

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağlar TİMOÇİN

**İKİ FARKLI BALIK ÇİFTLİĞİNDEN ÖRNEKLENEN *Clarias gariepinus* ve
Cyprinus carpio'nun SOLUNGAÇ, KAS ve KARACİĞER DOKULARINDA
BAKIR, ÇİNKO, DEMİR, KROM, KURŞUN ve KADMİYUM DÜZEYLERİ**

BIYOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2008

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İKİ FARKLI BALIK ÇİFLİĞİNDEN ÖRNEKLENEN *Clarias gariepinus* ve
Cyprinus carpio'nun SOLUNGAÇ, KAS ve KARACİĞER DOKULARINDA
BAKIR, ÇİNKO, DEMİR, KROM, KURŞUN ve KADMİYUM DÜZEYLERİ**

**Çağlar TİMOÇİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**Bu Tez 25/09/2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oy Birliği /
Oy Çoğunluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza:.....
Prof. Dr. Cahit ERDEM
JÜRİ BAŞKANI

İmza:.....
Doç. Dr. Bedii CİCİK
ÜYE

İmza:.....
Yrd.Doç.Dr. Özcan AY
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Biyoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod no:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Tarafından
Desteklenmiştir.**

Proje No: FEF2006YL73

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

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İKİ FARKLI BALIK ÇİFTLİĞİNDEN ÖRNEKLENEN *Clarias gariepinus* ve
Cyprinus carpio'nun SOLUNGAÇ, KAS ve KARACİĞER
DOKULARINDA BAKIR, ÇİNKO, DEMİR, KROM, KURŞUN ve
KADMIYUM DÜZEYLERİ**

Çağlar TİMOÇİN
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Cahit ERDEM
Yıl : 2008, Sayfa: 35
Jüri : Prof. Dr. Cahit ERDEM
: Doç. Dr. Bedii CİCİK
: Yrd.Doç.Dr. Özcan AY

Bu araştırmada Adana ili Karataş ilçesi Tuzla beldesi ile Mersin ili Silifke ilçesi sınırları içerisinde yer alan su kaynakları farklı iki yetiştiricilik çiftliğinden örneklenen *Clarias gariepinus* ve *Cyprinus carpio* türlerinin karaciğer, kas ve solungaç dokularındaki Zn, Pb, Cu, Cr, Cd ve Fe düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma 2005 yılında belirlenen istasyonlarda Temmuz – Eylül ayları arasında örnekleme yapılarak yürütülmüştür. Doku ağır metal düzeylerinin belirlenmesinde spektrofotometrik yöntemler (ICP-AES) kullanılmıştır.

Metal düzeyleri bakımından dokular arasındaki ilişki her iki türde karaciğer > kas > solungaç şeklinde olurken, incelenen türler arasında ise *C.carpio* > *C.gariepinus* şeklinde olmuştur. Tuzla istasyonu örneklerinin karaciğer ve solungaç dokularında demir dışında incelenen metallerin Silifke istasyonu örneklerine oranla yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar belirlenen istasyonlarda kullanılan suların, anılan türler ve incelenen metaller dikkate alındığında, temiz olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *C.gariepinus*, *C. carpio*, Ağır Metal Birikimi, Karataş, Silifke.

ABSTRACT
MSc THESIS

**DETERMINATION OF COPPER, ZINC, IRON, CHROMIUM, LEAD and
CADMIUM LEVELS IN GILL, MUSCLE and LIVER TISSUES of *Clarias*
gariepinus and *Cyprinus carpio* SAMPLED from TWO DIFFERENT FISH
FARMS**

Çağlar TİMOÇİN
UNIVERSITY of ÇUKUROVA
INSTITUTE of NATURAL and APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT of BIOLOGY

Supervisor : Prof. Dr. Cahit ERDEM
Year : 2008, Page: 35
Jury : Prof. Dr. Cahit ERDEM
: Doç. Dr. Bedii CİCİK
: Yrd.Doç.Dr. Özcan AY

The aim of the present study was to determine the levels of Zn, Pb, Cu, Cr, Cd and Fe levels in liver, muscle and gill tissues of *Clarias gariepinus* and *Cyprinus carpio* sampled from two different fish farms in Tuzla (Adana) and Silifke (Mersin) having different water sources.

Samplings were carried out between July 2005 and September 2005. Spectrophotometric methods (ICP-AES) were applied in determination of heavy metal levels of the tissues studied.

The relationship in heavy metal levels among the tissues was liver > muscle > gill in both species and *C. carpio* > *C. gariepinus* among the species. The heavy metal levels of liver and gill tissues of Tuzla samples were higher than that of Silifke samples in all metals except iron.

Water sources of both stations can be regarded as clear considering the species, tissues and metals studied,

Key Words: *C. gariepinus*, *C. carpio*, Heavy Metal Levels, Karataş, Silifke.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof.Dr.Cahit ERDEM ve tezimin hazırlanmasında büyük emekleri bulunan hocalarım Doç.Dr.Bedii CİCİK ve Yrd.Doç.Dr. Özcan AY'a teşekkür ederim.

Başta Uğur KARADUMAN olmak üzere çalışma arkadaşlarım Mehmet Eren ÖZASLAN, Hülya DURMAZ, Yrd.Doç.Dr. Yusuf SEVGİLER'e çalışmalarım boyunca gösterdikleri destekten dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Gökhan KARACAOĞLAN, Doğan BOZDOĞAN ve Deniz Kadir TAKCIYA'da teşekkürlerimi borç bilirim.

Eğitimim süresince benden hiçbir maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Materyal	8
3.2. Yöntem	10
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	12
4.1. Bulgular	12
4.2. Tartışma	22
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	26
KAYNAKLAR	27
ÖZGEÇMİŞ	36

ÇİZELGELER DİZİNİ	SAYFA
Çizelge 3.1. Tuzla ve Silifke istasyonlarından örneklenen <i>C. gariepinus</i> ve <i>C. carpio</i> 'nun ortalama boy ve ağırlıkları	9
Çizelge 3.2. Tuzla ve Silifke istasyonlarındaki suların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	9

ŞEKİLLER DİZİNİ	SAYFA
Şekil 3.1 Örnekleme istasyonlarının haritası	8
Şekil 4.1. Tuzla istasyonunda <i>C.gariepinus</i> 'un kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	12
Şekil 4.2. Tuzla istasyonunda <i>C.carpio</i> 'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	13
Şekil 4.3. Silifke istasyonunda <i>C.gariepinus</i> 'un kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri(µg/g k.a.)	14
Şekil 4.4. Silifke istasyonunda <i>C.carpio</i> 'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	14
Şekil 4.5. Tuzla istasyonunda <i>C. gariepinus</i> ve <i>C.carpio</i> 'nun kas dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	15
Şekil 4.6. Tuzla istasyonunda <i>C. gariepinus</i> ve <i>C.carpio</i> 'nun karaciğer dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	15
Şekil 4.7. Tuzla istasyonunda <i>C. gariepinus</i> ve <i>C.carpio</i> 'nun solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	16
Şekil 4.8. Silifke istasyonunda <i>C. gariepinus</i> ve <i>C.carpio</i> 'nun kas dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	17
Şekil 4.9. Silifke istasyonunda <i>C. gariepinus</i> ve <i>C.carpio</i> 'nun karaciğer dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	17
Şekil 4.10. Silifke istasyonunda <i>C. gariepinus</i> ve <i>C.carpio</i> 'nun solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.)	18
Şekil 4.11. <i>C.gariepinus</i> 'un Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin kas dokularındaki metal düzeylerinin (µg/g k.a.) karşılaştırılması	19
Şekil 4.12. <i>C.gariepinus</i> 'un Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin karaciğer dokularındaki metal düzeylerinin (µg/g k.a.) karşılaştırılması	19
Şekil 4.13. <i>C.gariepinus</i> 'un Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin solungaç dokularındaki metal düzeylerinin (µg/g k.a.) karşılaştırılması	20

Şekil 4.14. <i>C.carpio</i> 'nun Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin kas dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g}$ k.a.) karşılaştırılması	20
Şekil 4.15. <i>C.carpio</i> 'nun Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin karaciğer dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g}$ k.a.) karşılaştırılması	21
Şekil 4.16. <i>C.carpio</i> 'nun Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin solungaç dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g}$ k.a.) karşılaştırılması	22

1.GİRİŞ

İç sular ve denizlere doğal yollara ek olarak temelde insan kaynaklı yüzlerce kirletici katılmaktadır. Bu kirleticilerden ağır metaller su canlıları tarafından doğrudan su ortamından absorbe edilerek ya da besin aracılığı ile alınarak özellikle metabolik aktivitenin yoğun olduğu organlarda depolanmaktadır. Su ortamlarına giren bu metaller, hoşgörüsü düşük olan türlerde doğrudan mortaliteye ya da habitat değişimine neden olurken, hoşgörüsü yüksek olan türlerde birikebilmekte ve derişimleri besin zincirinde birbirini izleyen basamaklarda giderek artarak biyolojik bozuklulara neden olmaktadır (Wong ve Wong, 2000).

Yoğunlukları 5g/cm³'den büyük olan elementlerin oluşturduğu bir grup olan ağır metallerin bir kısmının biyolojik işlevi olmasına (Cu, Zn, Fe, Cr) karşın bazılarının herhangi bir biyolojik işlevi olduğu saptanamamıştır (Pb, Cd). Doğal koşullarda düşük derişimlerde bulunan ağır metallerin su ortamındaki derişimleri, insan nüfusundaki artış, pestisid ve gübre kullanımı gibi tarımsal, boya, cam sanayileri gibi endüstriyel aktiviteler ve kentleşme gibi temelde antropojenik faktörlerin etkisi altında toksik düzeylere ulaşabilmektedir (Grobler ve ark., 1989).

Su organizmalarında ağır metal birikimi türe (Douben, 1989), metale (Nicholson ve Szefer, 2003), organizmanın biyolojik özelliklerine (Douben 1989, Liang ve ark., 2004) ve ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine (Erdem 1990, Licata ve ark., 2004) bağlı olarak değişim gösterir.

Bakır (Cu) doğada çok yaygın olarak bulunan ve organizmalar için eser miktarlarda gereksinim duyulan bir elementtir. Sulardaki doğal derişimi ≤ 5 $\mu\text{g/L}$ olmasına karşın çeşitli alanlardaki yaygın kullanımı sonucu bu derişimin çok üzerine çıkabilmektedir. Bakırın toksisitesi çözünebilir formları ile ilişkişli olup, bunlar Cu^{2+} ve $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 'dir. Omurgalı hayvanlarda kemik oluşumu, kalbin gelişimi, omuriliğin miyelinleşmesi ve doku pigmentasyonunda işlev yaparken (Cousins, 1985), süperoksit dismutaz, askorbik asit oksidaz, sitokrom oksidaz ve monoamin oksidaz gibi çeşitli enzimler aktivite için prostetik grup olarak bakır içermektedirler (Berman, 1980; Torres ve ark., 1987). Ancak günümüzde endüstride ve tarımdaki yaygın kullanımı, su ortamlarında bakır derişiminin istenilmeyen düzeylere çıkmasına neden

olmuştur. İnsanların bakır diğer metallere oranla daha iyi regüle edebilmelerine karşın, yüksek miktarlarda alınan bakır önemli sağlık problemlerine yol açabilmektedir.

Çinko da bakır gibi düşük derişimlerde çeşitli biyokimyasal olaylarda işlev yapan enzimlerin sentezini katalizler. Ancak doku derişiminin artması organizmada yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olmaktadır (Tort ve Torres, 1988).

Krom (Cr) doğal sularda derişimi düşük olan ($1-2 \mu\text{g L}^{-1}$) ve organizmalar tarafından gereksinim duyulan bir element olup, eksikliği kalp sorunları, metabolizma aksaklıkları ve diyabete neden olurken fazla krom alımı deri döküntüleri gibi sağlık sorunlarına neden olabilir. Krom'un Cr^{+2} , Cr^{+3} , Cr^{+5} ve Cr^{+6} değerliklerinde olmasına karşın, su organizmalarında toksik etki yapan formu biyolojik membranlardan geçebilen hexavalent formudur (Avenant-Oldewage ve Marx, 2000). Krom özellikle çelik ve tekstil endüstrisinde çalışan insanların sağlığı için bir tehlike oluşturmakta olup, sigara içen kişilerde yüksek düzeyde krom birikebileceği belirtilmektedir. (Mertz, 1997).

Demir, kanın oksijen taşıyan bileşeni olan hemoglobinin bir parçasıdır. Demir ayrıca kasın oksijen depolamasına yardımcı olan myoglobin ve antioksidant bir enzim olan katalazın yapısına girer. Demirin kendisi antioksidant değildir ve çok fazla demir oksidatif zarara yol açar. Demir taban sularında toksik olan ferro (Fe^{+2}) bileşikleri formunda bulunur. Demir çözülmüş oksijenle kolaylıkla nötral veya buna yakın asidik ortamda ferri forma dönüştürülür. Demir deniz ürünlerinde ve kırmızı ette bulunmaktadır. Bunların tüketilmesi insanın günlük demir ihtiyacını karşılar. Vejeteryanlarda, vejeteryan olmayanlara oranla önemli oranda demir eksikliği görülmektedir. Demirin yetişkin bir insan için gereken dozu günde 10 mg'dır. Aşırı dozda demir alımı öldürücü olabilir. Hemochromatosis, hemosidenosis ve polycythemia'ya yol açabilir (Grobler ve ark, 1989). Demir *C.gariepinus*'da bioakkümüasyonu en yüksek düzeyde olan bir metal olup, metalin biyokonsantasyon düzeyi karaciğer > kas > serum olarak belirtilmektedir (Adham ve ark., 1999).

Bu araştırmada çalışılan elementlerden kadmiyum'un (Cd) herhangi bir biyolojik işlevi olmayıp, çok düşük derişimlerde biyolojik sistemler için toksik etkili

bir ağır metaldir (Almeida ve ark., 2001). Kadmiyum yer kabuğunda çinko ile birlikte bulunur. Endüstride çinko, kurşun ve bakır ekstraksiyonunun kaçınılmaz yan ürünü olan kadmiyum gübre ve pestisitlerle de su ortamına girmektedir. Boya, plastik ve gübre sanayi gibi çeşitli endüstriyel alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sastri ve Subhadra, 1985). Belirli derişimlerden sonra özellikle metabolik aktif organlarda birikmekte (Erdem, 1990; Melgar ve ark., 1997), histopatolojik değişimlerin yanı sıra enzim aktivitelerini etkileyerek protein ve karbohidrat metabolizmasında bozukluklar oluşturmaktadır (Hontela ve ark., 1996). Düşük derişimlerde, duyarlı canlı türlerinde üremenin durmasına ve gelişimin yavaşlamasına neden olurken, yüksek derişimlerde mortaliteye neden olmaktadır (Eisler, 1985).

Kadmiyum gibi kurşunun (Pb) da biyolojik bir işlevi olmayıp, doğrudan ya da besin zinciri aracılığıyla alınması durumunda toksik etkilidir. Organizmalarda derişimlerinin artmasının toksik, mutajenik ve karsinojenik etkilere neden olduğu saptanmıştır (Eisler, 1985; Ruparelia ve ark., 1989). Yüksek dozları insanlarda zeka geriliği, öğrenme bozuklukları ve koordinasyon bozukluklarına yol açar (Klaassen, 1992), ek olarak anemi ve enzim aktivitelerinde değişim gibi çeşitli bozukluklara da yol açabilmektedir (Suresh ve ark., 1993).

Balıklarda ağır metaller solungaçlar, besin ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon şeklinde alınırlar. Solungaçlar su ile doğrudan ilişkide olduklarından, ortamdaki ağır metal gibi kirleticilerin hedef organıdır. Ağır metaller solungaçların sekonder lamellerinde yapısal bozuklara neden olduğu gibi metal etkisinde artan mukus salgısı nedeniyle oksijen değişimde azalmaya neden olmaktadır. Bu durum ağır metal etkisinde ATP düzeyinde azalma ve laktat düzeyinde artma şeklinde kendisini gösteren anaerobik metabolizmaya geçişin bir göstergesidir (Arumugam ve Ravidranath, 1987, Tort ve ark., 1987, Cicik, 1995).

Balık ve çeşitli omurgasız hayvanlarla yapılan araştırmalar ağır metallerin karaciğer ve böbrek gibi metabolik aktif organlarında yüksek düzeylerde biriktiğini göstermiştir (Gagne ve ark., 1990; Tulasi ve ark., 1992). Karaciğerin besin maddelerinin dönüşümünde, glikojenin depolanmasında ve ağır metallerin

regülasyonunda önemli işlevi vardır (Miklovics ve ark., 1985; Bradley ve Morris, 1986; Heath, 1995). Karaciğerde sentezlenen düşük molekül ağırlıklı ve sisteince zengin olan metallothionein'ler (MT) ve sistein bakımından zengin bir tripeptid olan glutatyon, ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin giderilmesinde işlev yaparlar (Hodson, 1988; Chan ve Cherian, 1992).

Balıklarda ve bazı su omurgasızlarında kas dokusu ağır metal bağlamada etkin bir doku değildir. Ancak bu dokuda biriken metalin besin zinciri yolu ile insana değin ulaşabilmesi nedeniyle üzerinde oldukça fazla araştırma yapılmıştır (El Nabawi ve ark., 1987; Miller ve ark., 1992).

Seçilen istasyonlardan birincisi Mersin'in Silifke ilçesi yakınlarında yer alan bir yetiştirme çiftliğidir. Suyunu 11 artezyen kuyusundan sağlayan bu istasyonun çevresinde tarımsal faaliyetler yok denecek azdır. Yetiştirme havuzlarında, çalışılacak iki balık türüne ek olarak havuzlarında *Anguilla anguilla* ve *Mugil cephalus* türleri de bulunmaktadır. Adana'nın Karataş beldesinde Tuzla'da yer alan ikinci istasyonda havuzların suyu drenaj kanallarından gelen sularla sağlanmaktadır. Bölgede tarım ve bahçecilik yaygın olup yoğun tarımsal gübre ve pestisid kullanımı vardır.

Çalışılacak olan *C. carpio*, ve *C. gariepinus* türlerinin bölgede yaygın olarak bulunması, insanlar tarafından besin olarak tüketilmesi, ekonomik önemlerinin bulunması ve bölgede tarımın ve sanayi tesislerinin yaygın olması nedenleri ile, bu araştırmada, biri suyunu artezyenden sağlayan, diğeri ise drenaj kanallarından alan iki istasyondan alınacak örneklerin solungaç, karaciğer ve kas dokularındaki Cu, Zn, Fe, Cr, Pb ve Cd düzeylerinin saptanması amaçlanmıştır.

Çalışma, bölge iç sularındaki ağır metal kirlilik düzeyini yansıtması ve insan sağlığı üzerine yapabileceği potansiyel olumsuz etkilerin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Günümüzde endüstriyel ve tarımsal üretimin artırılması amacıyla kullanılan suların genelde işlem görmeden doğaya salınması su ortamlarındaki kirleticilerin derişimlerini artırmaktadır. Kirleticilerin derişimlerindeki bu artış akuatik yaşamı ve bu bağlamda balıkları olumsuz yönde etkilemektedir (Dautremepuits ve ark., 2002).

En belirgin kirleticiler arasında yer alan ağır metallerin su ortamından organizmalar tarafından alınması, besin ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon yolu ile olmakta ve dokulardaki birikim alımın yollarına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Onchorhynchus mykiss'de farklı süre ve derişimlerde kadmiyum ortam ve besin aracılığı ile etkisinin incelendiği araştırmalarda dokulardaki metal birikiminin alımın yoluna bağlı olarak değiştiği, besin aracılığı ile etkide en fazla birikim bağırsaklarda, ortam aracılığı ile etkide böbreklerde olmuştur (Kumada ve ark., 1980; Farag ve ark., 1994).

Doğrudan ortamla ilişkili ve lameller yapıları nedeniyle geniş bir yüzeye sahip olan solungaçlar, metal alımında en belirgin kaynağı oluştururlar (Hodson, 1988). Karaciğer ve böbrek gibi metabolik bakımdan aktif dokularda yüksek derişimlerde biriken ağır metaller taşıma kapasitesinin aşılması durumunda dolaşım sistemi aracılığıyla diğer dokulara taşınarak depolanmaktadır. (Elliot ve ark., 1986; Flos ve ark., 1987; Pelgrom ve ark., 1995; Melgar ve ark., 1997).

Tinca tinca'nın dokularındaki ağır metal birikiminin diğer türlere oranla yüksek düzeyde olduğu, bunun anılan türün dipten beslenme alışkanlığından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Shah ve Altındağ, 2004).

Leiostomus xanthurus (Hawkins ve ark., 1980)'da kadmiyum'un 48 saat süreyle etkisinde birikim bakımından dokular arasındaki ilişki karaciğer, bağırsak, böbrek ve solungaç şeklinde saptanmıştır. Bağırsaktaki birikimin böbrek ve solungaç gibi metabolik bakımından aktif dokulara oranla yüksek olması türün deniz balığı olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Balıklarda ağır metal toksisitesi, çözülmüş oksijen derişimi, sıcaklık, pH, sertlik, alkalinite, tuzluluk ve suda bulunan diğer metaller gibi çevresel faktörlere bağılı olarak değişim gösterir. Çevresel faktörler metalin sudaki formu belirlediğinden, balıklar tarafından alınımını etkileyerek türlerin ağır metal hoşgörüsünü artırıp ya da azaltabilirler (Witeska ve Jezierska, 2003).

Çözülmüş oksijen derişimindeki düşme balıklarda ağır metal toksisitesine karşı duyarlılığı artırıp, LC₅₀ değerlerinde düşmeye neden olur. *Fundulus heteroclitus*'da çözülmüş oksijen derişimi 4 ppm'den düşük ortamlarda Cd etkisinin mortaliteyi artırdığı saptanmıştır (Voyer ve ark., 1975). Bu artışın hipoksik koşulların solunum oranını artırarak solungaç epitelinin toksik maddeyle ilişkisini kolaylaştırmasından kaynaklanacağı belirtilmiştir.

Doğal ortamlarda balıklardaki ağır metal toksisitesi sıcaklığa bağılı mevsimsel değişim gösterir. *Anguilla japonica*'da kadmiyum (Yang ve Chen, 1996), *O.mykiss*'de çinko (Sprague, 1964), *C.carpio*'da bakır ve kurşun (Lugowska ve Jezierska, 2000) etkilerinin su sıcaklığındaki artışa paralel olarak mortalite oranını artırdığı saptanmıştır.

Su organizmalarında ağır metal toksisitesi suyun asiditesi ile doğrudan ilişkili olup, özellikle aliminyum için düşük pH'ın metalin sedimentten ayrılarak ortamdaki kullanılabilirliğini ve balıklardaki toksisitesini artırdığı belirtilmiştir (Witeska ve Jezierska, 2003).

Ağır metallerin balıkların dokularındaki birikimi ile yaşamsal olaylar üzerine etkisi türe, türün gelişme evresine, beslenme şekline, büyüklüğe, metale, ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağılı olarak değişim gösterir (Hilmy ve ark., 1987).

Yedi farklı tatlı su balığı türünde kadmiyumun 12 ppb'lik ortam derişiminnin 60 gün süreyle embriyo ve larvalar üzerine etkileri embriyonal gelişmede yavaşlamaya neden olurken, larvalarda %100 mortaliteye neden olmuştur (Eaton ve ark., 1978).

F.heteroclitus'da Cu, Zn ve Cd karışımının 48 saat süreli etkisinde deney süresinden önce ölen balıkların dokularındaki metal birikiminin belirlenen süre

sonunda deneyden çıkartılan balıklardakinden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Eisler ve Gardner, 1973).

Balıklarda ağır metal birikimi dokulara bağlı değişim göstermekte olup Nil ve delta göllerinden örneklenen *Clarias lazera* ile yapılan bir araştırmada karaciğer, kas ve serumunda bakır (Cu), krom (Cr), çinko (Zn), cıva (Hg) ve Demir (Fe) düzeyleri incelenerek en yüksek düzeyin karaciğerde olduğu belirlenmiştir (Adham ve ark., 1999).

Farag ve ark. (2006)'larının *Oncorhynchus tshawytscha* ile yaptıkları bir araştırmada kromun böbrekler için hedef organ olduğunu, çoğu fizyolojik bozuklukların $\geq 120\mu\text{g Cr L}^{-1}$ de ortaya çıktığını, $24\mu\text{g Cr L}^{-1}$ etkisinin ise böbrek tübül hücrelerinin çekirdek DNA'larında bozulmalara neden olduğunu belirlemişlerdir.

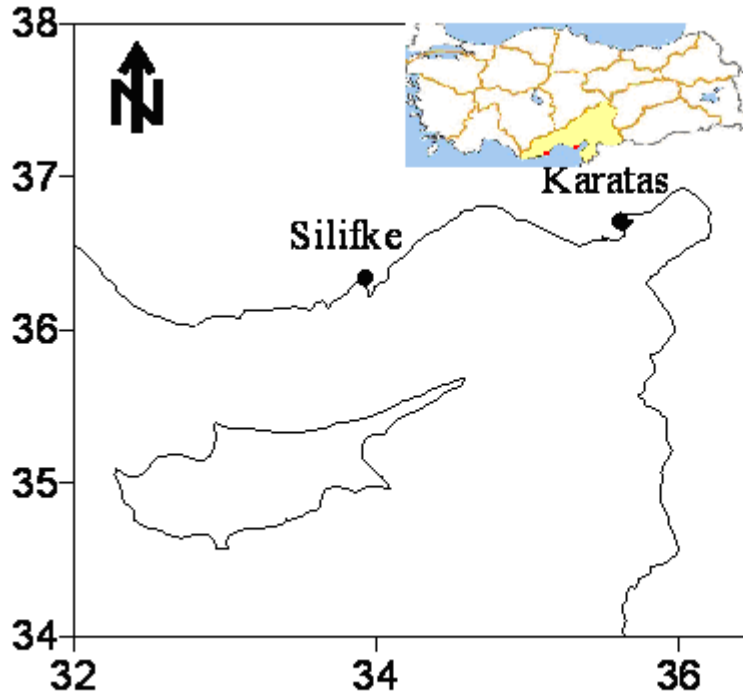
Bakırla zenginleştirilmiş besinle (1500 mg Cu/kg besin) oral yolla 30 gün beslenen *C.gariepinus*'da kontrole oranla (15 mg Cu/kg besin) en yüksek bakır düzeyleri sırasıyla ince bağırsak, mide ve solungaçlarda bulunmuştur (Hoyle ve ark., 2007). *C.carpio* ile yapılan bir deneyde türe 1. seride Cd'la zenginleştirilmiş besin, 2. seride ise ortam aracılığı ile Cd verilmiş, her iki seride de en fazla kadmiyum bağırsakta saptanmış, solungaç dokusunda ise 1. seride Cd düzeyinde değişim gözlenmezken, 2. seriden önemli artış saptanmıştır (Kraal ve ark., 1995).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma 2005 yılında Adana ili Karataş ilçesi Tuzla beldesi ile Mersin ili Silifke ilçesi sınırları içerisinde yer alan su kaynakları farklı iki yetiştiricilik çiftliğinden Temmuz – Eylül aylarında örneklenen *C. gariepinus* ve *C. carpio* türleri ile yürütülmüştür.

Birinci istasyon olarak seçilen Karataş ilçesi, Tuzla beldesinde yer alan işletme su kaynağını tarımsal aktivitelerin yürütüldüğü alanlardaki drenaj kanalları oluşturur. İkinci istasyonu oluşturan Silifke ilçesindeki yetiştiricilik işletmesi ise her türlü tarımsal ve endüstriyel aktivitenin yasak olduğu doğal koruma alanı içerisinde kaynağını dokuz farklı artezyen kuyusundan sağlamaktadır. (Şekil 1).



Şekil 3.1. Örnekleme İstasyonlarının Haritaları

Anılan istasyonların her ikisinde de karbonhidrat ağırlıklı beslenme rejimi uygulanırken, Tuzla istasyonunda ek olarak protein kaynağı olarak tavukçuluk endüstrisi atıkları kullanılmaktadır.

Belirlenen istasyonların her birinden *C. gariepinus* ve *C. carpio* türleri için, ortalama boy ve ağırlıkları Çizelge 1’de sunulan, 13’er adet örnek alınmıştır.

Çizelge 3.1. Tuzla ve Silifke istasyonlarından örneklenen *C. gariepinus* ve *C. carpio*’nun ortalama boy ve ağırlıkları

İstasyonlar	Türler	BOY (cm)	AĞIRLIK (g)
		$\bar{X} \pm S_x$	$\bar{X} \pm S_x$
1	<i>C. gariepinus</i>	35,69 ± 7,14	280,26 ± 7,14
	<i>C. carpio</i>	25,34 ± 0,97	217,1 ± 20,5
2	<i>C. gariepinus</i>	27,16 ± 3,01	265,0 ± 82,14
	<i>C. carpio</i>	22,92 ± 0,49	156,59 ± 6,52

Örneklemelemlerin yapıldığı istasyonlardaki suların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Tuzla ve Silifke istasyonlarındaki suların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

İstasyon	Çözünmüş Oksijen (mg/L.)	Sıcaklık (°C)	pH
1	8.60 ± 0.3	31.6 ± 0.5	8.25 ± 0.3
2	8.90 ± 0.4	30.0 ± 0.5	7.81 ± 0.2

3.2 Yöntem

Belirtilen istasyonlarda havuzlardan çıkartıldıktan sonra öldürülerek boy ve ağılıkları saptanmış balıklarla, 5'er litrelik havuz suyu örnekleri soğuk zincir içerisinde analizlerin yürütüleceği Çukurova Üniversitesi, Biyoloji Bölümü Ekotoksikoloj laboratuvarına getirilmiştir.

Kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) düzeyleri belirlenecek kas, karaciğer ve solungaç dokuları balıklardan ayrı ayrı disekte edilerek petri kutularına aktarılmıştır. Etüvde 120°C de 3 günde sabit tartıma getirilen doku örnekleri kuru ağırlıkları belirlendikten sonra yakma işlemi için deney tüplerine aktarılmıştır.

Üzerlerine 2 ml nitrik asit (Merck, %60: Ö.A: 1.40) ve 1 ml perklorik asit (Merck, %60: Ö.A: 1.53) eklenen doku örnekleri 120°C'ye ayarlı hot plate üzerinde 6 saat süre ile yakılmış, hacımları saf su ile 10 ml'ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir.

Her biri 5'er litre olan havuz suyu örnekleri ise 250 ml'lik beherler içerisinde hot plate üzerinde tamamen buharlaştırıldıktan sonra 2:1 oranda nitrik asit (Merck, %60: Ö.A: 1.40), perklorik (Merck, %60: Ö.A: 1.53) asit eklenerek 120°C'de 1 saat süre ile yakıldıktan sonra deiyonize su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Doku ve havuz sularındaki metal derişimlerinin belirlenmesinde Mustafa Kemal Üniversitesi, Merkez Laboratuvarında bulunan ICP-AES Varian Liberty-Series II kullanılmıştır.

ICP cihazının çalışma koşulları aşağıda verilmiştir:

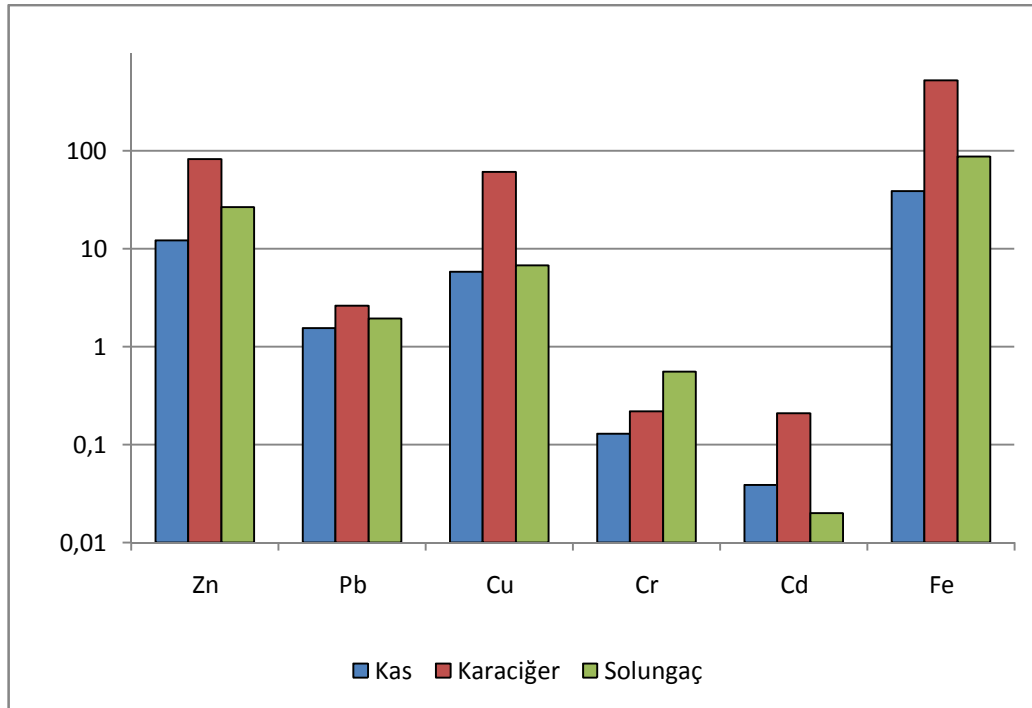
Pump Rate:	15 r pm
Plasma Gas:	15,0 L/min
Fast Pump:	On
PMT Voltage:	650 volt
Auxillary Gas:	1,50 L/min
Rinse Time:	10 sec
Sample uptake:	20 sec
Smart rinse:	none

Deney verilerinin istatistik istatistik değeriendirilmesi regresyon analizi, “Student Newman Keul’s (SNK) ve t-testleri uygulanarak yapılmıştır (Sokal ve Rohlf, 1969).

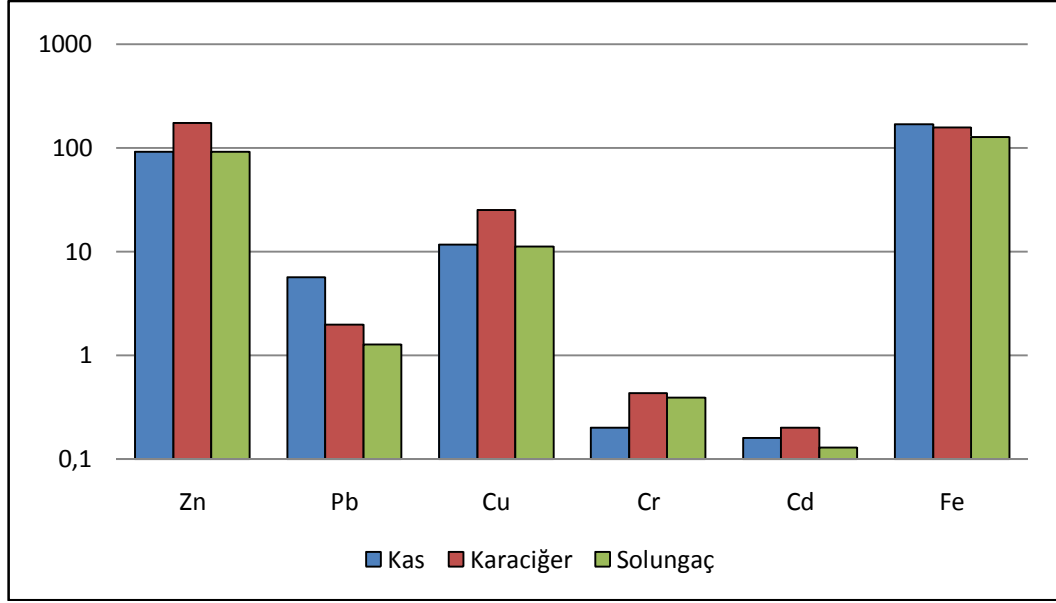
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

Araştırmada Tuzla istasyonundan örneklenen *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç doklarındaki Zn, Pb, Cu, Cr, Cd ve Fe düzeyleri karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 4.1 ve 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Tuzla istasyonunda *C.gariepinus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).

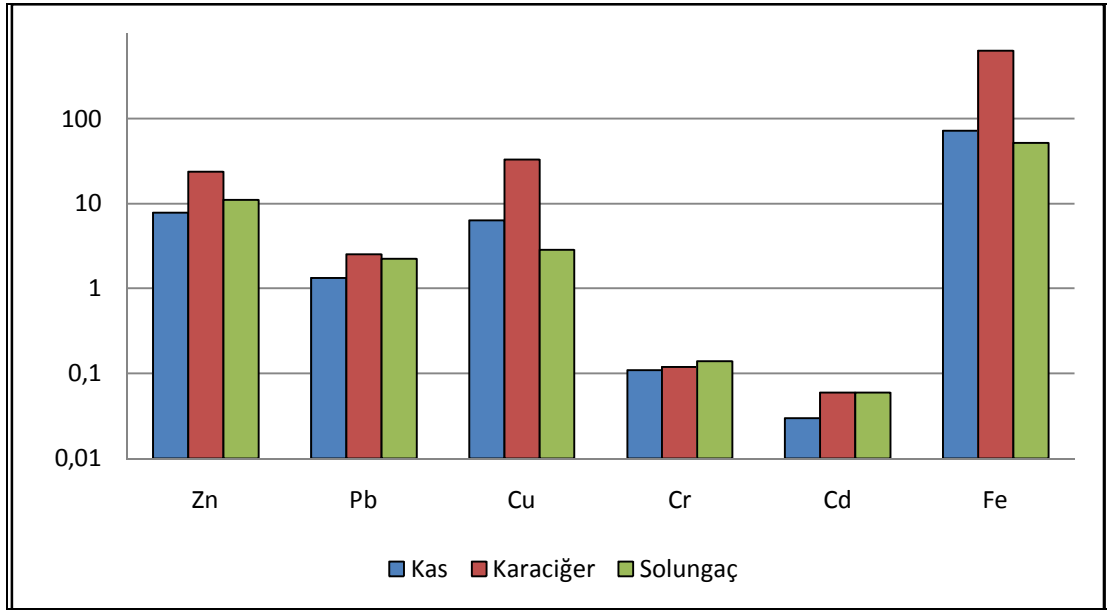


Şekil 4.2. Tuzla istasyonunda *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).

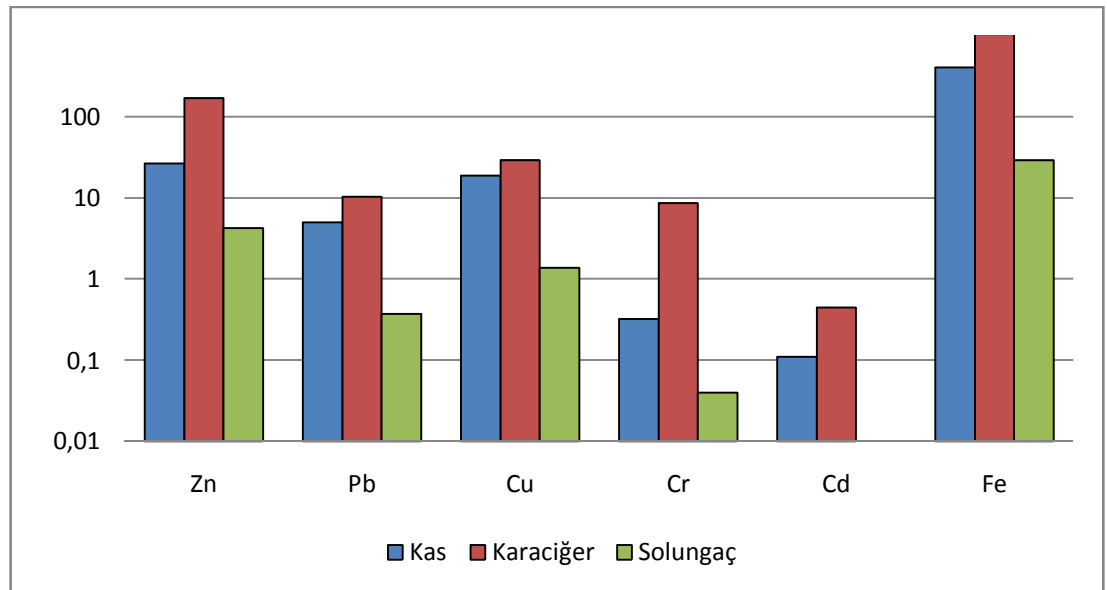
Tuzla istasyonundan örneklenen her iki türün incelenen tüm dokularında çinko, bakır ve demir düzeylerinin kurşun, krom ve kadmiyum düzeylerine oranla önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu istasyonda *C. gariepinus*'da krom, *C. carpio*'da kurşun ve demir dışında incelenen metallerin en yüksek düzeyi karaciğerde saptanmıştır.

Silifke istasyonundan örneklenen *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Zn, Pb, Cu, Cr, Cd ve Fe düzeyleri karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 4.3 ve 4.4'de gösterilmiştir.

Bu istasyonda da her iki türün incelenen tüm dokularında eser elementlerin (Zn, Cu, Fe) toksik etkili elementlere oranla yüksek düzeyde olurken ($P<0.05$), *C. gariepinus*'da krom dışında her iki türde de incelenen tüm metallerin karaciğerde diğer dokulara oranla yüksek olduğu belirlenmiştir.

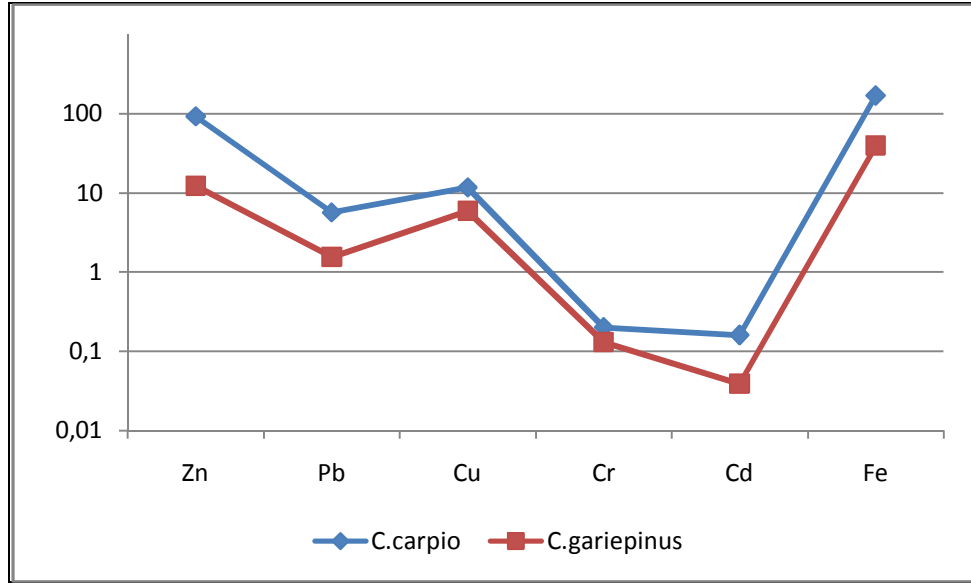


Şekil 4.3. Silifke istasyonunda *C.gariepinus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).

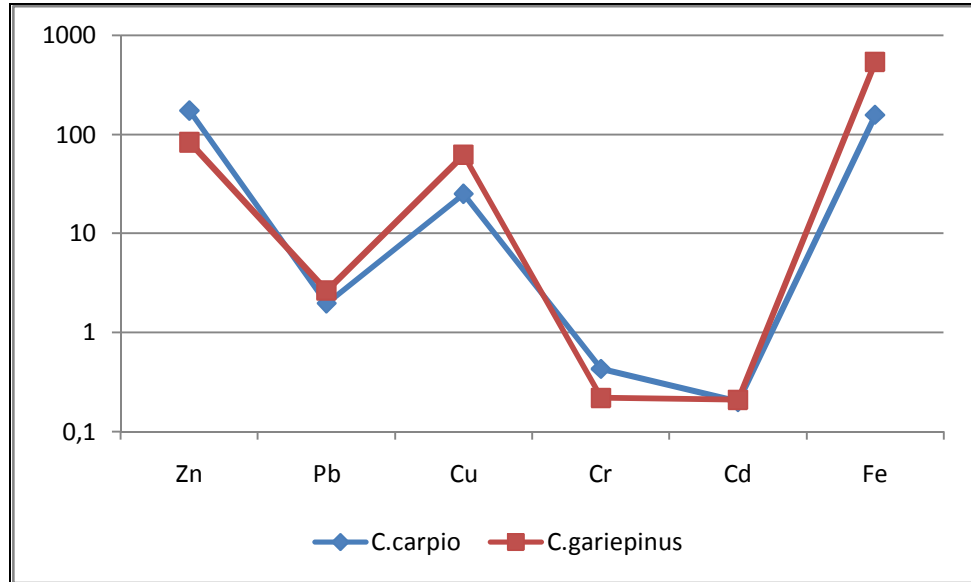


Şekil 4.4. Silifke istasyonunda *C.carpio*'nun kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).

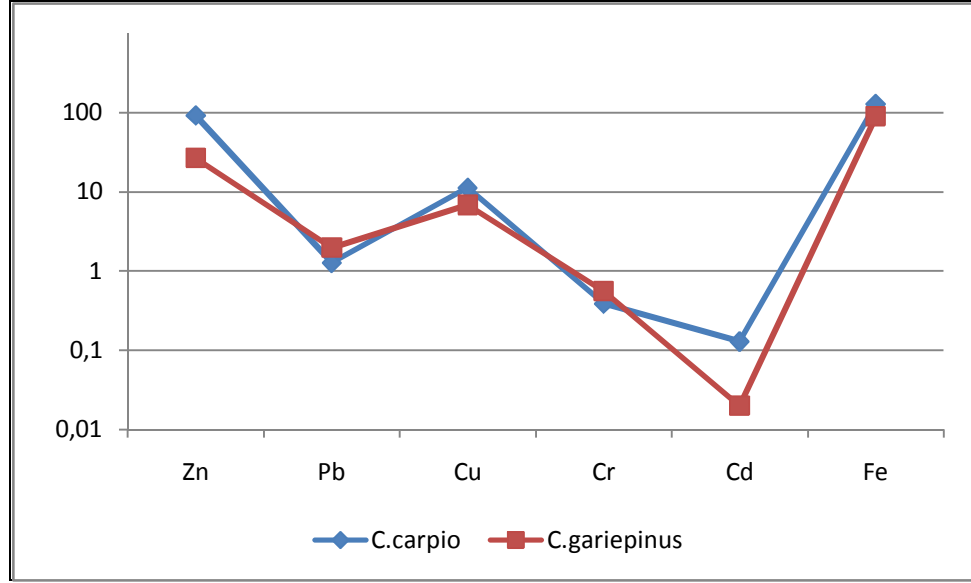
Tuzla istasyonundan örneklenen *C.gariepinus* ve *C.carpio*'da incelenen metallerin kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki düzeyleri karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 4.5 – 4.7'da verilmiştir.



Şekil 4.5. Tuzla istasyonunda *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun kas dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).



Şekil 4.6. Tuzla istasyonunda *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun karaciğer dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).

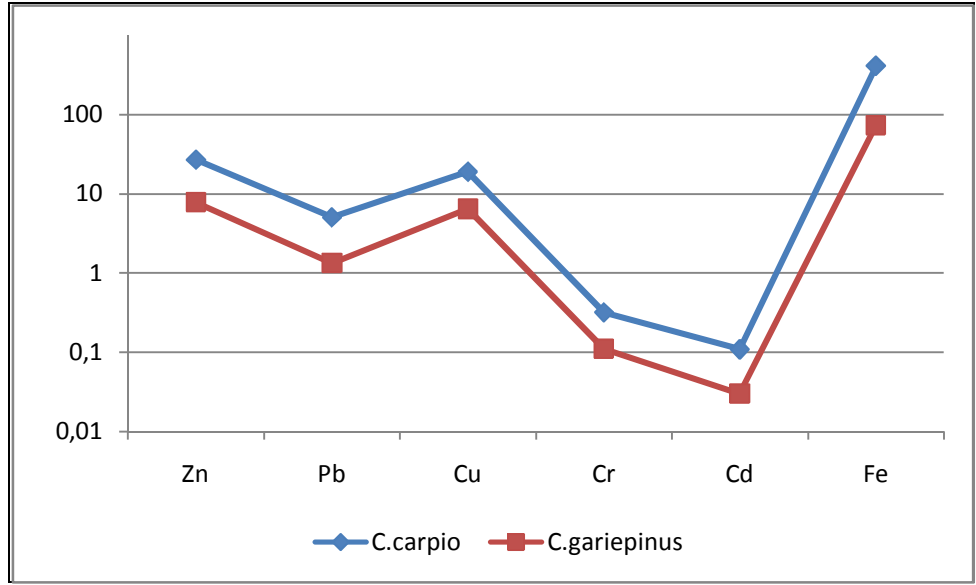


Şekil 4.7. Tuzla istasyonunda *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun solungaç dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).

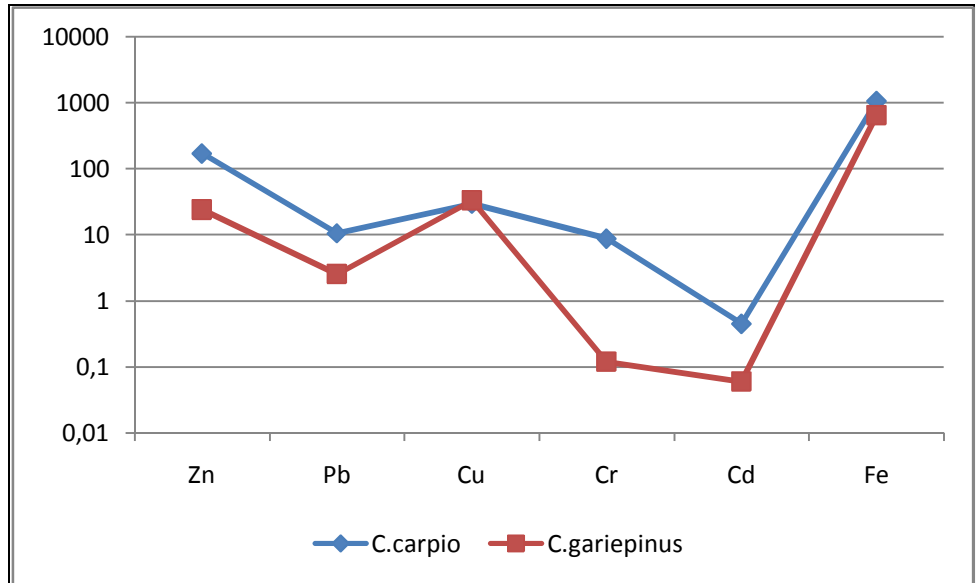
Tuzla istasyonundan alınan balık örneklerinin kas dokusunda tüm metal düzeyleri *C. gariepinus*'a oranla *C. carpio*'da önemli düzeyde yüksektir. İncelenen metallere Cu ve Fe düzeyleri bakımından *C. carpio*'nun solungaç dokusu ile *C. gariepinus*'un karaciğer dokusu arasında ters ilişki olup, çinko düzeyi her iki dokuda da *C. gariepinus*'a oranla *C. carpio*'da yüksektir.

Silifke istasyonundan örneklenen *C. gariepinus* ve *C. carpio*'da incelenen metallere kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki düzeyleri karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 4.8 -4.10'da sunulmaktadır.

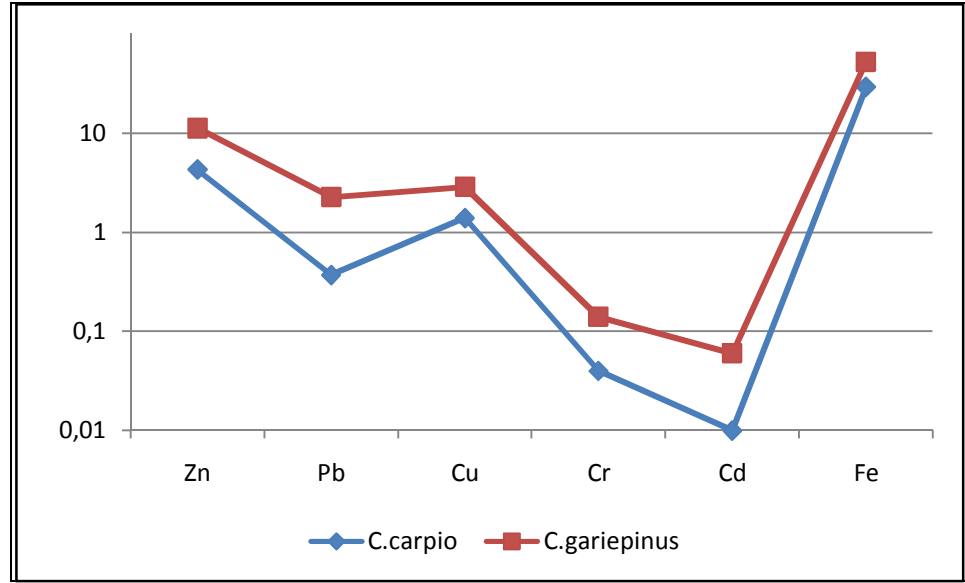
Her iki türün Silifke istasyonu örneklerinin kas ve karaciğer dokularındaki metal düzeyleri dikkate alındığında *C. gariepinus*'a oranla *C. carpio*'da daha yüksek olduğu, solungaç dokusunda ise bunun tam tersi bir durum geçerlidir.



Şekil 4.8. Silifke istasyonunda *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun kas dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).



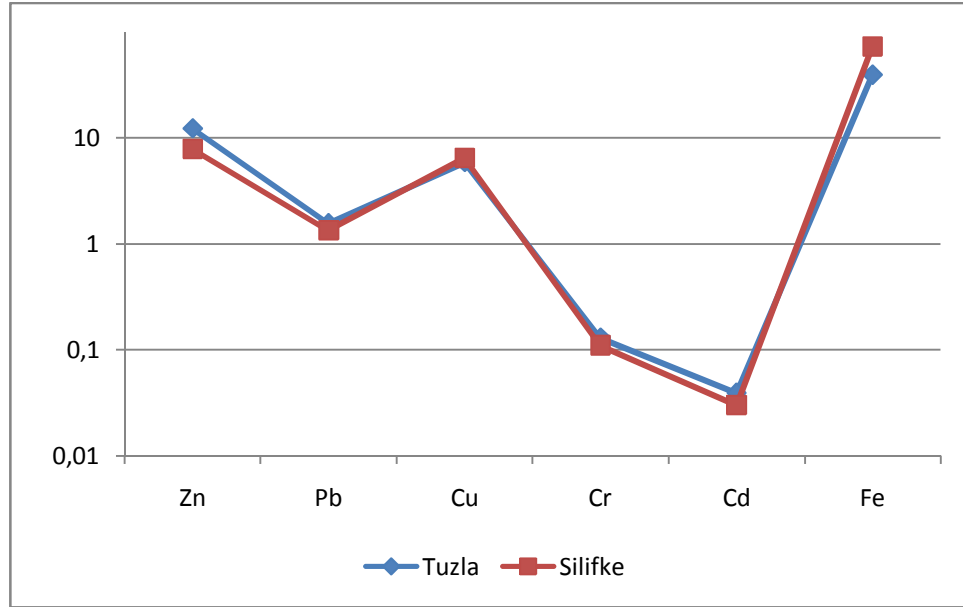
Şekil 4.9. Silifke istasyonunda *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun karaciğer dokularındaki metal düzeyleri (µg/g k.a.).



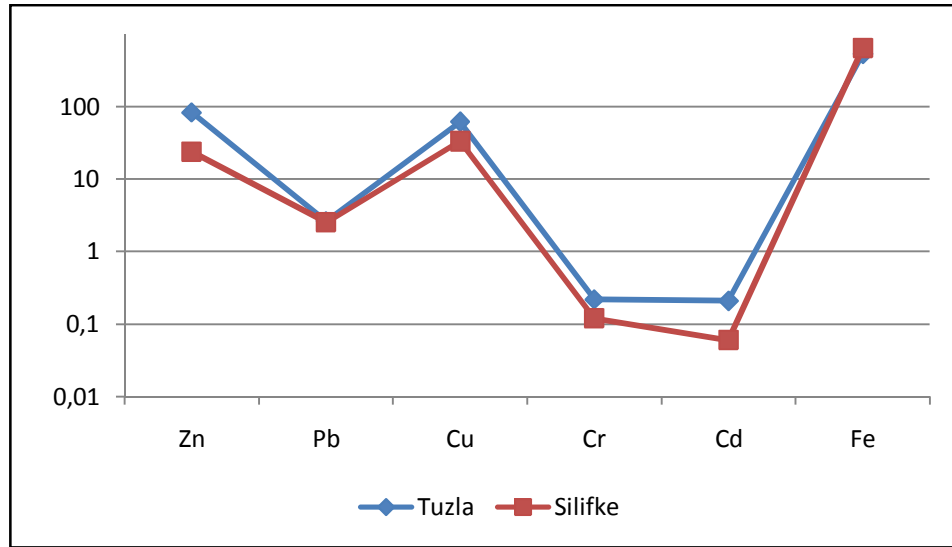
Şekil 4.10. Silifke istasyonunda *C. gariepinus* ve *C. carpio*'nun solungaç dokularındaki metal düzeyleri ($\mu\text{g/g k.a.}$).

C. gariepinus'un Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeylerinin karşılaştırılması sırasıyla Şekil 4.11 - 4.13'de gösterilmiştir.

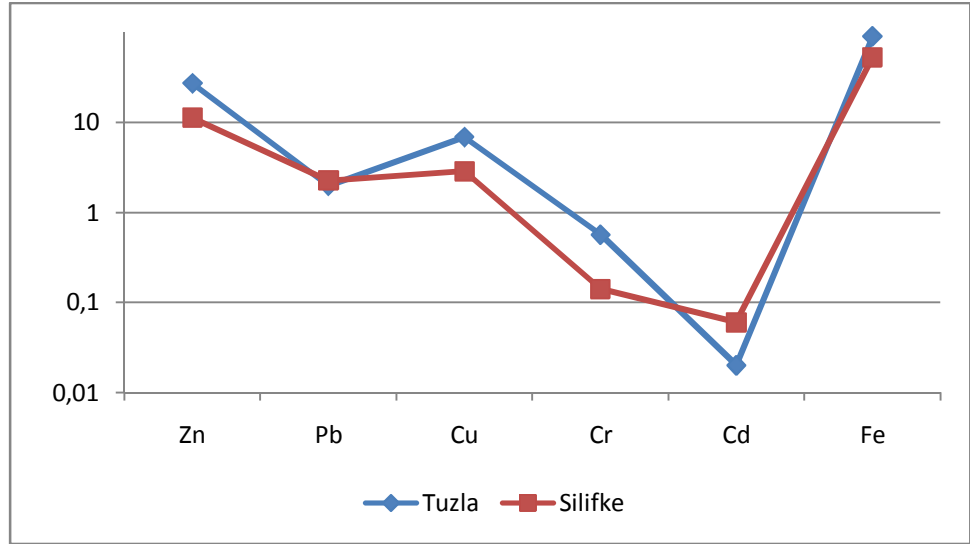
C. gariepinus'un kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki çinko düzeyi Tuzla örneklerinde Silifke'ye oranla daha yüksek iken, demir düzeyi, solungaç dokusu dışında, tam ters bir durum göstermiştir. Bakır ve krom düzeyleri Tuzla örneklerinin karaciğer ve solungaç dokularında daha yüksektir.



Şekil 4.11. *C.gariepinus*'un Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin kas dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g k.a.}$) karşılaştırılması.

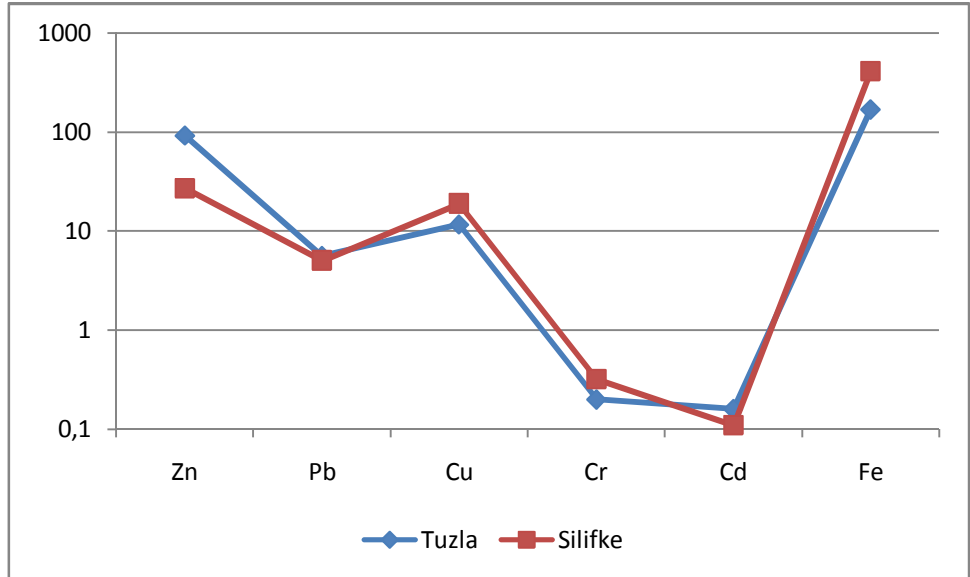


Şekil 4.12. *C.gariepinus*'un Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin karaciğer dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g k.a.}$) karşılaştırılması.



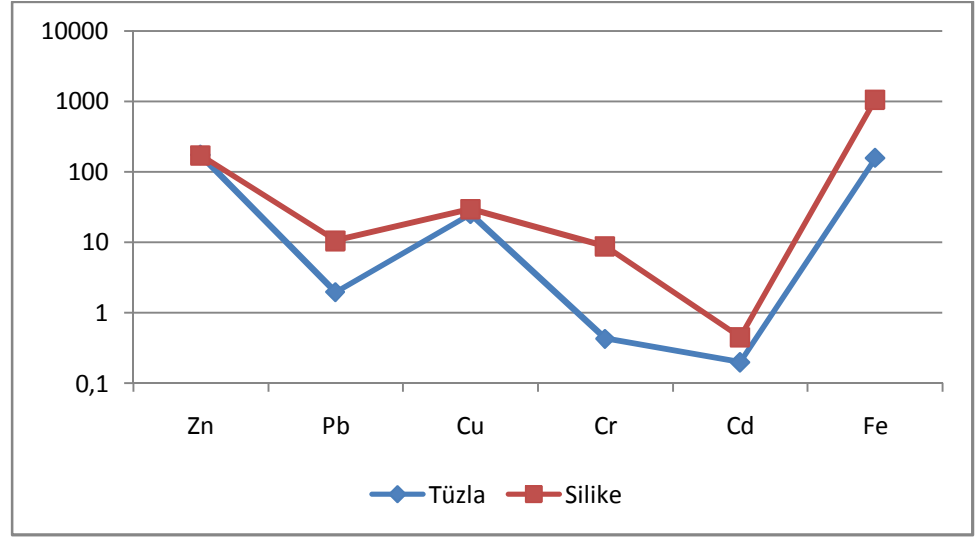
Şekil 4.13. *C.gariepinus*'un Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin solungaç dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g k.a.}$) karşılaştırılması.

C.carpio'nun Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal düzeylerinin karşılaştırılması sırasıyla Şekil 4.14 - 4.16'da gösterilmiştir.

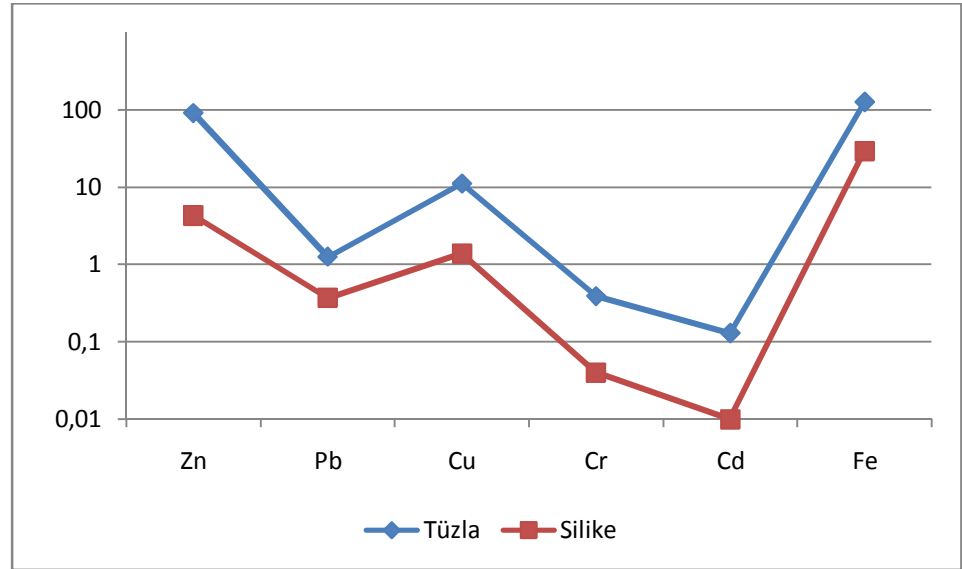


Şekil 4.14. *C.carpio*'nun Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin kas dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g k.a.}$) karşılaştırılması.

C.carpio'nun Silifke örneklerinin kasta demir, karaciğerde kurşun, krom ve demir düzeyleri Tuzla örneklerine kıyasla yüksek iken, Tuzla örneklerinin kas dokusundaki çinko düzeyi tam tersi bir durum göstermiştir. Tuzla örneklerinin solungaç dokularında incelenen tüm metal düzeyleri Silifke örneklerinden yüksektir.



Şekil 4.15. *C.carpio*'nun Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin karaciğer dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g k.a.}$) karşılaştırılması.



Şekil 4.16. *C.carpio*'nun Tuzla ve Silifke istasyonları örneklerinin solungaç dokularındaki metal düzeylerinin ($\mu\text{g/g k.a.}$) karşılaştırılması.

4.2. Tartışma

Sucul ortamlarda doğal koşullarda düşük derişimlerde bulunan ağır metaller temelde antropojenik faktörlerin etkisiyle yüksek derişimlere ulaşarak akuatik organizmalarda habitat değişimlerine, toplu ölümlere ya da hoşgörüsü yüksek türlerin dokularında birikerek yaşamsal olaylarda değişikliklere neden olduğu gibi artan derişimlerde besin zinciri aracılığı ile de üst trofik düzeyleri etkilemektedir (Heath, 1995).

Çeşitli balık türleri ile laboratuvar ve doğal ortam koşullarında yürütölen araştırmalarda gerek eser ve gerekse toksik etkili ağır metallerin organizmanın tolere edilebilir düzeylerini aştığında mortaliteye neden olduğu bildirilmektedir (Dethloff ve ark., 1999; Van-Vuren ve ark., 1999).

Balıklarda ağır metallerin su ortamından alınımı oral, solungaçlar ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon yolu ile olmakla birlikte türe, türün yaşam ve beslenme şekline bağlı olarak değişim gösterir (Kraal ve ark, 1995; Szebedinszky ve ark., 2001). *O. mykiss* ve *Coregonus clupeaformis*'de gerek ortam ve gerekse besin kaynaklı Cd etkisinde dokulardaki metal birikimi incelenmiş, besin aracılığı ile alınan etkide bile metalin solungaçlarda yüksek derişimlere ulaşabildiği saptanmıştır. Besin aracılığı ile etkide kalmada bağırsak ve böbreklerde de önemli düzeylerde kadmiyum birikmesine karşın, suda çözünmüş metal etkisinde bu durum gözlenmemiştir (Thomas ve ark., 1983).

L. xanthurus (Hawkins ve ark., 1980) ile *Salmo gairdneri*'de (Thomas ve ark., 1983) kadmiyum'un 48 saat süreyle etkisinde birikim bakımından dokular arasındaki ilişki birinci türde karaciğer, bağırsak, böbrek ve solungaç şeklinde olurken 2. türde karaciğer, böbrek ve solungaç şeklinde olduğu, bağırsakta birikimin olmadığı belirlenmiş, birikim bakımından dokular arasındaki bu farklılığın 1. türün deniz balığı olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

C. gariepinus ve *C. carpio* ile doğal ortam koşullarında yürütölen bu araştırmada çalışılan metallerin incelenen dokular arasındaki ilişki karaciğer, kas, solungaç şeklinde olup, doğrudan ortamla temas halinde olan solungaçlarda metal düzeylerinin düşük bulunması her iki istasyonun suyunun incelenen metaller

bakımından temiz olduğunu, en yüksek düzeylerin karaciğerde saptanması ise karaciğerin metabolik bakımdan aktif bir organ ve detoksifikasyon merkezi olmasından kaynaklanabilir.

Balıkların dokularında ağır metal birikimi ile toksik etkileri su sertliği, alkalinite, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen derişimi, pH, tuzluluk askıda katı madde miktarı gibi çevresel faktörlere bağılı olarak değişim gösterir (Sprague, 1987). *O.mykiss*'de su sertliği ve su sıcaklığındaki artışın dokulardaki Cd birikimini artırırken (Larsson ve ark., 1984; Hollis ve ark, 1999), Ca'nın ortam derişindeki artışın birikimi azalttığı belirlenmiştir (Richard ve Playle, 1999). *Oncorhynchus kisutch*'da ortamda çinko bulunması kadmiyum birikimini azaltmıştır (Roch ve McCarter, 1984). *O.mosambicus*'da su sıcaklığı ve pH'daki artışın kadmiyum toksisitesi ve doku birikimini artırırken, su sertliğindeki artışın düşürdüğü saptanmıştır (Taneshka, 2002).

Tuzla ve Silifke istasyonlarında yetiştiricilik havuzlarındaki suların sıcaklık, çözülmüş oksijen ve pH gibi fiziksel ve kimyasal parametrelerine ait veriler arasında önemli ayırım bulunmadığından incelenen metallerin belirlenen türlerin dokularındaki düzeylerini aynı derecede etkilediği söylenebilir.

Balıklarda ağır metal birikimi tür, gelişim evresi ve eşey gibi biyolojik özelliklerin yanı sıra kirleticinin türü, ortam derişimi ve etkide kalma süresine bağılı olarak değişim gösterir.

Anguilla rostrata'da kadmiyumun 75 ve 150 ppb'lik ortam derişimlerinin 16 hafta süreyle etkisinde dokulardaki birikimin metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağılı olarak arttığı belirlenmiştir (Gill ve ark., 1992). *C.carpio*'nun yavru ve fingerlingleri ile yapılan bir araştırmada kadmiyumun subletal derişimlerinin etkisinde dokulardaki metal birikiminin fingerlinglere oranla yavrularda daha fazla olduğu belirlenmiştir (Suresh ve ark., 1993). Mısır'da Cd, Cu Zn ve Pb kontaminasyonu gösteren *Tilapia zilli*'de doku metal birikiminin boya bağılı olarak değiştigi, küçük balıkların büyük balıklara oranla daha fazla metal biriktirdiği saptanmıştır (Zyadah, 1999). *O.mykiss*'in ergin ve juvenillerinde kadmiyum birikimi bakımından benzer bir durum saptanmıştır (Richard ve ark., 1998). Balıklarda ağır

metallerin vücuttan atılımı büyüklükle ters orantılı olup, küçük balıklarda atılım daha hızlı olmaktadır (Heath, 1995).

Aswan baraj gölünden örneklenen *T. nilotica*'nın dokularındaki Pb ve Cd düzeylerinin yaş ve ağırlığa bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. (Rashed, 2001). *C. carpio*'nun Cu toksisitesine karşı *T. nilotica*'ya göre daha duyarlı olduğu belirtilmiştir (Erdem ve Kargın, 1992).

Bu araştırmada her iki türün de besin kaynağı olarak tüketilen kas dokuları dikkate alındığında, belirlenen iki yetiştirme istasyonunda da çinko, kurşun, bakır, krom, kadmiyum ve demir düzeylerinin *C. carpio*'da *C. gariepinus*'a oranla daha yüksek olarak bulunmuştur. Metal düzeyleri bakımından türler arasındaki farklılığın türlerin beslenme, metabolik aktivite ve yaşam şeklindeki farklılıklardan kaynaklanması olasıdır.

Ağır metaller düşük ortam derişimlerinde balıkların genellikle karaciğer, böbrek, dalak gibi metabolik bakımdan aktif dokularında yüksek düzeylerde biriktiği ve birikimin metallerin öncelikle metabolik olayları etkilemesi ve metal detoksifikasyonu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Sharma, 1983; Cicik, 2003).

Ictalurus punctatus'da yedi gün süreli akut kadmiyum etkisinde birikimin dokulara bağlı değişim gösterdiği, en fazla birikim böbrek dokusunda olurken bunu karaciğer ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir (Bentley 1991). *C. carpio* ile yapılan bir araştırmada kadmiyum etkisinin başlangıcında en fazla birikim solungaç dokusunda olurken, etkide kalma süresinin uzamasıyla birikim bakımından dokular arasındaki sıralamanın değiştiği ve böbrek dokusunun diğer dokulara oranla daha fazla biriktirdiği saptanmıştır (Suresh ve ark., 1993). *Oreochromis aureus*'da uzun süreli kadmiyum etkisinde karaciğer, solungaç ve kas dokularına oranla en fazla birikimin böbrek dokusunda olduğu, bunun da atılım amacıyla böbreklere taşınımından ve böbreklerdeki resorbsiyondan kaynaklandığı belirtilmiştir (Woo ve ark., 1993).

Ağır metal kirliliği gösteren ortamlardan örneklenen *T. zilli*'de dokulardaki kadmiyum, bakır, çinko ve kurşun düzeyleri incelenmiş, birikim bakımından kas dokusunun diğer doku ve organlara göre çok düşük düzeylerde olduğu saptanmıştır (Zyadah, 1999). Balıklarda kurşun birikiminin dokular arasında farklılık gösterdiği, en fazla böbrek, solungaç ve karaciğerde birikirken, kas dokusundaki birikimin

düşük düzeyde olduğu belirtilmektedir (Sorensen, 1991). *Salvelinus fontinalis*'de çinkonun solungaç, karaciğer ve böbrek dokularında yüksek düzeyde birikirken kas dokusundaki birikimin düşük düzeyde olduğu saptanmıştır (Holcombe ve ark., 1979).

Metal düzeyleri bakımından dokular arasındaki ayırım, metabolik ve detoksifikasyon olaylarının yanı sıra metalin vücuda alınım şeklindeki ayırmadan kaynaklanabilmektedir. Kadmiyumun düşük derişimlerinin besin ve ortam aracılığı ile 21 gün süreli etkisinde *O.mykiss* juvenil ve erginleri besin aracılığı ile etkide metali en fazla bağırsakta biriktirirken, ortam aracılığı ile etkide birikim en fazla böbrekte olmuştur (Farağ ve ark., 1994).

C.gariepinus ve *C.carpio* ile yürütölen bu araştırmada da karaciğerin incelenen tüm metalleri en yüksek düzeyde içerdėđi, bu dokuyu kas ve solungaç dokularının izledėđi saptanmıştır. Balıklarda solungaçların doğrudan doğruya ortamla ilişkili ve ağır metal kirliliğinde hedef organ olmasına karşın, solungaç dokusundaki metal düzeylerinin diğer dokulara oranla düşük olması, yetiştirme havuzlarındaki suların ağır metal içeriğinin incelenen metaller bakımından düşük olduğunu gösterir.

Her iki türde incelenen elementlerin solungaç dokusunda düşük düzeyde olmasına karşın, karaciğerde yüksek düzeyde olması eser elementlerin besinsel, toksik elementlerin ise doğal kaynaklı olduğunun bir göstergesidir.

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

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

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Adana ve Mersin illeri sınırları içerisinde yer alan *C. gariepinus* ve *C. carpio* yetiştiriciliği yapılan iki çiftlikten örneklenen balıkların karaciğer, kas ve solungaç dokularındaki çinko, kurşun, bakır, krom, kadmiyum ve demir düzeyleri incelenmiştir.

Belirlenen istasyonlarda incelenen metaller her iki türde de en fazla karaciğerde en az solungaçlarda bulunmuştur. Genel olarak metal düzeyleri türler arasında *C. gariepinus*'a oranla *C. carpio*'da, istasyonlar arasında ise Silifke'ye oranla Tuzla'da daha yüksektir.

Çalışılan türlerin solungaç dokularında incelenen metal düzeylerinin düşük olması, her iki istasyondaki su kaynaklarının temiz olduğunu gösterirken, karaciğerdeki yüksek düzeylerin besinsel kaynaklı olabileceği fikrini vermektedir.

Sonuç olarak su ürünleri yetiştiriciliği yapılan çiftliklerde, önemli hayvansal protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda, gerek insan sağlığını yakından ilgilendirmesi ve gerekse üretimin sürekliliğini sağlama nedenleriyle, belirli periyotlarda bu tür araştırmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- ADHAM, K.G., HASSAN, L.F. TAHA, N, AMIN, T.H., 1999. Impact of Hazardous Exposure to Metals in the Nile and Delta Lakes on the Catfish *Clarias lazera*. Environmental Monitoring and Assessment, 54, 107 – 124.
- ALMEIDA, J.A., NOVELLI, E.L.B., SILVA, M. D. P., ALVES-JUNIOR, R., 2001. Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Environ. Pollut., 114(2): 169 – 175.
- ARUMUGAM, M., RAVIDRANATH, M.H., 1987. Copper Toxicity in the Crab *Scylla serrata*. Copper Levels in Tissues and Regulation after Exposure to a Copper-Rich Medium. Bull.Environ.Contam.Toxicol., 39, 708 – 715.
- AVENANT-OLDEWAGE, A., MARX,H:M., 2000. Bioaccumulation of Chromium, Copper and Iron in the Olifants River, Kruger National Park. Water SA, 26;4, 569 – 582.
- BENTLEY, P.J., 1991. Accumulation of Cadmium by Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*): Influx from Environmental Solution. Comp.Biochem.Physiol., C, 99(3), 527 – 529.
- BERMAN, E.,1980. Copper in “Toxic metals and their analysis”. Heyden and Son Ltd., London, 12, 293 pp.
- BRADLEY, R.W., MORRIS, J.R., 1986. Heavy Metals in Fish from a Series of Metal Contaminated Lakes near Sudbury, Ontario. Water, Air and Soil Pollution, 27, 341 – 354.
- CHAN, H.M., CHERIAN, M.G., 1992. Protective Roles of Metallothionein and Glutathione in Hepatotoxicity of Cadmium. Toxicology, 72, 281 – 290.
- CİCİK, B., 1995. *Cyprinus carpio* (L.)’da Bakır, Çinko ve Bakır + Çinko Karışımında Solungaç, Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikiminin Nicel Protein, Glikojen ve Kandaki Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

- CİCİK, B., 2003. Bakır Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio*)’nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri” Ekoloji Çevre Dergisi, 48, 32 – 36, (2003).
- COUSINS, R.J., 1985. Absorbtion, Transport and Hepatic Metabolism of Copper and Zinc: Special Reference to Metallothionein and Ceruloplasmin. *Physiological Reviews*, 65 (2): 238 – 309.
- DAUTREMEPUTS, C., BETOULLE, S., VERNET, G., 2002. Antioxidant Responses Modulated by Copper in Healthy and Parasitized Carp (*C. carpio* L.) by *Ptychobothrium* sp. (Cestoda). *Biochimica et Biophysica Acta*, 1573, 4 – 8.
- DETHLOFF, G.M., SCHLENK, D., KHAN, S., BAILEY, H.C., 1999. The Effects of Copper on Blood and Biochemical Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 36, 415 – 423.
- DOUBEN, P.E.T., 1989. Metabolic Rate and Uptake and Loss of Cadmium from Food by the Fish *Noemacheilus barbatulus*. *Environmental Pollution*, 59, 177 – 202.
- EATON, J.G., McKIM, J.M., HOLCOMBE, G.W., 1978. Metal Toxicity to Embryos and Larvae of Seven Freshwater Fish Species. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 45, 95-103.
- EL NABAWI, A., HEINZOW, B., KRUSE, H., 1987. As, Cd, Cu, Pb, Hg and Zn in Fish from the Alexandria Region, Egypt. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 39, 889 – 897.
- ELLIOT, N.G., SWAIN, R., RITZ, D.A., 1986. Metal Interaction during Accumulation by the Mussel *Mytilus edulis planulatus*. *Marine Biology*, 93, 395 – 399.
- ERDEM, C., 1990. Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica*’nın (L.). *Biyokimya Dergisi*, XV (3): 13 – 22.
- EISLER, R., GARDNER, G.R., 1973. Acute Toxicology to an Estuarine Teleost of Mixtures of Cadmium. Copper and Zinc Salts. *J. Fish. Biol.*, 5, 131 – 142.

- EISLER, R., 1985. Cadmium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC. Biological Report No 85(1.2).
- ERDEM, C., KARGIN, F., 1992. *Cyprinus carpio* ve *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Salak, Barsak, Solungaç ve Kas Dokularındaki Bakır Birikiminin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Biyokimya Dergisi*, XVII (1), 13 – 27.
- FARAG, A.M., BOESE, C.J., WOODWARD, D.F., BERGMAN, H.L. 1994. Physiological Changes and Tissue Metal Accumulation in Rainbow Trout Exposed to Foodborne and Waterborne Metals. *Environ. Toxicol. Chem.*, 13(12), 2021 – 2029.
- FARAG, A.M., MAY, T, MARTY, G.D., EASTON, M., HARPER, D.D., LITTLE, E.E., CLEVELAND L., 2006. The Effect of Chronic Chromium Exposure on the Health of Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquatic Toxicology*, 76, 246 – 257.
- FLOS, R., TORT, L., BALASCH, J. 1987. Effects of Zinc Sulphate on Haematological Parameters in the Dogfish *Scilorhinus canicula* and Influences of MS-222. *Mar.Env.Res.*, 21, 289 – 298.
- GAGNE, F., MARION, M., DENIZEAU, F., 1990. Metallothionein Induction and Metal Homeostasis in Rainbow Trout Hepatocytes Exposed to Mercury. *Toxicology Letters*, 51, 99 – 107.
- GILL, T.S., BIANCHI, C.P., EPPLE, A., 1992. Trace Metal (Cu-Zn) Adaptation of Organ Systems of the American Eel *Anguilla rostrata* to External Concentrations of Cadmium. *Comp.Biochem.Physiol.*, C, 102(3), 361 – 371.
- GROBLER, E., DU PEREZ, H.H., VAN VUREN, J. H. J., 1989. The Toxic Effect of Zinc and Iron on the Routine Oxygen Consumption of *Tilapia sparmanii* (Cichlidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, 94(1): 207 – 214.
- HAWKINS, W.E., TATE, L.G. SHARPIE, T.G., (1980). Acute Effects of Cadmium on the Spot *Leiostomus xanthurus* (Teleostei): Tissue Distribution and Renal Ultrastructure. *J.Toxicol.Environ.Health*, 6, 283 – 291.

- HEATH, A.G., 1995. Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press. New York, Inc. 2nd Ed., 359 pp.
- HILMY, A.M., EL DOMIATY, N.A., DOOBEEES, A.Y., ABDELLATIFE, H.A., 1987. Some Physiological and Biochemical Indices of Zinc Toxicity in Two Freshwater Fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*. Comp.Biochem.Physiol., 87C (2), 297 – 301.
- HODSON, P.V., 1988. The Effects of Metal Metabolism on Uptake, Disposition and Toxicity in Fish. Aquat Toxicol., 11, 3 – 18.
- HOLCOMBE, G.W., BENOIT, D.A., LEONARD, E.N., 1979. Long Term Effects of Zinc Exposure on Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). Trans Amer. Fish Soc., 108, 76 – 87.
- HOLLIS, L., McGEER, J.C., McDONALD, D.G., Wood, C.M., 1999. Cd Accumulation Gill, Cd-Binding, Accumulation and Physiological Effects during Long Term Sublethal Cd Exposure in Rainbow Trout. Aquat. Toxicol., 46, 101 – 119.
- HONTELA, A., DANIEL, C., RICARD, A.C., 1996. Effects of Acute and Subacute Exposures to Cadmium on the Interrenal and Thyroid Function in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquat Toxicol., 35, 171 – 182.
- HOYLE, I., SHAW, B.J., HANDY, R.D., 2007. Dietary Copper Exposure in the African Walking Catfish, *Clarias gariepinus*: Transient Osmoregulatory Disturbances and Oxidative Stress. Aquatic Toxicology, 83, 62 – 72.
- KLAASSEN C.D., 1992. Abstracts of Papers of the American Chemical Society., 203 (1), 173-ENVR.
- KRAAL, M.H., KRAAK, M.H., DEGROOT, C.J., DAVIDS, C., 1995. Uptake and Tissue Distribution of Dietary and Aqueous Cadmium by Carp (*Cyprinus carpio*). Ecotoxicol. Environ. Safety, 31(2), 179 – 183.

- KUMADA, H., KIMURA, S., YOKOTE, M., 1980. Accumulation and Biological Effects of Cadmium in Rainbow trout. Bull. Jpn. Sci. Fish, 46(1), 97 – 104.
- LARSSON, A., HAUX, C., SJOBECK, M.J., LITHNER, G., 1984. Physiological Effects of an Additional Stressor on Fish Exposed to a Simulated Heavy Metal Containing Effluent from a Sulfide Smeltry. Ecological Environ Safe., 8, 118 – 128.
- LIANG, L.N., HE, B., JIANG, G.B., CHEN, D.Y., YAO, Z.W., 2004. Evaluation of Mollusks as Biomonitoring to Investigate Heavy Metal Contaminations along the Chinese Bohai Sea. Science of the Total Environment, 324, 105 – 113.
- LICATA, P., TROMBETTA, D., CRISTANI, M., MARTINO, D., NACCARI, F., 2004. Organochlorine Compounds and Heavy Metals in the Soft Tissue of the Mussel *Mytilus galloprovincialis* Collected from Lake Faro (Sicily, ITALY). Environmental International, 30, 805 – 810.
- LUGOWSKA, K., JEZIERSKA, B., 2000. Effect of Copper and Lead on Common Carp Embryos and Larvae at Two Temperatures. Folia Univ. Agric. Stetin (Piscaria), 26, 29 – 38.
- MELGAR, M.J., PEREZ, M., GARCIA, M.A., ALONSO, J., MIGUEZ, B., 1997. The Toxic and Accumulative Effects of Short Term Exposure to Cadmium in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Vet. Hum. Toxicol., 39 (2), 79 – 83.
- MERTZ, W., 1997. Confirmation: Chromium Levels in Serum, Hair, and Sweat Decline with Age. Nutrition Reviews, 55 (10), 373 – 375.
- MIKLOVICS, M.H., KOVACKS-GAYER, E., SZAKOLCZAI, J., 1985. Accumulation and Effects of Heavy Metals in the Fishes of Lake Balaton. Symposia Biologica Hungarica, 29, 111 – 118.
- MILLER, P.A., MUNKITTRICK, K.R., DIXON, D.G., 1992. Relationship between Concentrations of Copper and Zinc in Water Sediment, Benthic Invertebrates and Tissues of White Sucker (*Catostomus commersoni*) at Metal Contaminated Sites. Can.J.Fish Aquat. Sci., 49, 978 – 984.

- NICHOLSON, S., SZEFER, P., 2003. Accumulation of Metals in the Soft Tissues, Byssus and Shell of the Mytilid Mussel *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) from Polluted and Uncontaminated Locations in Hong Kong Coastal Waters. *Baseline/Marine Pollution Bulletin*, 46, 1035 – 1048.
- PELGROM, S.M.G.J., LAMERS, L.P.M. LOCK, R.A.C., BALM, P.H.M., WENDELAAR BONGA, S.E., 1995. Interactions between Copper and Cadmium Modify Metal Organ Distribution in Mature Tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Environmental Pollution*, 90, 415 – 423.
- RASHED, M.N., (2001). Cadmium and Lead Level in Fish (*Tilapia nilotica*) Tissues as Biological Indicator for Lake Water Pollution. *Environ. Moint. Assess.*, 68 (1), 75 – 89.
- RICHARD, A.C., DANIEL, C., ANDERSON, P., HONTELA, A., 1998. Effects of Subchronic Exposure to Cadmium Chloride on Endocrine and Metabolic Functions in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 34, 377 – 381.
- RICHARDS, J.G., PLAYLE, R.C., 1999. Protective Effects of Calcium against the Physiological Effects of Exposure to a Combination of Cadmium and Copper in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Can. J. Zool.*, 77(7), 1035 – 1047.
- ROCH, M., McCARTER, J.A., 1984. Metallothionein Induction, Growth and Survival of Chinook Salmon Exposed to Zinc, Copper and Cadmium. *Bull. Environmental Contam. Toxicol*, 32, 478 – 485.
- RUPARELIA, S.G., VERMA, Y., MEHTA, N.S., SALYED, S.R., 1989. Lead Induced Biochemical Changes in Freshwater Fish *Oreochromis mossambicus*. *Bull. Environ. Contam Toxicol.*, 43, 310 – 314.
- SASTRY, K.V., SUBHADRA, K.M., 1985. *In-vivo* Effects of Cadmium on Some Enzyme Activities in Tissues of the Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*. *Environmental Research*, 36, 32 – 45.

- SHAH, S.L., ALTINDAĞ, A., 2004. Haematological Parameters of Tench (*Tinca tinca* L.1758) on Acute and Chronic Exposures of Lethal and Sublethal Treatments of Cadmium. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13, 1477 – 1480.
- SHARMA, R.P., 1983. Ligands Binding Cadmium, Zinc and Copper in a Species of New Zealand Oyster (*Ostrea lutaria*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 30, 428 – 434.
- SOKAL, R.R. and ROHLF, J.F., 1969. *Biometry*. W.H. and Freeman and Company, San Francisco, 776 p.
- SORENSEN, E.M., 1991. “Metal Poisoning in Fish”. CRC Press, Boca Raton, USA. 243
- SPRAGUE, J.B., 1964. Lethal Concentrations of Copper and Zinc for Young Atlantic Salmon. *J. Fish Res. Bd. Can.*, 21, 17 – 26.
- SURESH, A., SIVARAMAKRISHNA, B., RADHAKRISHNAIAH, K., 1993. Effect of Lethal and Sublethal Concentrations of Cadmium on Energetics in the Gills of Fry and Fingerlings of *Cyprinus carpio*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 51(6), 920 – 926.
- SZEBEDINSZKY, C., McGEER, J.C., McDONALD, D.G., WOOD, C..M., 2001. Effects of Chronic Cadmium Exposure via the Diet or Water on Internal Organ – Specific Distribution and Subsequent Gill Cd Uptake Kinetics in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ. Toxicol. Chem.*, 20(3), 597 – 607.
- TANESHKA, K., 2002. Effects of Zinc, Copper and Cadmium on *Oreochromis mosambicus* Free Embryos and Randomly Selected Mosquito Larvae as Biological Indicator during Acute Toxicity Tests. *Rens Africaans Univ. M.Sc. Thesis*, Chaper 3, 29 – 54.
- THOMAS, D.G., CRYER, A., SOLBE, J.F., KAY, J., 1983. A Comparison of the Accumulation and Protein Binding of Environmental Cadmium in the Gills, Kidney and Liver of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Comp. Biochem. Physiol.*, 76C, 241 – 246.

- TORT, L., TORRES, P., 1988. The Effects of Sublethal Concentrations of Cadmium on Haematological Parameters in the Dogfish *Scyliorhinus canicula*. J. Fish Biol. 32, 277 – 282.
- TORT, L., TORRES, P., FLOS, R., 1987. Effects on Dogfish Haematology and Liver Composition after Acute Copper Exposure. Comp. Biochem. Physiol., 87C (2), 349 – 353.
- TORRES, P., TORT, L., FLOS, R., 1987. Acute Toxicity of Copper to Mediterranean Dogfish. Comp. Biochem. Physiol., 86C, 1, 169 – 171.
- TULASI, S.J., REDDY, P.U., RAO, J.V.R., 1992. Accumulation of Lead and Effects on Total Lipids and Lipid Derivatives in the Freshwater Fish *Anabas testudineus*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 23, 33 – 38.
- VAN VUREN J.H.J., DU PREEZ, H.H., WEPENER, V., ADENDORFF, A., BARNHOORN, I.E.J., COETZEE, L., KOTZÉ, P., NUSSEY, G., 1999. Lethal and Sublethal Effects of Metals on the Physiology of Fish: An Experimental Approach with Monitoring Support. WRC Report No. 608/1/99
- VOYER, R.A., YEVICH, P.P., BARSZCZ, C.A., 1975. Histological and Toxicological Responses of the Mummichog *Fundulus heteroclitus* (L.) to Combination of Levels of Cadmium and Dissolved Oxygen in a Freshwater. Wat. Res., 9, 1069 – 1074.
- WITESKA, M., JEZIERSKA, B., 2003. The Effects of Environmental Factor on Metal Toxicity to Fish. Fresenius Environmental Bulletin, 12(8), 824 – 829.
- WONG, C.K., WONG, M.H., 2000. Morphological and Biochemical Changes in the Gills of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to Ambient Cadmium Exposure. Aquat. Toxicol. 1; 48 (4), 517 – 527.
- WOO, P.T.K., SIN, Y.M., WONG, M.K., 1993. Effects of Short Term Acute Cadmium Exposure on the Blue Tilapia *Oreochromis mossambicus*. Environ. Biol. of Fishes, 37, 67 – 74.

- YANG, H.N., CHEN, H.C., 1996. Uptake and Elimination of Cadmium by Japanese Eel *Anguilla japonica*, at Various Temperatures. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 56, 670 – 676.
- ZYADAH, M.A., 1999. Accumulation of Some Heavy Metals in *Tilapia zilli* Organs from Lake Manzalah Egypt. Tr. J. of Zoology, 23, 367 – 372.

ÖZGEÇMİŞ

16.06.1981 yılında Adana’da doğdum. İlkokulu Tahsilli ilkokulunda, orta okulu Meryem Abdurrahim Gizer ortaokulunda, liseyi Çağrı Bey Süper lisesinde tamamladım. Üniversite eğitimimi Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümünde aldım ve 2003 yılında mezun oldum. 2003-2004 eğitim döneminde Çukurova Üniversitesi, Eğitim Fakültesinde Tezsiz Yüksek Lisans Eğitimimi Tamamladım. 2004–2005 eğitim döneminde Çukurova Üniversitesi Yabancı Diller Eitim Merkezi’nde İngilizce Hazırlık eğitimi aldım. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans çalışmalarına başladım.