungaç	2.56 ± 0.33^{a}	2.85 ± 0.57^{a}	2.79 ± 0.26^{a}
Pb	Kas	ÖSA	ÖSA	ÖSA
	Karaciğer	0.23 ± 0.01^{a}	0.14 ± 0.02^{b}	0.12 ± 0.005^{b}
	Solungaç	0.22 ± 0.03^{a}	0.19 ± 0.02^{b}	0.17 ± 0.01^{b}
Zn	Kas	7.77 ± 1.66^{a}	9.88 ± 0.66^{b}	6.93 ± 0.24^{a}
	Karaciğer	44.14 ± 2.37^{a}	56.68 ± 4.56^{b}	33.39 ± 4.66^{c}
	Solungaç	54.76 ± 4.61^{a}	67.80 ± 9.69^{b}	39.89 ± 5.83^{c}

*ÖSA: Ölçüm Sınırının Altında

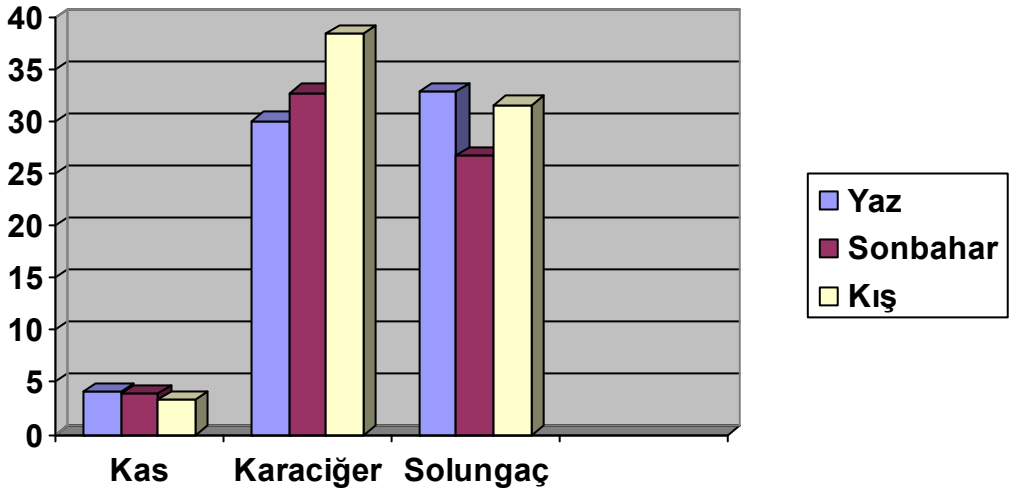
**Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.



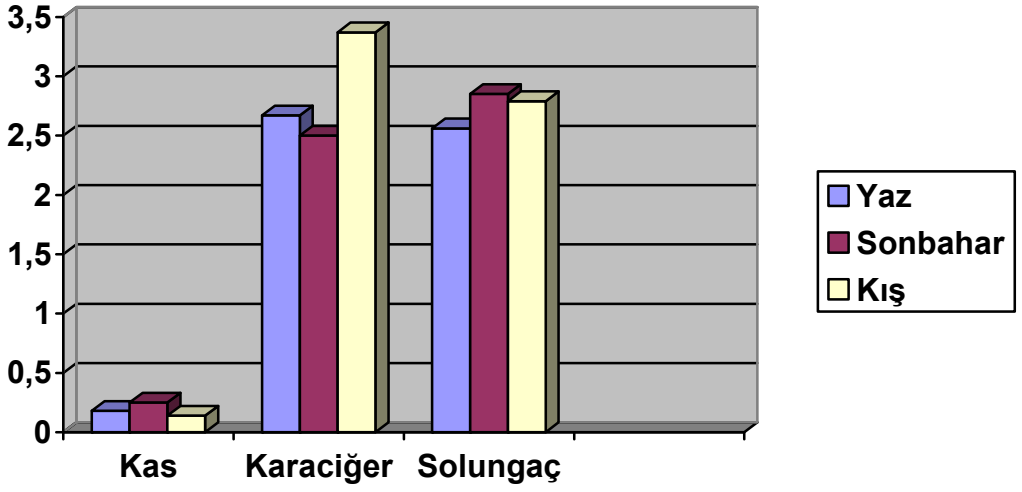
Şekil 5.1. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cr miktarı (µg/g y.a.)



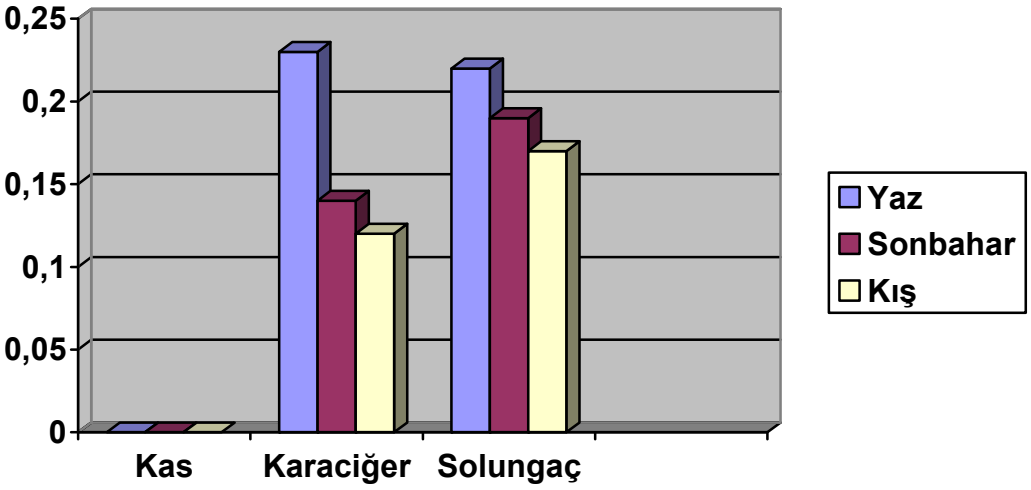
Şekil 5.2. *P.anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cu miktarı (µg/g y.a.)



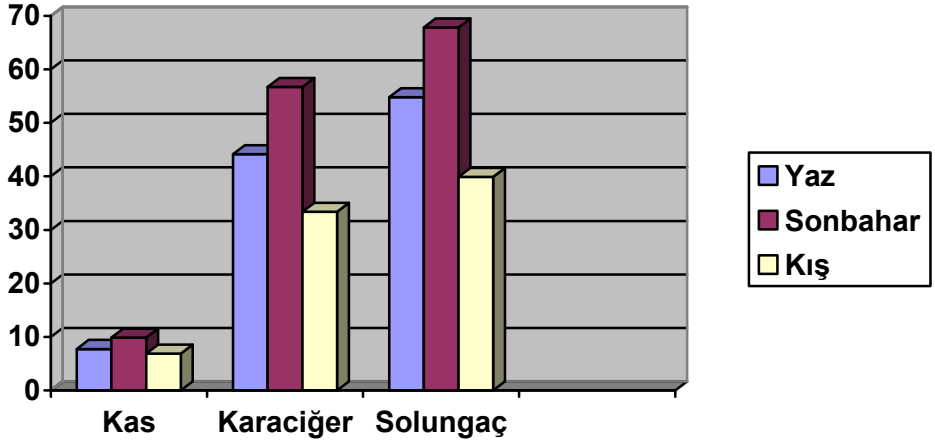
Şekil 5.3 *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Fe miktarı (µg/g y.a.)



Şekil 5.4. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Mn miktarı (µg/g y.a.)



Şekil 5.5. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Pb miktarı (µg/g y.a.)



Şekil 5.6. *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında Zn miktarı (µg/g y.a.)

2009 yılı yaz mevsiminde tespit edilen ortalama Cr miktarı karaciğerde 0.32 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.15 mg/kg'dır. Cr bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir. Ayrıca karaciğer ve solungaç dokusundaki Cr miktarı en yüksek

düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.1). Cu miktarı kas dokusunda 0.51 mg/kg, karaciğerde 2.24 mg/kg ve solungaç dokusunda 1.25 mg/kg'dır (Şekil 5.2). Fe miktarı kas dokusunda 4.04 mg/kg, karaciğerde 30.16 mg/kg ve solungaç dokusunda 32.86 mg/kg'dır (Şekil 5.3). Kas ve solungaç dokusunda Fe miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır. Mn miktarı kas dokusunda 0.18 mg/kg, karaciğerde 2.67 mg/kg ve solungaç dokusunda 2.56 mg/kg'dır (Şekil 5.4). Pb miktarı karaciğerde 0.23 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.22 mg/kg'dır. Pb bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir. Ayrıca karaciğer ve solungaç dokularında Pb en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.5). Zn miktarı kas dokusunda 7.77 mg/kg, karaciğerde 44.14 mg/kg ve solungaç dokusunda 54.76 mg/kg'dır. (Şekil 5.6).

2009 yılı sonbahar mevsiminde 2009 yaz mevsimine göre bazı metallerin miktarlarında artış görülürken bazı metallerin miktarlarında da azalma tespit edilmiştir. Cr miktarı karaciğerde 0.13 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.12 mg/kg'dır. Cr bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir. (Şekil 5.1). Cu miktarı kas dokusunda 0.73 mg/kg, karaciğerde 2.90 mg/kg ve solungaç dokusunda 1.84 mg/kg'dır. Solungaç dokusunda Cu miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.2). Fe miktarı kas dokusunda 3.86 mg/kg, karaciğerde 32.73 mg/kg ve solungaç dokusunda 26.72 mg/kg'dır (Şekil 5.3). Mn miktarı kas dokusunda 0.25 mg/kg, karaciğerde 2.50 mg/kg ve solungaç dokusunda 2.85 mg/kg'dır. Kas ve solungaç dokularında Mn en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır. (Şekil 5.4). Pb miktarı karaciğerde 0.14 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.19 mg/kg'dır. Pb bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.5). Zn miktarı kas dokusunda 9.88 mg/kg, karaciğerde 56.68 mg/kg ve solungaç dokusunda 67.80 mg/kg'dır. Kas, karaciğer ve solungaç dokularında Zn en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.6).

2009 yılı kış mevsiminde 2009 sonbahar mevsimine göre bazı metallerin miktarlarında artış görülürken, bazı metallerin miktarlarında azalma tespit edilmiştir. Cr miktarı karaciğerde 0.14 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.11 mg/kg'dır. Cr bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.1). Cu miktarı kas dokusunda 0.83 mg/kg, karaciğerde 3.39 mg/kg ve solungaç dokusunda 1.73 mg/kg'dır. Kas ve solungaç dokusunda Cu en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.2). Fe miktarı kas dokusunda 3.28 mg/kg, karaciğerde 38.43 mg/kg ve solungaç dokusunda

31.58 mg/kg'dır. Karaciğer dokusunda Fe miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.3) Mn miktarı kas dokusunda 0.14 mg/kg, karaciğerde 3.37 mg/kg ve solungaç dokusunda 2.79 mg/kg'dır. Karaciğer dokusunda Mn miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.4). Pb miktarı karaciğerde 0.12 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.17 mg/kg'dır. Pb bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.5). Zn miktarı kas dokusunda 6.93 mg/kg, karaciğerde 33.39 mg/kg ve solungaç dokusunda 39.89 mg/kg'dır (Şekil 5.6).

5.5.2. *C. Carpio*'nun Kas, Karaciğer ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri

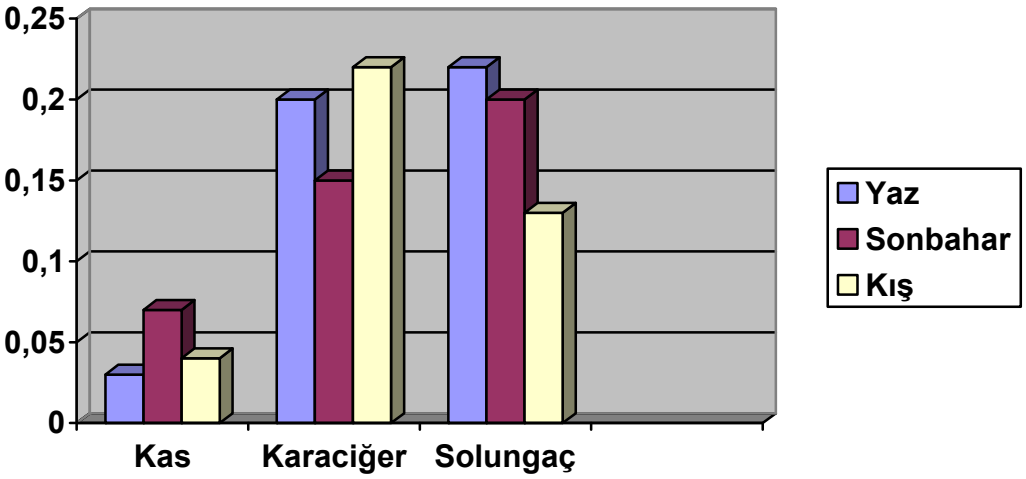
C. carpio örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ağır metallerinin ortalama değerleri Çizelge 5.18.'de verilmiştir. Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn her mevsimde bütün dokularda, Ni ve Pb her mevsimde karaciğer ve solungaç dokularında tespit edilmiştir. Cd ve Co miktarları ölçülebilir sınır değerlerinin altında tespit edildiğinden bu metallere çizelgede yer verilmemiştir. Genel olarak karaciğerdeki metal birikimi kas dokusu ve solungaca göre daha fazladır.

Çizelge 5.19. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metal düzeyleri (µg/g y.a.)

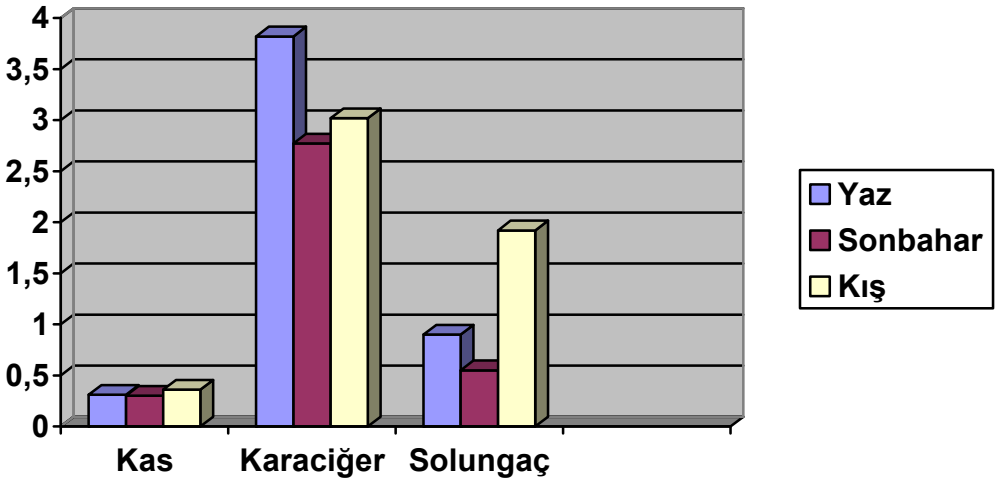
METAL	DOKU	YAZ	SONBAHAR	KIŞ
Cr	Kas	0.03±0.006^{a**}	0.07±0.006^{b}	0.04±0.003^{a}
	Karaciğer	0.20±0.06^{a}	0.15±0.05^{b}	0.22±0.02^{c}
	Solungaç	0.22±0.13^{a}	0.20±0.04^{ab}	0.13±0.01^{b}
Cu	Kas	0.31±0.09^{a}	0.30±0.06^{a}	0.36±0.02^{a}
	Karaciğer	3.82±1.04^{a}	2.77±0.36^{b}	3.02±0.14^{c}
	Solungaç	0.90±0.14^{a}	0.55±0.04^{b}	1.92±0.06^{c}
Fe	Kas	9.43±0.08^{a}	9.25±1.88^{a}	6.74±0.43^{b}
	Karaciğer	92.05±4.67^{a}	71.31±12^{b}	67.11±3.13^{c}
	Solungaç	62.15±1.82^{a}	61.43±5.08^{a}	55.10±1.55^{b}
Mn	Kas	0.22±0.08^{ab}	0.23±0.03^{a}	0.17±0.03^{b}
	Karaciğer	4.21±0.74^{ab}	5.20±1.01a	3.53±0.03^{b}
	Solungaç	5.53±0.86^{a}	5.01±0.66^{ab}	4.53±0.39^{b}
Ni	Kas	ÖSA *	ÖSA	ÖSA
	Karaciğer	0.08±0.01^{a}	0.07±0.02^{b}	0.04±0.008^{b}
	Solungaç	0.07±0.009^{a}	0.04±0.02^{b}	0.03±0.004^{b}
Pb	Kas	ÖSA	ÖSA	ÖSA
	Karaciğer	0.12±0.03^{a}	0.11±0.01^{b}	0.13±0.01^{b}
	Solungaç	0.11±0.02^{a}	0.10±0.02^{a}	0.12±0.01^{a}
Zn	Kas	11.58±1.01^{a}	9.83±1.78^{b}	10.87±0.56^{ab}
	Karaciğer	94.34±3.49^{a}	96.21±1.65^{b}	69.33±1.84^{c}
	Solungaç	89.06±3.03^{a}	92.81±2.79^{b}	98.41±2.65^{c}

*ÖSA: Ölçüm Sınırının Altında

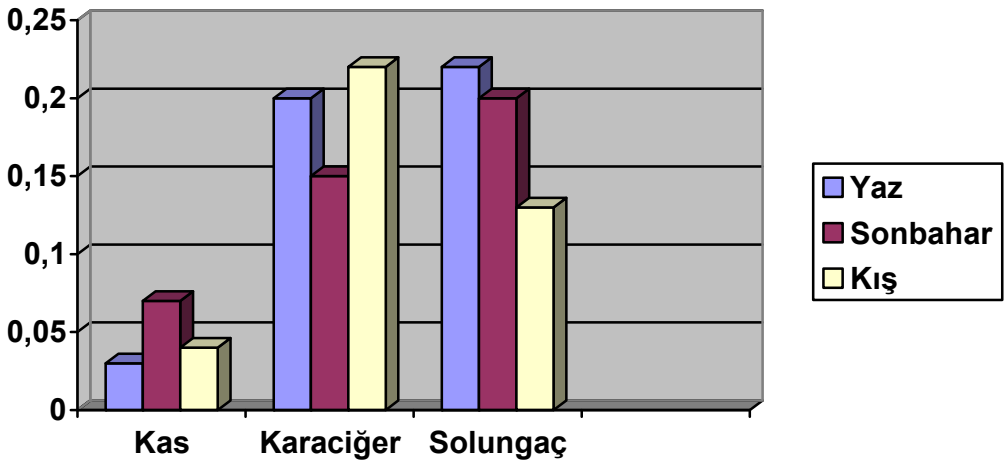
**Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.



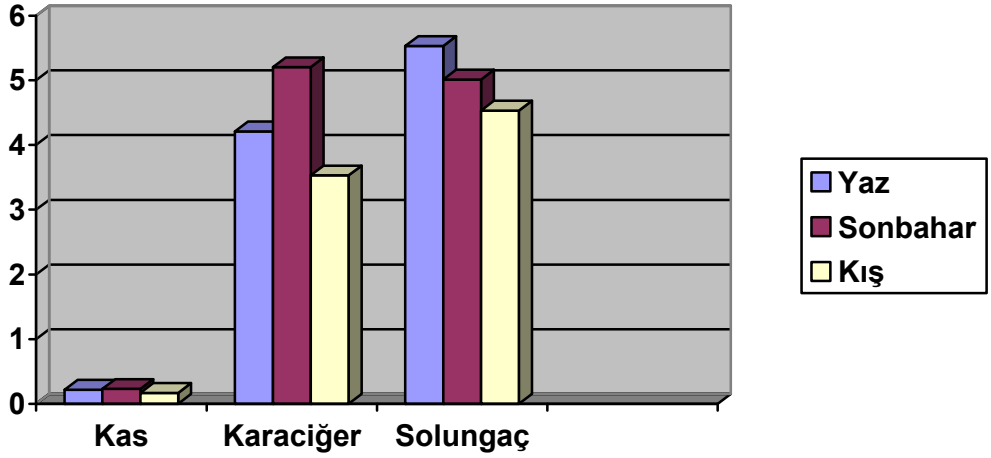
Şekil 5.7. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cr miktarı (µg/g y.a.)



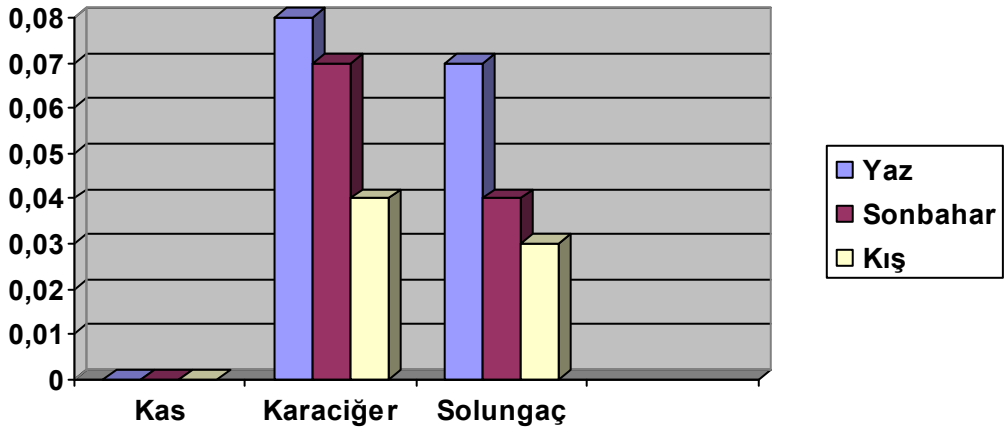
Şekil 5.8. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Cu miktarı (µg/g y.a.)



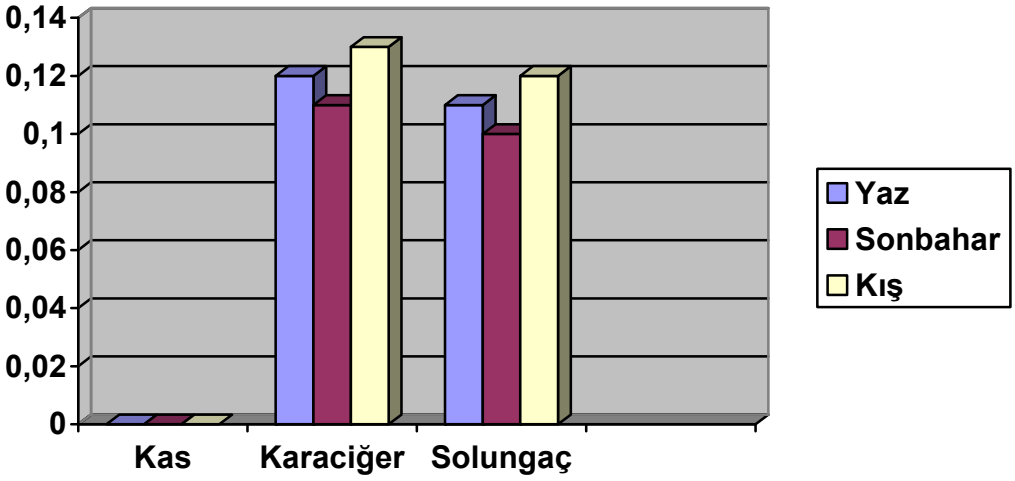
Şekil 5.9. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Fe miktarı (µg/g y.a.)



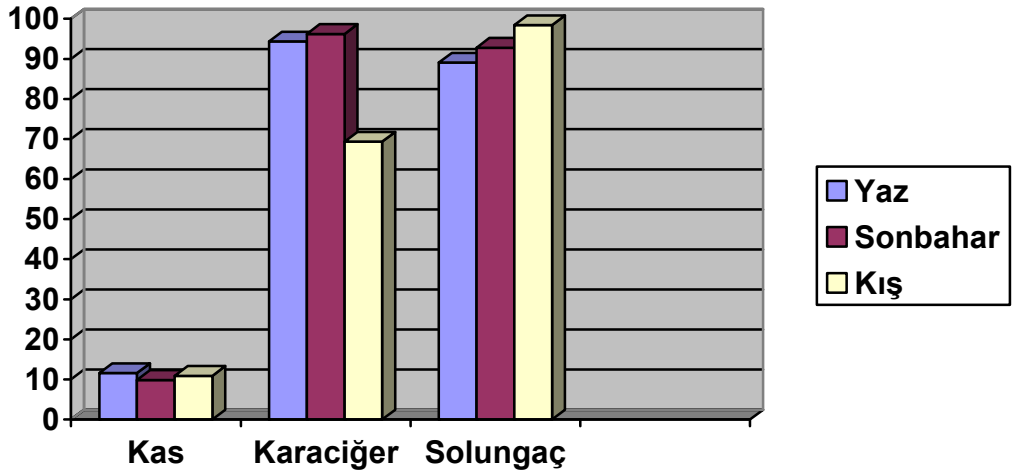
Şekil 5.10. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Mn miktarı (µg/g y.a.)



Şekil 5.11. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Ni miktarı (µg/g y.a.)



Şekil 5.12. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Pb miktarı (µg/g y.a.)



Şekil 5.13. *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularında Zn miktarı (µg/g y.a.)

2009 yılı yaz mevsiminde tespit edilen ortalama Cr miktarı kas dokusunda 0.03 mg/kg, karaciğerde 0.20 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.22 mg/kg'dır. Solungaç dokusundaki Cr miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.7). Cu miktarı kas dokusunda 0.31 mg/kg, karaciğerde 3.82 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.90 mg/kg'dır. Karaciğer dokusunda Cu miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.8). Fe miktarı kas dokusunda 9.43 mg/kg, karaciğerde 92.05 mg/kg ve solungaç dokusunda 62.15 mg/kg'dır. Kas, karaciğer ve solungaç dokusunda Fe miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.9). Mn miktarı kas dokusunda 0.22 mg/kg, karaciğerde 4.21 mg/kg ve solungaç dokusunda 5.53 mg/kg'dır. Solungaç dokusunda Mn miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.10). Ni miktarı karaciğerde 0.08 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.07 mg/kg'dır. Ni bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir. Ayrıca karaciğer ve solungaçta Ni en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.11). Pb miktarı karaciğerde 0.12 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.11 mg/kg'dır. Pb bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.12). Zn miktarı kas dokusunda 11.58 mg/kg, karaciğerde 94.34 mg/kg ve solungaç dokusunda 89.06 mg/kg'dır. Kas dokusunda Zn en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.13).

2009 yılı sonbahar mevsiminde 2009 yaz mevsimine göre bazı metallerin

miktarlarında artış görülürken bazı metallerin miktarlarında da azalma tespit edilmiştir. Cr miktarı kas dokusunda 0.07 mg/kg, karaciğerde 0.15 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.20 mg/kg'dır. Kas dokusunda Cr en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.7). Cu miktarı kas dokusunda 0.30 mg/kg, karaciğerde 2.77 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.55 mg/kg'dır (Şekil 5.8). Fe miktarı kas dokusunda 9.25 mg/kg, karaciğerde 71.31 mg/kg ve solungaç dokusunda 61.43 mg/kg'dır (Şekil 5.9). Mn miktarı kas dokusunda 0.23 mg/kg, karaciğerde 5.20 mg/kg ve solungaç dokusunda 5.01 mg/kg'dır. Kas ve karaciğer dokusunda Mn miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.10). Ni miktarı karaciğerde 0.07 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.04 mg/kg'dır. Ni bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.11). Pb miktarı karaciğerde 0.11 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.10 mg/kg'dır. Pb bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.12). Zn miktarı kas dokusunda 9.83 mg/kg, karaciğerde 96.21 mg/kg ve solungaç dokusunda 92.81 mg/kg'dır. Karaciğer dokusunda Zn miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.13).

2009 yılı kış mevsiminde 2009 sonbahar mevsimine göre bazı metallerin miktarlarında artış görülürken, bazı metallerin miktarlarında azalma tespit edilmiştir. Cr miktarı kas dokusunda 0.04 mg/kg, karaciğerde 0.22 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.13 mg/kg'dır. Karaciğerde Cr en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.7). Cu miktarı kas dokusunda 0.36 mg/kg, karaciğerde 3.02 mg/kg ve solungaç dokusunda 1.92 mg/kg'dır. Kas ve solungaç dokusunda Cu en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.8). Fe miktarı kas dokusunda 6.74 mg/kg, karaciğerde 67.11 mg/kg ve solungaç dokusunda 55.10 mg/kg'dır (Şekil 5.9) Mn miktarı kas dokusunda 0.17 mg/kg, karaciğerde 3.53 mg/kg ve solungaç dokusunda 4.53 mg/kg'dır (Şekil 5.10). Ni miktarı karaciğerde 0.04 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.03 mg/kg'dır. Ni bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.11). Pb miktarı karaciğerde 0.13 mg/kg ve solungaç dokusunda 0.12 mg/kg'dır. Karaciğer ve solungaç dokusunda Pb en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır. Ayrıca Pb bu mevsimde kas dokusunda tespit edilememiştir (Şekil 5.12). Zn miktarı kas dokusunda 10.87 mg/kg, karaciğerde 69.33 mg/kg ve solungaç dokusunda 98.41 mg/kg'dır. Solungaç dokusunda Zn miktarı en yüksek düzeye bu mevsimde ulaşmıştır (Şekil 5.13).

6. TARTIŞMA

Suğla Gölünde yapılan bu çalışmada göl suyu, sediment ve balık dokularında ağır metal birikimi belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda suda Cd ve Co hiçbir mevsimde tespit edilememiştir. Mn ilkbahar hariç tüm mevsimlerde belirlenirken Fe ve Zn ise bütün mevsimlerde tespit edilmiştir.

Suda yapılan ölçümlere göre Cr yaz mevsiminde (0.013 mg/l), Cu yaz mevsiminde (0.006 mg/l) Fe yaz mevsiminde (1.03 mg/l), Mn yaz mevsiminde (0.7 mg/l), Zn sonbahar mevsiminde (0.3 mg/l) en yüksek oranlarda tespit edilmiştir. Ayrıca suda en yüksek oranda tespit edilen metalin Fe olduğu belirlenmiştir.

Morel ve Hering, 1993; Kılıç ve Köseoğlu, (1996), yaptıkları bir çalışmada ağır metallerin sudaki konsantrasyonu ortamın pH değerinden etkilendiğini, ortamın asidik olması durumunda ağır metallerin daha çözünür durumda olacaklarından ortamda daha fazla tespit edildiklerini, suyun pH'ının bazik olduğu durumlarda ise metallerin birleştikleri iyonlardan ayrılmalarının zorlaştığını, çökerek sedimente geçtiğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada yapılan ölçümlerde suyun pH'ı 7.85-8.79 arasında ölçülmüştür. Bu pH aralığında metaller çözünür durumda olmadıklarından sudaki metaller ya çok az ya da hiç tespit edilememiştir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalar ile çalışmada elde ettiğimiz sonucçların birbirini desteklediğini göstermektedir.

Al-Saadi ve ark. (2002), Habbaniya Gölü (Irak)'nün suyunda en fazla biriken metalin Zn olduğunu belirterek bunu Cu, Pb, Ni, Mn ve Cd'un takip ettiğini bildirmişlerdir. Cd, Co, Hg, Mo ve Pb'un AAS'nin analiz limitinin altında olduğunu belirtmişlerdir. Odokuma ve Ijeomah (2003), New Calabar Nehri (Nijerya)'nin suyundaki ağır metal düzeylerinin yaz ve kış mevsimlerinde, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Özmen ve ark. (2004), Hazar Gölü'nün suyunda Zn, Fe, Mn, Ni, Cu ve Pb'u belirlemişlerdir. Mevsimsel olarak yaptıkları değerlendirmede en yüksek metal birikiminin ilkbahar mevsiminde olduğunu tespit etmişlerdir. Tekin-Özan ve ark. (2004a), Kovada Gölü'nün suyunda Fe, Zn ve Mn'ı belirlemişler, Cu, Cr, Pb ve Cd'un AAS'nin analiz limitinin altında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca en yüksek metal birikiminin yaz mevsiminde

olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da göl suyu içerisindeki ağır metal düzeylerinin yaz aylarında arttığı ve ilkbahar aylarında azaldığı belirlenmiştir. Bu durum daha önce yapılmış olan çalışmaların sonuçlarımızı desteklediğini göstermektedir. Yaz mevsiminde oluşan yoğun buharlaşmanın metal miktarlarındaki artışa sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ilkbahar aylarında bölgede oluşan yağış yoğunluğu ve eriyen kar sularının göle karışmasının suyu daha da derişik hale getirerek metallerin miktarlarında azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

Abdel-Baky ve arkadaşları (1998), Manzalah Gölü' nün 5 farklı istasyondan alarak analiz ettikleri su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarını; Zn>Pb>Cd>Cu şeklinde bulmuşlardır. Aynı araştırıcılar, çalışılan metal derişimlerinde istasyonlar arası önemli bir değişiklik olmamasına rağmen mevsimsel olarak önemli değişimler gösterdiğini bildirmişlerdir. *Liza ramada*, *Liza aurata*, *Mugil cephalus*, *Dicentrarchus labrax*, *Dicentrarchus punctata*, *Sparus auratus* ve *Therapon theraps* dokularında mg kg^{-1} yaş ağırlık olarak Zn (2.25-9.29)> Cu (0.026-0.305)> Cd (0.026-0.059) sıralamasıyla belirlemişlerdir. Su örneklerinde ise mg/l olarak bu sıralamayı Zn (0.06-0.995)>Cd (0.096-0.162)>Cu (0-0.22) olarak belirlemişlerdir.

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre su örneklerindeki Zn miktarı yine ilk sırayı alırken Cu, Pb ve Cd metallerinin derişimlerinde önemli değişiklikler olmuştur. Pb ve Cd metallerinin miktarı ölçüm limitinin altında kalırken Zn derişimi 0.3 mg/l, Cu miktarı 0.006 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Usero ve ark, (2003), Fe'in göl, nehir ve denizlerin sedimentinde bol miktarda bulunmasının sebebini yerküre kabuğunda en fazla bulunan metalin Fe olmasıyla açıklamışlardır. Özmen ve ark.(2004) Hazar Gölü'nün sedimentinde, Usero ve ark. (2003) Odiel Nehri (İspanya)'nin sedimentinde en fazla biriken metalin Fe olduğunu kaydetmişlerdir.

Bu çalışmada Co dışında tüm metaller sedimentte tespit edilmiştir. Sedimentte en yüksek düzeyde olan metalin Fe olduğu belirlenmiştir. Suğla Gölü'nde yapılan bu çalışmada sedimentte en yüksek düzeyde olan metalin Fe olması sonucuna dayanarak, elde edilen sonuçların genel olarak yukarıdaki literatürlerin sonuçlarıyla paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Singh ve ark. (2005), Hindistan'daki Ganges Nehri'nin kolu olan Gomti

Nehri'nden aldıkları su ve sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının dağılımını incelemişlerdir. 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 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 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 olarak saptamışlardır. Sedimentteki ağır metal konsantrasyonlarının nehir suyundakinden oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Hadring ve ark. (1978), bu durumun sediment partiküllerinin suda bulunan metalleri bünyesine çekmesiyle ve molekül ağırlığı yüksek metallerin dibe çökmesiyle ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. Manzalah 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).

Sediment ağır metallerin yoğun olarak birikim yaptığı yerdir. Suda tespit edilemeyen Cd ile birlikte çok nadir rastlanan Cr ve Pb metalleri bu çalışmada sediment örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durum daha önce yapılan çalışmalar ile çalışmada elde ettiğimiz sonuçların birbirini desteklediğini göstermektedir.

Al-Saadi ve ark. (2002), Habbaniya Gölü (Irak)'nün sedimentinde en fazla biriken metalin Mn olduğunu, bunu Ni, Zn, Pb, Cu ve Cd'un takip ettiğini belirtmişlerdir. Pb, Cu ve Cd'yu en yüksek ilkbahar mevsiminde tespit etmişlerdir. Suğla Gölü'nde yapılan bu çalışmada, Fe'den sonra en çok biriken metalin Mn (231,7 µg/g) olduğu belirlenmiştir.

Odokuma ve Ijeomah (2003), New Calabar Nehri (Nijerya)'nin sedimentindeki ağır metal miktarını belirlemişlerdir. Sedimentteki ağır metal konsantrasyonunun yaz ve kış mevsimlerinde, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, sediment örneklerinde belirlenen metallerin mevsimsel değişimlerine bakıldığında, Cu (13.31µg/g), Fe (14774.4µg/g) ve Ni (16.14 µg/g) metallerinin sonbahar mevsiminde, Cd (0.059µg/g), Cr (16.14µg/g), Mn (257.75 µg/g), Pb (5.55 µg/g) ve Zn (35,16 µg/g) metallerinin ise kış mevsiminde en yüksek düzeye ulaştığı görülmektedir. Bunun yanında metal oranlarında ilkbahar ve yaz mevsimlerinde bir düşüş yaşandığı tespit edilmiştir. Bu durum su içi bitkilerinin bu mevsimlerde gerekli olan metalleri sedimentten temin etmesi ve dolayısıyla sedimentte bulunan metallerin bir kısmının bitkilere geçişinden kaynaklanmış olabilir.

Zhou ve ark.(1998), sedimentte en az biriken metalin Cd olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Ni, Cr, Cu, Pb ve Zn'yu da çalışmalarında belirlemişlerdir. Baron ve ark.(1990), sedimentte bulunan organik maddelerin bileşiminde Cd'un düşük oranda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Suğla Gölü'nde yapılan bu çalışmada da sedimentte en az biriken metalin Cd olması bu araştırıcıların verilerini doğrulamaktadır.

Balıklar sucul ortamdaki besin zincirinin üst basamaklarında yer aldıklarından Pb, Cd, Cr, Hg, Zn ve Fe gibi ağır metalleri bünyelerinde biriktirirler. Bunun yanında suyun kimyasal özellikleri ile organik bileşikler, habitat seçimi, beslenme biçimi ve büyüme oranı gibi biyolojik faktörler de ağır metallerin balıklardaki birikimini etkiler (McFarlane ve Franzin, 1980; Campbell ve Stokes, 1985; Bradley ve Morris, 1986; Dallinger ve ark., 1987; Sprenger ve ark., 1988; Iivonen ve ark., 1992).

Suğla Gölü'nde yaşayan *C. carpio* ve *P. anatolicus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda her iki türde de Cu, Fe, Mn ve Zn her mevsimde bütün dokularda tespit edilmiştir. Cr *C. carpio'*da her mevsimde bütün dokularda, *P. anatolicus*'ta ise her mevsimde karaciğer ve solungaç dokularında tespit edilmiştir. Ni *C. carpio'*da her mevsim karaciğer ve solungaç dokularında tespit edilirken Yağ balığında tespit edilememiştir. Pb *C. carpio* ve *P. anatolicus*'ta her mevsimde karaciğer ve solungaç dokularında tespit edilmiştir. Cd ve Co iki balık türünde de tespit edilememiştir.

Canlı ve ark.(1998) Seyhan Nehri'nde yaşayan *C. carpio, Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*'un karaciğer ve solungacın kas dokusuna göre daha yüksek

miktarlarda metal biriktirdiğini, Canlı ve Atlı (2003) Karadeniz'de yaşayan bazı balık türlerinin karaciğerindeki metal düzeyinin kas dokusundaki düzeyinden daha fazla olduğunu, Küçükbay ve Örün (2003) Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan *C. carpio*'nun karaciğerinde Cu ve Zn metallerinin yüksek düzeyde biriktiğini, Canpolat ve Çalta (2003) Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta capoeta umbla*'nın deri ve kas dokusundaki Cu, Fe, Mn ve Zn miktarlarının karaciğer ve solungaçtakine göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Amundsen ve ark. (1997), Pasvik Nehri (Rusya)'nde yaşayan bazı balıkların karaciğer ve solungaçlarındaki metal konsantrasyonunun kas dokusuna göre daha yüksek olduğunu, Zyadah (1999), Manzalah Gölü (Mısır)'nde yaşayan *Tilapia zillii*'nin karaciğerindeki Cu, Zn, Cd ve Pb konsantrasyonlarının diğer organlardakine göre daha fazla olduğunu, Rashed (2001), Nasser Gölü (Mısır)'nde yaşayan *Tilapia nilotica*'da Cu ve Zn'nun en fazla karaciğerde, Mn'ın en fazla bağırsak ve midede, Co, Cr, Ni ve Sr'un ise en fazla pullarda biriktiğini, Alam ve ark. (2002), Kasumigaura Gölü (Japonya)'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'da metallerin en az kas dokusunda biriktiğini, Farkas ve ark. (2002), Balaton Gölü (Macaristan)'nde yaşayan *Abramis brama*'da Cd, Cu, Pb ve Zn'nun en fazla karaciğerde ve solungaçta, Hg'nın ise en fazla kas dokusunda biriktiğini, Usero ve ark. (2003), Odiel Nehri (İspanya)'nde yaşayan bazı balıklarda, karaciğerde en fazla biriken metalin Fe olduğunu belirtmişlerdir.

Suğla Gölü'nde yapılan bu çalışmada da her iki balık türünde genel olarak en fazla metal birikiminin karaciğerde olduğu, bunu sırasıyla solungaç ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir. *C. carpio*'nun karaciğerinde Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn metallerine rastlanılmıştır. Bu metallerden en az birikim yapan Ni olmuştur. *P. anatolicus'un* karaciğerinde ise Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn metallerine rastlanılmıştır. Burada en az rastlanan metaller ise Cr ve Pb olmuştur. Fe ve Zn metalleri mevsimlere bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte karaciğerde yüksek oranlarda biriktiği belirlenmiştir. Karaciğerin metabolizmada toksik arıtma merkez olması ve aktif bir organ olmasının ağır metal birikiminin bu organda daha yoğun oluşunda önemli bir etken olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, solungaç dokusundaki metal birikiminin karaciğere göre daha düşük olduğu görülmektedir. *C. carpio'*nun solungacında Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve

Zn, *P. anatolicus*'un solungacında ise Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn metalleri tespit edilmiştir. *C. carpio*'nun solungacında en fazla biriken metal Zn ve en az biriken metal Ni olarak belirlenmiştir. *P. anatolicus*'un solungacında ise en fazla birikim yapan metal Zn olurken en az birikim yapan metal ise Cr olarak tespit edilmiştir.

Solungaçtaki metal konsantrasyonunun yüksek olması solunum suyuyla alınan metallerin solungaçtaki mukuslara yapışmasından ve lameller arasında kalmasından kaynaklanmaktadır (Heath, 1987).

Bu çalışmada, kas dokusundaki metal birikiminin düşük olduğu belirlenmiştir. *C. carpio*'nun kas dokusunda Cr, Cu, Fe, Mn, Zn metalleri tespit edilmiştir. P. anatolicus'un kas dokusunda ise Cu, Fe, Mn ve Zn metallerine rastlanmıştır. *C. carpio*'nun kas dokusunda en fazla biriken metal Zn olurken, en az birikim yapan metal ise Cr olmuştur. P. *anatolicus*'un kas dokusunda ise en fazla birikim yapan metal Zn olurken, en az birikim yapan metal Mn olmuştur. Aktif bir organ olmamasından dolayı kas dokusunda ağır metal birikiminin düşük seviyelerde olduğu düşünülmektedir.

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 bulmuşladır. Ortalama birikim değerlerini, Aynalı Sazanda Fe 1.93, Zn 0.84, Cd 0.46 ve Sudakta ise Fe 1.85, Zn 0.54, Cd 0.49 µg/g (yaş ağırlık) olarak saptamışlardır.

Bu çalışmada *C. carpio* ve *P. anatolicus*'un yenilebilir kısımlarında Cd metalinin ölçülebilir sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Fe ve Zn metallerinin birikimleri ise sırasıyla Zn>Fe olarak belirlenmiştir. Ortalama birikim değerleri Sazan için Fe 8.47 µg/g y.a. ve Zn 10.76 µg/g y.a. iken Yağ balığında Fe 3.72 µg/g y.a. ve Zn 8.19 µg/g y.a. olarak belirlenmiştir.

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 *C. 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.

Suğla Gölü'nden alınan *C. carpio* ve *P. anatolicus* örnekleriyle yapılan bu çalışmada ortaya çıkan analiz verilerine göre, her iki balık türünde de genel olarak ağır metal birikiminin en yoğun olduğu organ karaciğer olarak tespit edilmiştir. Daha sonra karaciğer dokusunu sırasıyla solungaç ve kas dokuları izlemiştir.

Atatürk Baraj Gölü'nde yakaladıkları *Mastacembelus simack* türü üzerinde ağır metal birikimi ile ilgili çalışma yapmış olan Karadede ve arkadaşları (1997); Cu, Fe ve Zn' un en fazla karaciğerde biriktiğini, Zn' nin incelenen doku ve organlardaki birikim sıralamasının karaciğer, kas ve solungaç şeklinde olduğunu bildirmişlerdir.

Suğla Gölü'nde yapılan bu çalışmaya göre *C. carpio* ve *P. anatolicus* örneklerinde Cu ve Fe metallerinin en fazla karaciğerde, Zn metalinin ise her iki balık türünde de en fazla solungaç dokusunda biriktiği belirlenmiştir. Cu ve Fe için doku ve organlardaki metallerin birikim sırası her iki balık türü için de karaciğer>solungaç>kas şeklinde olurken, Zn için doku ve organlardaki metal birikim sırası solungaç>karaciğer>kas olarak belirlenmiştir.

Marcovecchio (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 dokularda tüm metal seviyelerinin düşük olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak yenilebilir dokularda belirlenen metal konsantrasyonlarının insan tüketimi için belirlenen uluslararası standartların altında olduğunu bildirmiştir.

Bu çalışmada yapılan analizler sonucunda *C. carpio* ve *P. anatolicus* dokularında Cd miktarının ölçülebilir sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Zn miktarının her iki balık türünde de karaciğerde en yüksek ve kas dokusunda en düşük seviyede olduğu, bunun yanında yenilebilir dokularda belirlenen metal derişimlerinin insan tüketimi açısından herhangi bir tehlike oluşturacak seviyede olmadığı belirlenmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanı olan Suğla Gölü'nde yapılan çalışmada belirlenen dört farklı istasyondan mevsimsel olarak alınan su örneklerinde ölçülen ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Cd; 0, Co; 0, Cr; 0.013, Cu; 0.006, Fe; 0.422, Mn; 0.039, Ni; 0.003, Pb; 0.0003 ve Zn; 0.021 olarak tespit edilmiştir. Suda en fazla biriken metalin Fe olduğu ve ayrıca birikimin en fazla yaz mevsiminde oluştuğu belirlenmiştir. Cd ve Co ölçüm aralığının altında olduğundan hiçbir mevsimde tespit edilememiştir. Cr ilkbahar mevsiminde 1, 2 ve 3. istasyonlarda, yaz mevsiminde 1 ve 2. istasyonlarda, sonbahar mevsiminde 1 ve 4. istasyonlarda, kış mevsiminde 2 ve 4. istasyonlarda ölçüm aralığının altında olduğundan tespit edilememiştir. Fe sonbahar mevsiminde 1. istasyon ile kış mevsiminde 2 ve 4. istasyonlarda ölçüm aralığının altında olduğundan tespit edilememiştir. Ni ilkbahar mevsiminde 1 ve 2. istasyonlarda, sonbahar mevsiminde 2 ve 4. istasyonlarda, kış mevsiminde 2 ve 3. istasyonlarda ölçüm aralığının altında olduğundan tespit edilememiştir. Pb ilkbahar mevsiminde 2, 3 ve 4. istasyonlarda, yaz mevsiminde 2 ve 4. istasyonlarda, sonbahar ve kış mevsimlerinde bütün istasyonlarda ölçüm aralığının altında olduğundan tespit edilememiştir. Ayrıca göl suyunda yapılan analiz sonucunda suyun pH'ının istasyon ve mevsimlere göre 7.85-8.79 aralığında değiştiği belirlenirken, bununla beraber çözünmüş oksijen miktarının da istasyon ve mevsimlere göre 8.25-11.86 aralığında değiştiği tespit edilmiştir.

Sedimentteki birikimin balık ve suya göre Zn hariç tüm metaller bakımından yüksek olduğu gözlenmiştir. Zn düzeyleri en fazla Sazanda bulunmuştur. Genel olarak birikim sıralaması su<balık<sediment şeklinde olmasına karşın Zn metalinde durumun su<sediment<balık şeklinde değiştiği tespit edilmiştir.

Suğla Gölü'nden örneklemesi yapılan *P. anatolicus*'ta Cd, Co ve Ni metalleri tüm mevsimlerde ve bütün dokularda ölçüm aralığının altında olduğu için tespit edilememiştir. Cr ve Pb metallerinin *P. anatolicus*'ta üç mevsimde de kas dokusunda ölçüm aralığının altında olduğu belirlenmiştir. Ağır metallerin en yüksek derişimleri Zn hariç *P. anatolicus*'un karaciğerinde, en düşük değeri ise kas dokusunda belirlenmiştir. *C. carpio* ve *P. anatolicus* dokularındaki metal konsantrasyonları

metalin cinsine, örnekleme yapıldığı mevsime ve dokuların farklılığına göre değişim göstermektedir. *C. carpio* örneklerinde Zn hariç en yüksek derişim karaciğer dokusunda olmuştur. Zn ise en yüksek düzeye solungaç dokusunda ulaşmıştır. Sazan örneklerinde Cd ve Co metalleri tüm mevsimlerde ve bütün dokularda ölçüm aralığının altında olduğunda için tespit edilememiştir. Ayrıca Ni ve Pb üç mevsimde de kas dokusunda tespit edilememiştir.

Bu çalışmada, karaciğerin metallerin en çok biriktiği organ olduğu tespit edilmiştir. *C. carpio* ve *P. anatolicus*'un karaciğerlerinde Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn metallerine rastlanılmıştır. Ayrıca *C. carpio*'da, *P. anatolicus*'tan farklı olarak Ni metaline de rastlanmıştır. Her iki türünde karaciğerinde Cd ve Co birikimine rastlanmamıştır. Fe ve Zn metallerinin mevsimlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği, bunun yanında karaciğerde yüksek oranlarda biriktiği tespit edilmiştir.

Ayrıca yapılan çalışmada, solungaçtaki metal birikiminin karaciğere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, her iki balık örneğinin solungacında da Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ve Mn metallerine rastlanmıştır. Her iki balık örneğinin solungacında en fazla biriken metalin Zn olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, bütün mevsimlerde en düşük metal birikiminin kas dokusunda olduğu belirlenmiştir. *P. anatolicus*'un kas dokusunda Cu, Fe, Mn ve Zn metallerine rastlanılırken *C. carpio*'nun kas dokusunda Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn metallerine rastlanılmıştır.

Suğla Gölü'nde yapılan bu çalışmaya göre, *P. anatolicus*'ta Cr, Cu, Fe, Mn, Pb metallerinin en yüksek düzeyleri karaciğerde tespit edilirken, Zn en yüksek düzeyde solungaç dokusunda tespit edilmiştir. *C. carpio*'da ise Cr, Cu, Fe, Ni ve Pb metallerinin en yüksek düzeyine karaciğerde ulaşılırken, Mn ve Zn metallerinin en yüksek düzeyine solungaç dokusunda ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, çalışma alanı olan Suğla Gölü'nden temin edilen ve bölgede besin olarak kullanılan Sazan (*C. carpio* Linneaus, 1758) ve Yağ balığı (*P. anatolicus* Hanko, 1924)'nın yenilebilir kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin EPA'ya göre kabul edilebilir limitlerin altında (Ek:1) olduğu ve tüketilmesinde herhangi bir sakınca görülmediği belirlenmiştir. Ayrıca göl suyunda tespit edilen ağır metal miktarları EPA'ya göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğundan (Ek:1) Suğla Gölü'nün suyunda ağır metal kirliliği tehlikeli düzeyde değildir. Göl civarında

endüstriyel atık kaynaklarının fazla bulunmaması ve bunun yanında göl çevresinde yoğun tarım faaliyetleri yapılması nedeniyle pestisitlerle ilgili çalışmaların yapılması ve ayrıca ağır metal birikiminin zamanla artabileceği göz önünde bulundurulduğunda bu tür çalışmaların devam ettirilerek gölün gözlem altında tutulması sulak alanların korunması ve sürdürülebilirliği açısından son derece önemlidir. Bu nedenle bundan sonra da gölde değişik alanlarla ilgili çalışmaların yapılmasında büyük faydalar olacağı görüşündeyiz.

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 Manzalah, I-Distribution of Some Heavy Metals in Water and Sediment, J. Egypt. Ger. Soc. Zool., 26(B): 25-38

Akköz, C., Yılmaz, B., 2009. The Determination of Some Pollution Parameters, Water Quality and Heavy Metal Concentrations of Suğla Lake (Seydişehir/ Konya). J. Int. Environmental Application and Science, vol.4(4):408-412.

Akköz, C., Yılmaz, B., 2009. Suğla Gölü (Seydişehir/Konya) Bentik Algleri Üzerine Araştırmalar. S.Ü.Fen Fak. Fen Dergisi.33, 51-59.

Alam, M.G.M., Tanaka, A., Allinson, G., Laurenson, L, J, B., Stagnitti, F., 2002. A Comparison of Trace Element Concentrations in Cultured and Wild Carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. Ecotoxicology and Environmental Safety. 53, 348-354.

Al-Saadi, H.A., Al-Lami, A, A., Hassan, F, A., Al-Dulymi, A, A., 2002. Heavy Metals in Water, Suspended Particles, Sediments and Aquatic Plants of Habbaniya Lake, Iraq. Intern. J. Environ. Studies. 59 (5), 589-598.

Amundsen, P., Staldvik, F, J., Lukin, A, A., Kashulin, N, A., Popova, O, A., 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, 211-224.

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.

Baron, J., Legret, M., Astruc, M., 1990. Study of Interactions Between Heavy Metals and Sewage Sludge: Determination of Stability Constants and Complexes Formed with Cu and Cd. Environ. Technol. 11, 151-162.

Beyazıt, 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.

Bradley, R, W., Morris, J, R., 1986. Heavy Metals in Fish from A Series of Metal-Contaminated Lakes Near Sudbury, Ontario. Water Air Soil Pollut. 27, 341-354.

Bryan, G., 1976. "Heavy metal contamination in the sea in: R.Johnston" Mar. Poll. Academic Press mc., London, 185-302.

Campbell, P, G, C., Stokes, P, M., 1985. Acidification and Toxicity of Metals to Aquatic Biota. Can. J. Fish Aquat. Sci. 42, 2034-2049.

Canlı, M., Ay, Ö., Kalay, M. 1998. Levels of Heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito, Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. Tr. J. of Zoology. 22, 149-157.

Canlı, M., Atli, G., 2003. The Relationships Between Heavy Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels and the Size of Six Mediterranean Fish Species. Environmental Pollution. 121, 129-136.

Canpolat, Ö., Çalta, M., 2003. Heavy Metals in Some Tissues and Organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) Fish Species in Relation to Body Size, Age, Sex and Seasons. Fre. Env. Bull. 12, 961-966.

Cataldo, D., Colombo, J.C., Boltovskoy, D., Bilos, C. and Landoni, 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.

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.

Çalta, M., Canpolat, Ö., Nacar, A. Elazığ Keban Baraj Gölü'nde yakalanan Capoeta trutta (Heckel, 1843)'da bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. IV. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum, 800-811, Haziran-2000.

Dallinger, R., Prosi, F., Senger, H., Back, H., 1987. Contaminated Food and Uptake of Heavy Metals by Fish (A Review and Proposal for Further Research). Oecologia (Berlin). 73, 91-98.

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., Göksu M. Z., And Özak, A. A.,2007. "Investigation of Heavy Metal Levels in Economically Important Fish Species Captured from the Tuzla lagoon" , *Food Chemistry*, 102: 415-421.

Erdik, E. ve Sarıkaya, Y., 2002. Temel Üniversite Kimyası. Gazi Yayınevi, 15.baskı, 389-394, Ankara.

Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A., 2002. Relation Between Growth and the Heavy Metal Concentrations in Organs of Bream *Abramis brama* L. Populating Lake Balaton. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 43, 236-243.

Goldschmidt, V. M., 1958."Geochemistry", *Oxford University Pres,* London, 730.

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., 161-192.

Göksu M.Z.L., Çevik, F., Fındık F. ve Ercan Sarıhan, 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

Görmez, K., 1997. "Çevre Sorunları ve Türkiye", *Gazi Kitabevi Yayınları,* 2. Baskı, Ankara, 17, 53-56.

Gray, N.F., 1996. Drinking Water Quality: Problems and Solutions. John Wiley & Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester, s 315, England.

Hadring, J, P., Whitton, B, A., 1978. Zinc, Cadmium and Lead in Water Sediments and Submerged Plants of the Derwent Reservoir, Northern England. Water Research. 12, 307-316.

Heath, A, G., 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRP Press Inc. 245 s. Florida.

Hem, J. D., 1985."Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Naturel Water", U.S. Geological Survey Water-Supply Paper *2254,* U.S. Geological Survey, Alexandria , 263.

Iivonen, P., Piepponen, S., Verta, M., 1992. Factors Affecting Trace-Metal Bioaccumulation in Finnish Headwater Lakes. Environ. Pollut. 78, 87-95.

Karadede H, Cengiz EI, Ünlü E. 1997. Investigation of heavy Metal Accumulation in *Mastacembelus simack* (Walbaum, 1792) from the Atatürk Dam Lake. IX. National Aquaculture Symposium. Isparta, Turkey, Volume I, 399 – 407.

Kargı, F., 1995. Çevre Mühendisliği'nde Biyoprosesler, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 2. Baskı. İzmir.

Kaya, S., Pirinçci, I. ve Bilgili, A., 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36.

Kaya, S., Pirinçci, I., Bilgili, A., 2002. "Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji", Medisan Yayınevi, Ankara, 212-221, 224-233, 235-239.

Kaynak, A.G. ve Taşdemir, 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.

Kılıç, E., Köseoglu, F., 1996. Analitik Kimya Temelleri. 7 Baskı. 1. Cilt. Bilim Yayıncılık Ltd. Sti.

Kirby, J., Marker, 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. Toxical. , 40:246-256.

Küçükbay, F, Z., Örün, İ., 2003. Copper and Zinc Accumulation in Tissues of the Freshwater Fish *Cyprinus carpio* L. 1758 Collected from the Karakaya Dam Lake, Malatya (Turkey). Fre. Env. Bull. 12 (1), 62-66.

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.

McFarlane, G, A., Franzin, W, G., 1980. An Examination of Cd, Cu and Hg Concentrations in Livers of Northern Pike, *Esox lucius* and White Sucker, *Catostomus commersoni*, from Five Lakes Near a Base Metal Smelter at Flin Flon, Manitoba. Can. Aquat. Sci. 37, 1573-1578.

Morel, F, M, M., Hering, J, G., 1993. Principles and Applications of Aquatic Chemistry. John Wiley and Sons. Inc.

Odokuma, L, O., Ijeomah, S, O., 2003. Seasonal Changes in the Heavy Metal Resistant Bacterial Population of the New Calabar River, Nigeria. Global Journal of Pure and Applied Sciences. 9 (4), 425-434.

Özdemir, H. İ., 1981. Genel Anorganik ve Teknik Kimya. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Özdilek, H.G., 2002. Distribution and Transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusets, Worcester Polytechnic Institute. PhD Thesis, s.242, USA.

Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A., Doğru, M. 2004. Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). Chemosphere. 55, 401-408.

Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D., Kalfakakou, V., 2004. Copper and Zinc in Four Freshwater Fish Species from Lake Pamvotis (Greece). Env. Int. 30, 357-362.

Rashed, M, N., 2001. Monitoring of Environmental Heavy Metals 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, 595-597.

Sawyer, C.N., Mccarty, P.L., Parkin, G.F., 1994. Chemistry for Environmental Engineering. Fourth Edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore.

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

Sprenger, M, D., McIntosch, A, W., Hoenig, S., 1988. Concentrations of Trace Elements in Yellow Perch (*Perca flavescens*) from Six Acidic Lakes. Water Air Soil Pollut. 37, 375-388.

Sunlu ve Egemen,Ö., 1997. İzmir Körfezi' nde Dağılım Gösteren Lipsoz (Scorpaena porcus L. 1758) Balığı' nda Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Akdeniz Balıkçılık Kongresi, 9-11 Nisan, İzmir.

Şengül, F., 1993. Çevre Kimyası. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.

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

Tekin-Özan, S., Kır, İ., Ayvaz, Y., 2004b. Kovada Gölü (Isparta) Kadife Balığı (Tinca tinca L., 1758)'nda Bazı Ağır Metal Birikiminin Mevsimsel Değişimi. XVII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Çukurova Üniversitesi, 21-24 Haziran 2004, Adana

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 Cadmiun, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 11 Rev. 1

Usero, J., Izquierdo, C., Morillo, J., Gracia, I., 2003. Heavy Metals in Fish (*Solea vulgaris, Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from Salt Marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. Environmental International. 1069, 1-8.

Ünlü, E. ve Gümgüm, B., 1993. Concentrations of Copper and Zinc in Fish and Sediments From the Tigris River in Turkey. Chemosphere. 26 (11), 2055-2061.

Ünsal, M., Bekiroglu, Y., Akdogan, S., Atac, U., Kayikci, Y., Alemdag, N., Ak, M., ve Yıldırım, C. 1993."Batı Karadenizde Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi." TUBITAK, Mersin, s.51.

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., Bilgili, A. ve Türel, İ., 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus krynicki*) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. Turk J Vet Anim Sci., 24: 93–96.

Yazkan, M., Özdemir, 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.

Zhou, H, Y., Cheung, R, Y, H., Chan, K, M., Wong, M, H., 1998. Metal Concentrations in Sediments and *Tilapia* Collected from Inland Waters of Hong Kong. Water Research. 11, 3331-3340.

Zyadah, M, A., 1999. Accumulation of Some Heavy Metals in *Tilapia zillii* Organs from Lake Manzalah, Egypt. Tr. J. of Zoology. 23, 365-372.

EKLER

EK:1 EPA (Environmental Protection Agency)' ya göre kabul edilebilir sınır değerleri (ANONYMOUS, 2005c).

	METALLER							
	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
BALIK (mg/kg)	1.4	27	4.1	54	410	190	27	410
SU (mg/l)	0.018	0.73	0.11	1.5	11	5.1	0.73	11