

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

GAP BÖLGESİNİN SUCUL ORTAMLARINDA
YAŞAYAN *Gambusia affinis* (Sivrisinek Balığı)'teki
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Nuri AKTÜRK

YÜKSEKLİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
TEMMUZ 2009

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

GAP BÖLGESİNİN SUCUL ORTAMLARINDA
YAŞAYAN *Gambusia affinis* (Sivrisinek Balığı)'teki
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Nuri AKTÜRK

YÜKSEKLİSANS TEZİ

DANIŞMAN: Yrd.Doç.Dr. Hülya KARADEDE - AKIN

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2009

DIYARBAKIR

T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

MEHMET NURİ AKTÜRK tarafından yapılan bu çalışma, jürimiz tarafından
Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı	Adı Soyadı
Başkan	: Prof.Dr. Erhan ÜNLÜ
Üye	: Doç.Dr. Fırat AYDIN
Üye	: Yrd.Doç.Dr. Hülya KARADEDE-AKIN

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

...../...../.....

.....

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

(MÜHÜR)

ÖZ

Bu çalışmanın konusu GAP bölgesinin 9 farklı istasyonundan alınan su, sediment ve sivrisinek balığındaki (*Gambusia affinis*) Cd, Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metal seviyelerinin belirlenmesidir. Çalışılan istasyonlardaki sediment örnekleri incelendiğinde istasyonlar arasında lokal varyasyonların olduğu görülmektedir.

ICP-OES kullanılarak yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde ağır metallerin balığın kas ve içorganlarında farklı düzeyde biriktiği ve önemli farklılıklar göstermiş olduğu bulunmuştur ($P<0,05$). İncelenen balıkların iç organlarında, kasa oranla daha yüksek Fe, Zn, Cu ve Mn bulunmuştur. Kas için en yüksek Fe ve Ni birikimi Batman Çayı'nda alınan örneklerde bulunmuştur. Kastaki Fe ve Ni metali için Batman Çayı örnekleri ile diğer istasyonlardan elde edilen örnekler arasında önemli istatistiksel farklılık göstermiştir ($P<0,05$). Kas için Mn, Cu ve Co en yüksek Devegeçidi baraj gölü örneklerinde tespit edilmiştir. Mn ve Cu için Devegeçidi ile diğer istasyonlar arasındaki fark önemlidir ($P <0,05$). Kasta Zn en yüksek Bozova örneklerinde bulunmuştur. Bozova istasyonundan elde edilen örnekler ile diğer istasyonlardan elde edilen örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Cd için kasta en yüksek metal birikimi Adıyaman, içorganda ise en yüksek metal birikimi Batman, Pb için kastaki en yüksek metal birikimi Batman Çayı örneklerinde, iç organda ise en yüksek metal birikimi Ongözlü Köprü örneklerinde bulunmuştur.

Gambusia örneklerinin kas ve iç organlarındaki Cd, Pb ve Co miktarı Dicle nehri, Bozova ve Devegeçidi Barajında ICP-OES'nin duyarlılık sınırları altında

olduğundan belirlenememiştir. Metal birikim değerleri kas ve içorganda sırasıyla Fe>Zn>Mn>Cu şeklinde tespit edilmiştir. *Gambusia affinis*'in kas ve iç organlarındaki ağır metal konsantrasyonu FAO ve Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının izin verdiği değerlerle uyum içinde olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Gambusia affinis*, Ağır metal, GAP, Biyolojik birikim, ICP-OES

Abstract

The purpose of this study is to observe the levels of heavy metals such as Cd, Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn within water, sediment and “mosquito fish” (*Gambusia affinis*) taken from 9 different stations of GAP. When sediment samples from the studied stations were observed, local variations came out between stations.

When the analysis results were examined by ICP-OES method, it is observed that heavy metals are stored in muscle and inner organs of the fish and they carry some important differences ($P<0,05$). Inner organs of observed fish contained higher levels of Fe, Zn, Cu and Mn compared to muscle. The highest accumulation of Fe and Ni for muscles was observed in Batman stream. In terms of Fe and Ni metals in muscle, important statistical differences are found between the samples of Batman stream and the other stations. ($P<0,05$). The highest level of Mn, Cu and Co for muscle was obtained in Devegeçidi dam. The difference between Devegeçidi dam and other stations for Mn and Cu is important ($P<0,05$). The highest level of Zn in muscle was observed in Bozova station. The statistical differences between Bozova station and the other stations are found to be important. The highest concentration level of Cd in muscles was observed in Adıyaman, while for inner organs in Batman stream, The highest concentration level of Pb was observed in samples of Batman stream, and for inner organs it was observed in samples of Ongözlü Bridge. At some regions, amount of Cd, Pb and Co within muscles and inner organs of *Gambusia* samples couldn't be observed due to lack of ICP-OES level of sensitivity at these regions. Level of metal storage in muscles and inner organs are observed as $Fe>Zn>Mn>Cu$ following the order. It has been observed that heavy metal concentration of muscles and inner organs

of *Gambusia affinis* is in accordance with (FAO and Ministry of Agriculture and Rural Affairs) allowed levels.

Keywords: *Gambusia affinis*, Heavy metal, GAP, Biological Accumulation, ICP-OES

TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunda çalışmalarım sırasında bana her türlü yardımı esirgemeyen danışmanım Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yrd.Doç.Dr.Hülya KARADEDE-AKIN'a, ayrıca Hidrobiyoloji Anabilimdalı Başkanı Prof.Dr. Erhan ÜNLÜ'ye teşekkürü bir borç bilirim. Arazi çalışmalarında bana yardım eden Arş.Gör.Tarık ÇİÇEK, Necmettin DOĞAN ve Mehmet Cihan YAVAŞ'a teşekkür eder, ayrıca örneklerin analizlerinde bana yardımcı olan Kimya Bölümü öğretim elemanlarından Sayın Arş. Gör.Ersin KILINÇ'a, istatistiksel analizlerin yapılmasında yardımlarını gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Ersin UYSAL'a, bu çalışmayı 07-02-20 nolu proje ile destekleyen Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonuna teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, çalışmamın başından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli abim Mustafa AKTÜRK'e aileme, özellikle sabır, anlayış ve desteğinden ötürü sevgili anneme sonsuz minnetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZ	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1.KAYNAKLAR.....	5
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1. GAP Bölgesi	8
2.2. GAP Bölgesinde Örnek Toplanan İstasyonlar	8
2.3. AĞIR METALLER.....	14
2.4. TOKSİKOLOJİK OLARAK ÖNEMLİ BAZI AĞIR METALLER	25
2.5. KAYNAK ARAŞTIRMASI	30
2.6. KAYNAKLAR	35
3. MATERYAL VE METOD	44
3.1. ARAŞTIRMA İSTASYONLARI	44
3.2. SU ÖRNEKLERİNİN ALINMASI	45
3.3. SU ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI	45
3.4. SU ÖRNEKLERİNİN ICP-OES'DE OKUTULMASI	45
3.5. SEDİMENT ÖRNEKLERİNİN ALINMASI	45
3.6. SEDİMENT ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI.....	46

3.7.SEDİMENT ÖRNEKLERİNİN ICP'DE OKUTULMASI.....	47
3.8.BALIK ÖRNEKLERİNİN TOPLANMASI	47
3.9.BALIK ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI	47
3.10. BALIK ÖRNEKLERİNİN ICP'DE OKUTULMASI.....	49
3.11.İSTATİKSEL HESAPLAMALAR	50
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	51
4.1. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	51
4.1.1. Su ve sedimentteki ağır metal değerleri	51
4.1.2. Dicle Nehri <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri	51
4.1.3. Ongözlü Köprü <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri	52
4.1.5. Devegeçidi Barajı <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri	53
4.1.6. Bozova İstasyonu <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri.....	54
4.1.7. Adıyaman-Ziyaret Çayı Bölgesi <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri.....	55
4.1.8. Fabrika Çayı <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri	56
4.1.9. Göksu Çayı <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri	57
4.1.10. Batman Çayı <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri.....	58
4.1.11. Akçakale İstasyonu <i>Gambusia affinis</i> Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri	59
4.2. ÇİZELGE VE ŞEKİLLER	69
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
5.1. KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	95

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Bazı ağır metaller ve önemleri

Çizelge 2.2. Ağır metallerin kirlenmiş ve kirlenmemiş sedimentte olabilecek konsantrasyonları

Çizelge 2.3. Tarım ve köy işleri bakanlığı değerleri

Çizelge 2.4. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) izin verdiği değerler (mg/kg)

Çizelge 3.1. BERGHOF speedwave MWS-3 Mikrodalga fırınında sediment numunelerinde çözünürleştirme koşulları

Çizelge 3.2. BERGHOF Speedwave MWS-3 Mikrodalga fırınında balık numunelerinde çözünürleştirme koşulları

Çizelge 4.1. Bölgelerarası sudaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.2. Bölgelerarası sedimentteki ağır metal değerleri

Çizelge 4.3. Sedimentteki Referans Materyal Değerleri ile Ölçülen Değerler (mg/kg)

Çizelge 4.4. DOLT-3'teki Referans Materyal Değerleri ile Ölçülen Değerler (mg/kg)

Çizelge 4.5. Dicle nehriindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.6. Ongözlü’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.7. Devegeçidin’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.8. Bozovadaki *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.9. Adıyaman’daki *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.10. Fabrika Çayındaki *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.11. Göksu Çayındaki *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.12. Batman Çayındaki *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.13. Akçakale’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Çizelge 4.14. Bölgelerarası *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ölçülen ağır metal konsantrasyonları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Örnek Toplanan İstasyonlar

Şekil 4.1. Dicle nehrindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyon değişimi

Şekil 4.2. Dicle nehrindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.3. Ongözlüdeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.4. Ongozlü'deki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.5. Devegeçidindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.6. Devegeçidindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.7. Bozovadaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.8. Bozovadaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.9. Adıyaman'daki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.10. Adıyaman'daki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.11. Fabrika çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.12. Fabrika çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.13. Göksu çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.14. Göksu çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.15. Batman çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.16. Batman çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.17. Akçakale'de *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Şekil 4.18. Akçakale’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb’deki ağır metal konsantrasyonlarının değışimi

Şekil 4.19. Bölgelerarası *Gambusia affinis*’in iç organındaki ağır metal konsantrasyonlarının değışimi

Şekil 4.20. Bölgelerarası *Gambusia affinis*’in kastaki ağır metal konsantrasyonlarının değışimi

SİMGELER VE KISALTMALAR

mg: Miligram

kg: Kilogram

ppm: Milyonda bir (1/1.000.000), mg/kg

Min:Minimum

Max:Maksimum

Ca: Kalsiyum

Cd: Kadmiyum

Co: Kobalt

Cr: Krom

Cu: Bakır

Fe: Demir

Hg: Civa

Hg: Civa

Mn: Mangan

Na: Sodyum

Ni: Nikel

Pb: Kursun

Zn: Çinko

HNO₃: Nitrik Asit

HCl: Hidroklorik asit

ICP: İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi

AAS: Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi

MT: Metalotiyonein

1. GİRİŞ

Son çeyrek yüzyılda, hızlı sanayileşme ve nükleer teknolojinin yaygınlaşması, doğa kirlenmesine yeni boyutlar getirmiş ve sağlıklı bir yaşam için çevrenin korunması kaçınılmaz bir gerçek olmuştur. Çevre kirlenmesi olayı, artan nüfusa daha iyi koşullarda yaşam ortamı sağlamak amacıyla üretimin artırılmasından kaynaklanmaktadır. Üretimin aşırı şekilde artması, doğanın kendini yenileme kapasitesi üzerine çıktığında çevre kirlenmesi başlamaktadır¹. Endüstriyel ve evsel atık sular ile bir milyon kadar farklı kirleticinin doğal sulara girdiği tahmin edilmektedir². Bu kirleticilerden endüstriyel atık sular çok değişik karakterde olmaları, toksik etki meydana getirmeleri ve ihtiva ettikleri özellikle ağır metallerin besin zincirinde birikerek insan sağlığını tehdit etmelerinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Özellikle Cd, Hg, Pb ve Cr gibi ağır metaller, besin zinciriyle girdikleri canlı bünyelerinden atılamadıkları gibi biyolojik birikime uğrarlar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması durumunda toksik etki yaparlar. Bu birikim sonucunda, sulara yaşayan balıklar ve diğer canlılar ölebilir, hatta bu canlılarla beslenen insanlara geçebilir ve insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etki yaratabilir. Toksik maddelerin suda düşük konsantrasyonda bulunmaları bile insan sağlığına zararlıdır¹. Daha da önemlisi toksik organik atıkların metallerle birleşerek veya başka bileşiklere dönüşerek daha toksik hale geçmeleri büyük sorunlar yaratmaktadır³.

Normal koşullarda ağır metallerin doğadaki düzeyi düşüktür. Ancak insan nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak, endüstriyel gelişmeler ve kentleşme sonucu yer küredeki ağır metal yükü artış göstermiştir. Ağır metallerin başlıca kaynakları maden ocakları, metal ve kâğıt endüstrisinin atık suları, gübreler, fosil yakıtlar, pestisitler ve çeşitli kimyasallardır⁴. Genellikle, ağır metal içeren sanayi ve kent atıkları su

yardımıyla daha uzak noktalardaki büyük sucul ortamlara verilmektedirler. Bu nedenle, tatlı sulardaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi öncelik taşımaktadır. Sucul ekosistemlerin ağır metaller tarafından kirlenmesi önemli bir çevresel problemdir⁵.

Ağır metaller bazı tehlikeli maddelerden oluşur ki bunlar birikebilme özelliğine sahiptirler⁶. Bunlar canlı bünyesine girer ve atılamaz, fakat bu metaller daha ziyade canlıların dokularında birikirler⁷. Çevrede birikmiş olan bu metaller besin zinciri yoluyla insan sağlığını tehdit etmekte ve ekolojik zararlarda vermektedirler⁸. Sucul canlılar ağır metal kirliliğini tipik olarak gösterdiği için biyolojik bir indikatör tür olarak kullanılır^{9,10}. Bunlar; Sucul böcekler¹¹, balıklar^{12,13}, protozoa¹⁴, bitkiler¹⁵ ve crustaceadır¹⁶. Balıklar sucul ekosistemlerdeki en üst tüketicilerdir¹⁷ ve bu yüzden balıktaki ağır metal konsantrasyonları çoğu kez çevresel indikatör olarak kullanılmaktadır^{12,18}. Balıklar metalleri biriktirme özelliğine sahiptirler bundan dolayı çoğu bölgede metallerin konsantrasyonlarının karşılaştırılmasında bir gösterge olarak kullanılırlar.

Poeciliidae familyasının bir üyesi olan *Gambusia* genusunun ana vatanı Kuzey Amerika'da; *G. affinis*, *G. nobilis*, *G. senilis*, *G. gaigei*, *G. geiseri*, *G. heterochir*, *G. amistadensis*, *G. georgei* gibi değişik türleri vardır. Ancak *G. affinis*, ekonomik değeri olmadığı halde, besin zincirinde sivrisinek yumurtası, larvası ve pupalarının olması nedeniyle sivrisineklere karşı savaşta biyolojik mücadele aracı olarak tüm dünyaya yayılmış ve üzerinde pek çok bilimsel çalışma yapılmıştır¹⁹.

Gambusia affinis genellikle küçük göllerde, hendeklerde, su birikintilerinde, yavaş akan ve vegetasyonun bol olduğu ılık sularda yaşar. Özellikle su kaynaklarının sığ kenarlarını tercih ederler. Çünkü buralarda su daha sıcak, besin daha bol ve

büyük balıklar tarafından avlanma riski daha azdır²⁰. Sivrisinek balığının sivrisineklerle savaşındaki başarısı pek çok deneyle kanıtlanmıştır²¹. Sivrisinek balıkları ovovivipardır. üreme zamanı, doğal koşullarda Nisan - Ağustos aylarıdır. Ancak ılık su kaynaklarında yaşayanlarda yıl boyu üreme görülebilir¹⁹.

Bu balık sıtma hastalığıyla mücadele için GAP bölgesinin çeşitli bölgelerine bırakılmışlardır. Bu balık genellikle sivrisinek larvalarıyla beslenir bunun yanı sıra çeşitli sucul invertebratlarla beslenir. Bunlar cladoceranlar, nematod, copepod ve dipter larvalarıdır. Bitkiler ve alglerle de beslenirler. Bu invertebratlardan bazıları bentik besinlerle beslenirler, bundan dolayı sürekli sedimentteki metallere temas halindedirler²². Ağır metaller besin zinciri yoluyla *Gambusia affinis*'e geçebilir. Bunun yanı sıra nehir yataklarının kirlenmesiyle *Gambusia affinis*'in yaşadığı bölgeler sürekli kirlenmekte ve ağır metaller balıkta birikebilmektedir. GAP bölgesinde çok sayıda su kaynakları bulunmaktadır. Bu kaynaklar sürekli olarak antropojenik etkiler endüstriyel atıklar evsel atıklar ve madencilik faaliyetleriyle sürekli olarak bu bölgeler kirletilmektedir. Bu alanlarda meydana gelen kirlilikler insan sağlığı ve çevre üzerine olumsuz etkiler yaratmaktadır. GAP projesinin uygulanmasıyla birlikte yeni tarım alanlarının açılması, bu bölgede zirai amaçlı pestisit kullanımının artmasına yol açacaktır. Ayrıca bu projeye birlikte sanayinin gelişmesi sonucunda doğal çevreye salınan ağır metal gibi toksik kimyasalların doğuracağı tehlikeleri beraberinde getirecektir. Bundan dolayı bu bölgelerde ağır metallerin neden olduğu kirlilik düzeyini belirlemek son derece önemlidir. GAP bölgesinde yeni yapılan barajlarla ve nüfusun artmasıyla su bölgelerinin ekosisteminde önemli değişimlerin olacağı beklenmektedir. Çalışmamızda bu değişimler sonucu önemli bir çevresel sorun olan

su, sediment ve balık türündeki ağır metal birikiminin hangi seviyelerde bulunduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın konusu GAP bölgesinin 9 farklı istasyonundan alınan su, sediment ve sivrisineek balığındaki (*Gambusia affinis*) Cd, Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metal seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İstasyonlar arasında elde ettiğimiz değerler istatistiksel olarak karşılaştırıp hangi bölgenin daha fazla kirlenmeye maruz kaldığı belirlenecektir. insan sağlığı üzerindeki olası çevresel problemler belirlenecektir.

1.1.KAYNAKLAR

1. Dökmeci, İ. *Çevre Kirlenmesinde Rol Oynayan Toksik Maddeler* **1988**, 488-489.
2. Förstner, U.; Wittman, G. T. W. *Metal pollution in the aquatic environment. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1981*, 486.
3. Sarıeyyüpoğlu, M.; Say, H. A. *study on heavy metal accumulation of Barbus capito pectoralis caught from the region of Elaziğ sewage discharge into Keban Dam Lake. Symp. Aquatic Products, Izmir/Turkey, pp. 1991*, 121-130.
4. Heath, A. G. "Water Pollution and Fish Physiology", CRP Press Inc. Florida, **1987**, 245.
5. Rayms-Keller, A.; Olson, K. E.; McGaw, M.; Oray, C.; Carlson, J. O.; Beaty, B. J. *Effect of Heavy Metals on Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) Larvae. Ecotox. Environ. Safe. 1998*, 39, 41-47.
6. Tarifeno-Silva, E.; Kawasaki, L.; Yn, D. P.; Gorden, M. S.; Chapman, D. J. *Aquacultural Approaches to Recycling Dissolved Nutrients in Secondarily Treated Domestic Waste Waters: Uptake of Dissolved Heavy Metals by Artificial Food Chains. Water Res. 1982*, 16, 59-65.
7. Zwieg, R. D.; Morton, J. D.; Stewart, M. M. *Source Water Quality for Aquaculture: A Guide for Assessment. The World Bank. Washington D.C. 1999*.
8. Grimanis, A. P.; Zafiroopoulos, D.; Vassilaki, R.; Grimanis, M. *Trace Elements in the Flesh and Liver of Two Fish Species From Polluted and Unpolluted Areas in the Aegean Sea. Envir. Sci. Tech. 1978*, 12, 723-726.
9. Yang, R. S. H.; Rauckmann, E. J. *Toxicological Studies of Chemical Mixtures of Environmental Concern at the National Toxicology Program: Health Effects of Ground Water Contaminants. Toxicology. 1987*, 47, 15-34.

10. Wong, P. T. S.; Dixon, D. G. *Bioassessment of Water Quality. Environ. Toxic. Water*, **1995**, 10, 9-17.
11. Rayms-Keller, A.; Olson, K. E.; McGaw, M.; Oray, C.; Carlson, J. O.; Beaty, B. J. *Effect of Heavy Metals on Aedes aegypti (Diptera:Culicidea) Larvae. Ecotox. Environ. Safe.* **1998**, 39, 41-47.
12. Widianarko, B.; Van Gestel, C.A.M.; Verweij, R.A.; Van Straalen, N.M. *Associations Between Trace Metals in Sediment, Water and Guppy, Poecilia reticulata (Peters), from Urban Streams of Semarang, Indonesia. Ecotox. Environ. Safe.* **2000**, 46, 101-107.
13. Burger, J.; Gaines, K. F.; Boring, S.; Stephens, L.; Snodgrass, J.; Dixon, C.; McMahon, M.; Shukla, S.; Shukla, T. and Gochfeld, M. *Metal Levels in Fish from the Savannah River: Potential Hazards to Fish and Other Receptors. Environ. Res.* **2002**, 89, 85-97.
14. Fernandez-Leborans, G.; Olalla-Herrero, Y. *Toxicity and Bioaccumulation of Lead and Cadmium in Marine Protozoan Communities. Ecotox. Environ. Safe.* **2000**, 47, 266-276.
15. Mohan, B. S.; Hosetti, B. B. *Aquatic Plants for Toxicity Assessment. Environ. Res.* **1999**, 81, 259-274.
16. Allinson, G.; Laurenson, L. J. B.; Pistone, G.; Stagnitti, F. and Jones, P. L. *Effects of Dietary Copper on the Australian Freshwater Crayfish, Cherax destructor.* **2000**, 46, 117-123.
17. Dallinger, R.; Prosi, F.; Segner, H.; Black, H. *Contaminated Food and Uptake of Heavy Metals by Rainbow Trout (Salmo gairdneri): A field study. Oecologia.* **1987**, 73, 91-98.

18. Jorgenson, L. A.; Pedersen, B. *Trace Metals in Fish Used for Time Trend Analysis and as Environmental Indicators. Mar. Pollut. Bull.* **1994**, 28(4), 235-243.
19. Öztürk, Ş.; İkiz, R. *Akgöl (Fethiye - Muğla) Sivrisinek Balığı Gambusia affinis (Baird & Girard, 1853) Populasyonunun Bazı Biyolojik Özellikleri, T. J. Vet. Anim. Sci.* **2003**, 27, 911-915.
20. Rupp, H. R. *Mosquito Control with Gambusia affinis, J. Am. Mosquito. Contr.* **1997**, 13, 296.
21. Nelson, S. M.; Keenan, L. C. *Use of an Indigenous Fish Species, Fundulus zebrinus, in a Mosquito Abatement Program: A Field Comparison with the Mosquitofish, Gambusia affinis, J. Am. Mosquito. Contr.* **1992**, 8, 301-304.
22. Van den Broek, J. L.; Gledhill, K. S.; Morgan, D. G. *Heavy Metal Concentrations in the Mosquito Fish, Gambusia holbrooki, in the Manly Lagoon Catchment. In: UTS Freshwater Ecology Report Department of Environmental Sciences, University of Technology, Sydney.* **2002**.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. GAP Bölgesi

Fırat ve Dicle havzalarını kapsamaktadır. GAP'ın temel hedefi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi halkının gelir düzeyi ve hayat standardını yükselterek, bu bölge ile diğer bölgeler arasındaki gelişmişlik farkını ortadan kaldırmak, kırsal alandaki verimliliği ve istihdam imkanlarını artırarak, sosyal istikrar, ekonomik büyüme gibi milli kalkınma hedeflerine katkıda bulunmak ve çok sektörlü, entegre ve sürdürülebilir bir kalkınma anlayışı ile ele alınan bir bölgesel kalkınma projesidir. 1970'lerde Fırat ve Dicle nehirleri üzerindeki sulama ve hidroelektrik amaçlı projeler olarak planlanan GAP, 1980'lerde çok sektörlü, sosyo-ekonomik bir bölgesel kalkınma programına dönüştürülmüştür. Kalkınma programı, sulama, hidroelektrik, enerji, tarım, kırsal ve kentsel altyapı, ormancılık, eğitim ve sağlık gibi sektörleri kapsamaktadır. Proje, gelecek kuşaklar için kendilerini geliştirebilecekleri bir ortam yaratılmasını amaçlayan sürdürülebilir insani kalkınma felsefesi üzerine kurulmuştur; Kalkınmada adalet, katılımcılık, çevre korunması, istihdam, mekânsal planlama ve alt yapı geliştirilmesi GAP'ın temel stratejileridir¹.

2.2. GAP Bölgesinde Örnek Toplanan İstasyonlar

2.2.1. Dicle Nehri

Dicle Nehri Türkiye'de doğup birçok kolları olan ve Irak topraklarına geçip orada Fırat'la birleşerek Şattülarap'ta Basra körfezine dökülen nehirdir. Nehir ana kaynaklarını Doğu Anadolu dağlarından ve dipten sızma yoluyla Elazığ yakınlarındaki Hazar (Gölcük) gölünden alır. Türkiye'nin önemli akarsularındandır. Doğu Anadolu dağlarından çıkar, Basra Körfezi'ne dökülür. Toplam uzunluğu 1900 km'dir. Türkiye topraklarında kalan bölümün uzunluğu ise 523 km'dir. Diyarbakır'ın

güneyinde 8 km mesafede doğuya yönelir. Bundan sonra kuzeyden Toros Dağları yamaçlarından inen başlıcaları Ambar çayı, Kuru çay, Pamuk çayı ve Hazro çayı, Batman ve Garzan sularını alır. Güneyden ve Mardin eşiğinden inen sel yatakları Göksu ve Savur Çayı Dicle'ye katılır. Raman Dağının güney eteklerinde dar boğazlardan geçerek Botan Suyu ile birleşerek onun doğrultusunda güneye döner.

Dicle Nehri çevresindeki bölgelerin sosyo-ekonomik durumuna bakıldığında genellikle tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Dicle nehri üzerindeki barajlarla sulu tarım yapılabilmektedir. Bunun sonucunda hem tarım hem de sanayi gelişmekte, ekonomik yapı güçlenmektedir. Bölgede ekonomik yapının gelişmesiyle beraber yeni tarım alanlarının açılması, bölgede tarımsal amaçlı pestisit kullanımının artmasına yol açmaktadır. Ayrıca sanayinin gelişmesiyle çevreye salınan ağır metal miktarını artıracaktır. Dicle nehri sahasında ve çevresinde Cu, Cr, Pb, Zn ve Li yatakları bulunmaktadır. Fiziksel kirlilik olarak tanımlanan kil, kum, yabancı katı parçacık gibi suda çözünmeyen maddeler Dicle Nehri'ne önemli miktarlarda katılmakta ve suyun rengi, kokusu değiştirmektedir².

Dicle Nehrini Kirletecek Mevcut Kaynaklar

- a) Diyarbakır kentinin evsel atıkları
- b) Dicle, Kralkızı ve Devegeçidi barajlarındaki havzalarda tarımsal faaliyetler sonucu meydana gelen kirlenmeler (pestisit kullanımı)
- c) Madensel faaliyetler sonucu ağır metallerin Dicle nehrine ulaşması
- d) Maden bakır işletmesinin atık suları
- e) Diğer ilçelerin atık suları

Bu çalışmada Dicle Nehrinde örnek alınan yer Diyarbakır şehrinin doğu tarafında bulunan ve üniversite kampüsüne yakın olan Hevsel bahçelerinin civarından *Gambusia* örnekleri alınmıştır. Hevsel bahçeleri özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun yapıldığı ve kentin atık sularının döküldüğü yerdir.

2.2.2. Ongözlü Köprü

Ongözlü köprü on kesik kemer üzerinde duran bloklarla Dicle Nehrinin iki yakasını birleştirmektedir. Ongözlü köprü Şehrin çıkışında yer alan bu köprü eski Silvan yolu köprüsü olarak da bilinmektedir. Ongözlü köprünün yer aldığı bölge özellikle kentsel atıklar tarafından sürekli olarak kirletilmektedir. Burada bulunan molozlar sur belediyesi tarafından bir projeyle temizlenmektedir bu köprü Diyarbakır hayvan borsasına ve içki fabrikasına yakınlığıyla kirliliği göstermesi açısından önemli bir istasyondur.

2.2.3. Fabrika Çayı

Fabrika Çayı Diyarbakır şehrinin 8 km güneyinde bulunmaktadır. Adını yakınından geçtiği Fabrika köyünden alır. Diyarbakır içerisinde doğduktan sonra Diyarbakır içerisinde Dicle nehriyle birleşir. Fabrika Çayı Çarıklı kasabasının atık sularının döküldüğü yerdir. Atık sular ve çayın etrafında yapılan tarım faaliyetleri sonucu dere önemli ölçüde kirletilmiştir.

2.2.4. Devegeçidi Barajı

Devegeçidi Barajı, Devegeçidi Çayı üzerinde, sulama amacıyla 1965 - 1972 yılları arasında inşaa edilmiş bir barajdır. Diyarbakırın 25 km kadar kuzeybatısında bulunmaktadır. Kaya gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 3.240.000 m³, akarsu yatağından yüksekliği 32,80 m, normal su kotunda göl hacmi 202,32 hm³, normal su kotunda gölalanı 32,14 km²'dir. 10.600 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir. Devegeçidi barajı Diyarbakır ilinin su ihtiyacını karşılamaktadır. Yerleşim alanlarından ve endüstri tesislerinden kaynaklanan evsel ve endüstriyel nitelikli atık sular, tarımsal faaliyetler sonucu meydana gelen kirlenmeler (pestisit kullanımı) halihazırda doğrudan ve dolaylı yollarla Devegeçidi barajına dökülmektedir dolayısıyla çevreye salınan atık sular potansiyel tehlikeleri beraberinde getirmektedir.

Devegeçidi Barajını Kirleten Başlıca Kaynaklar

- a) Org.Fazıl Bilge Garnizonunda yer alan askeri birliklerin atıkları**
- b) Petrol üretim sahalarından karışan atıklar**
- c) Diyarbakır kentinin yeni çöp sahasından kaynaklanan sızıntı sular**
- d) Ergani ilçesinin atık suları**
- e) Tarımsal faaliyet sonucu meydana gelen kirlenmeler**

2.2.5. Batman ayı

Batman ayı, Batman ile Diyarbakır arasında doğal bir sınır oluşturmaktadır. Güneydoğu Torosların güney yamaçlarından doğan Batman ayı, Dicle Nehri ile birleşir ve Basra Körfezi'ne dökülür. Yaklaşık olarak 115 kilometresi Batman il sınırları içindedir. Batman Şehrinin ismi de buradan gelmektedir. Batman ayı'nın üzerinde Batman Barajı kuruludur. Batman Barajının kurulmasıyla beraber yeni tarım alanlarının açılması sonucu bölgede tarımsal amaçlı pestisit kullanımının artmasına yol açmaktadır. Batman ayının yakınlarında bulunan petrol rafinelerinden ve sanayi kuruluşlarından çok sayıda atık madde evre için olası bir tehlike yaratmaktadır.

2.2.6. Şanlıurfa-Bozova

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Şanlıurfa iline bağlı bir ile olan Bozova, batısında Halfeti, güneybatısında Birecik, güneyinde Suruç, güneydoğu ve doğusunda Şanlıurfa Merkez, kuzeydoğuda Hilvan ilçeleri, kuzeyinde de Adıyaman ili ile çevrilidir. Şanlıurfa'nın batı kesiminde yer alan ilçenin kuzeyi ve doğusu dağlık, güneyi daha alçak ve düzlüktür. İlçenin batısını Arat dağlarının uzantıları, güneyini de Kaplan Dağları engemelendirir. İlçenin kuzeydoğusu ise Hilvan Ovasının devamı niteliğindedir.

İlçe topraklarını Fırat Irmağının kollarından Bitik Deresi ve Macunlu deresi sulamaktadır. İl merkezine 38 km. uzaklıktaki ilçenin yzlm 1.550 km², toplam nüfusu 26.756'dır. İlçe ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında olan Şanlıurfa ve ilçelerinde tarım üretimi sürekli artış göstermektedir. Bunun sonucu olarak tarımsal amaçlı pestisit kullanımı artmıştır.

GAP projesiyle birlikte sanayinin gelişmesi, çevreye salınan ağır metal ve pestisit gibi toksik kimyasallar çevrede olası tehlikeler meydana getirmektedir.

2.2.7. Şanlıurfa- Akçakale

Akçakale Şanlıurfa ilinin bir ilçesi olup 49 km uzaklıktadır. İlçenin geliri pamuk, mısır, buğday, arpadan gelir. Suriye'nin sıfır noktasındadır. Türkiye'nin en verimli ovasının içinde yer alır. İlçede yoğun olarak tarımsal faaliyetler yapılmaktadır. Sonuç olarak çok sayıda atık madde sulara bırakılmaktadır (pestisitler ve gübre kullanımı). İlçede bilinçsiz sulama sonucu erozyon meydana gelmiştir. Sulamayla beraber topraktaki çok sayıda ağır metal gibi maddeler sulara taşınmıştır. Bunlar çevre üzerinde olası bazı tehlikeler oluşturmaktadır.

2.2.8. Adıyaman -Ziyaret Çayı

Adıyaman şehrinin 5 km. doğusundan geçen bu çay, Güneydoğu Toroslar' ın güney eteklerinden doğar. Kor, Cebel ve İndere (Zey) köylerinin karstik sularını alarak İpekli civarında Fırat Nehri'ne suyunu boşaltır. Yazın buharlaşmadan dolayı su kaybına uğramasına rağmen çevresindeki tarım alanlarının küçük bir bölümünün sulanmasında önemli rol oynar. Bu çay evsel atıkların arıtılmadan doğrudan ya da dolaylı şekilde bu sulara deşarj edilmesi, katı atıkların düzensiz depolanması, bilinçsizce yapılan zirai ilaçlama ve yanlış toprak işlenmesinin sonucu toprak erozyonu, tarım dışı arazilerde oluşan toprak erozyonundan dolayı sürekli olarak kirletilmektedir. Bundan dolayı bu bölgede olası ağır metal kirliliğinin belirlenmesi önemlidir.

2.3. AĞIR METALLER

Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler. Az miktarda vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin bakır, selenyum, çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Ağır metaller canlı organizmalar tarafından absorbe edilirler ve protein, nükleik asit gibi benzeri yapılarla bağlanıp organizmanın normal fonksiyonunu bozabilirler³. Böyle toksik metaller sadece hastalıklara neden olmaz aynı zamanda genotoksik etkilerde meydana getirebilir⁴. Ağır metaller tehlikelidir çünkü biyobirikme eğilimlidirler. Biyobirikim zamanla biyolojik bir organizmada bir kimyasal konsantrasyonun, kimyasalın doğadaki konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında artması demektir. Bileşikler herhangi bir zamanda canlılarda birikebilirler ve onların vücuda alınmaları ve depolanması metabolize edilmelerinden veya atılmalarından daha hızlıdır. Ağır metaller organizmalar üzerinde akut ve kronik etkiler yapar. Bunun yanında organizmaların büyümeleri ve üremeleri üzerine olumsuz etki yapabilir⁵.

Bazı ağır metallerin balıklarda birikmesi balıkların popülasyonu ve üremesi üzerine önemli bir etki yapar. Yetişkin bir dişi balık tarafından ağır metaller ovaryuma, oradan da yumurtaya geçer sonuç olarak da yumurtada bulunan larvanın gelişimi üzerine olumsuz bir etki yapar⁶.

Sucul ve karasal ekosistemler arasındaki ilişki sucul canlıların hayatta kalmaları için önemlidir^{7,8}. Balıklar ekosistemde önemli bir görevi vardır. Buna ek olarak insanlar için önemli bir besin kaynağıdır. Balıkların besin döngüsünde ve

ekosistemin dengede kalmasında önemli görevleri vardır⁹. Metallerin büyük çoğunluğu amino asitlerle ve proteinlerin SH gruplarıyla bağlanabilme yeteneğine sahiptir. Bundan dolayı bu metaller enzim inhibitörü olarak davranırlar. Metallerin hem toksikolojik hem de fizyolojik etkilerini anlamak için onların organizmadaki birikiminin bilinmesi gerekir. Ağır metallerin zararları onların konsantrasyonuna bağlıdır. Kadmiyum ve civa kronik toksik etkilere ve böbrek yaralanmalarına neden olur. Bunun yanı sıra böbrek fonksiyonlarının bozulması, üreme yeteneğinin azalması gibi zararlara neden olabilir. Kurşun böbrekte ve karaciğerde bazı fonksiyonları bozar. Diğer metaller ise böbrek iltihabına, böbrekte yoğun lezyon oluşumuna neden olur. Türler çevredeki kirlenmelerin negatif etkilerine karşı çok hassastırlar. Tatlı su balıkları için ağır metal toksisitesi suyun kimyasına, sıcaklığına, balığın yapısına ve mevsimsel şartlara bağlıdır¹⁰.

Bazı metal iyonları organizmalardaki enzimatik reaksiyonlar için kofaktör olarak gerekmektedir. Fakat çoğu organizmalar için mg L⁻¹ seviyesinde ağır metal iyonlarının konsantrasyonları toksik olabilir. Bazı enzimler ağır metal iyonları tarafından inhibe edilebilirler¹¹. Bakır, bütün canlı organizmaların biyokimyasında önemli bir role sahiptir. sucul canlılar bakırı direkt sudan alırlar ki bu da çeşitli dokularda aşırı bakır birikimine neden olur¹². Bakır enzimatik reaksiyonlar için de gerekli olsada bu metal potansiyel olarak toksik etki yaratabilir. Metallothioneins(MT) proteinleri ağır metal toksisitesine karşı hayati bir öneme sahiptir. Bu protein metallerin toksitesini engeller¹³. Cyt p450 enzimleri de metallerin detoksifikasyonunda önemli rolleri vardır. Bu enzimin seviyesi son yapılan çalışmalarda ağır metallerin miktarına bağlı olarak değiştiği ispatlanmıştır¹⁴.

MT düşük m?lek?l ağırlıkta, sistein bakımından zengin ağır metallerle bağlanabilen bir proteindir¹⁵.

Ağır metallerin canlılarda birikimi biyolojik fakt?rlerin yanı sıra suyun fiziko-kimyasal yapısına da bađlıdır¹⁶. Suyun kimyası ağır metallerin ?evredeki dağılışına etki edebilir¹⁷. Tuzluluk, sertlik, organik bileşiklerin varlığı, askıda kalan maddeler ağır metal iyonlarının aktivitesini deđiştirir¹⁸.

Ağır metallerin ?evreye yayılımının da etken olan en ?nemli end?striyel faaliyetler ?imento ?retimi, demir ?elik sanayi, termik santraller, cam ?retimi, ??p ve atık ?amur yakma tesisleridir. Havaya atılan ağır metaller, sonu?ta karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan toz halinde solunurlar. Ağır metaller end?striyel atık suların i?me sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partik?llerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar ?zerinde etkin olurlar. Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine g?re yaşımsal ve yaşımsal olmayan şekilde sınıflandırılırlar. Yaşımsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı d?zenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. ?rneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan h?crelerinin ve bir?ok oksidasyon ve red?ksiyon prosesinin vazge?ilmez par?asıdır.

Çizelge 2.1. Bazı ağır metaller ve önemleri¹⁹

Element	Kaynaklar	Etki ve önemleri
Kadmiyum	Endüstriyel , madencilik ve metal kaplamacılık	Biyokimyasal olarak çinkoyla yer değiştirir, toksik
Krom	Metal kaplamacılık	Kansorejen
Bakır	Metal kaplamacılık endüstriyel atık, madencilik	Hayvanlarda çok toksik değil, alg ve bitkiler için toksik
Demir	Demir kaynakları	Kanda hemoglobin taşınması
Kurşun	Endüstriyel, madencilik, sıvı yakıt ve kurşun kaplamacılığı	Toksik, doğal yaşama zarar verir
Mangan	Mn yatakları, endüstriyel atık	Çok toksik değil, mangan oksitlerinden dolayı elbise ve banyo
Civa	Endüstriyel atıklar, madencilik ve kömür	Akut ve kronik toksisite
Çinko	Endüstriyel atıklar, metal kaplamacılık	Esansiyel element

Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan civadır. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir.

Metalik kirlenmelerin çoğu sularda toplanır. Sularda toplanma sularda çözünme şeklinde olabileceği gibi, çözünmeden suların dibinde toplanma şeklinde de olabilir. Bu şekilde bir kirlenme şehir endüstriyel ve zirai atıklardan ileri geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metalik maddelerden de gelebilir.

2.3.1. Sedimentteki Ağır Metal Birikimi

Sediment, genel anlamıyla doğal sularda değişen miktarlarda birikinti materyallerin yığılması, dip çamurunun oluşması anlamına gelmektedir. Sucul sistemlerde değişik karakterli materyalleri bünyesine alan sedimentler, coğrafi ve

doğal sebeplerden oluşan erozyonla, su içindeki ölü alglerin, organik ve inorganik maddelerin dip kısma çökerek birikmesi sonucu ortaya çıkmaktadır²⁰. Sedimentte depolanan, partikül halindeki (mekanik, kimyasal ve biyolojik parçalanma ürünü) organik ve inorganik materyallerdir. Çoğu askıdaki ve çözülmüş materyaller, hidrofobik organik kimyasallarla birleşerek dibe çökmesiyle sedimentte birikebilir. Dip sedimentlerde biriken kirleticiler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir sonucu olarak besin zincirinde depolanabilir veya serbest kalarak sediment üzerindeki su tabakasına geçiş yapabilirler²⁰. Ağır metaller suda genelde düşük seviyelerde bulunurken sediment ve biyotada düşündürücü konsantrasyonlara ulaşmaktadır²¹.

Çizelge 2.2. Ağır metallerin kirlenmiş ve kirlenmemiş sedimentte olabilecek konsantrasyonları.

Doğal sedimentler, µg/g	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg
Kirlenmemiş	--	<25	<25	<40	<1
Az kirlenmiş	--	25-75	25-50	40-60	--
Çok kirlenmiş	>6	>75	>50	>60	>1

Kaynak: Garbarino ve ark. 1995²².

Sedimentin kirlenmesi su canlılarını etkilemektedir. Sedimentler çevre kirliliğinin süresini göstermesi açısından önemlidir²³. Sedimentte biriken metaller birkaç fazda bulunabilirler bu fazlar; karasız metaller spesifik olarak yüzeye yapışanlar karbonatlar, Fe-Mn oksitler ve organik maddelerdir²⁴. Sedimente bırakılan bu metaller ya direkt suyoluyla ya da besin zinciri yoluyla canlılarda birikebilmektedir⁴. Sucul sistemlerde sedimentler metallerin depolandığı yer olarak bilinir. Sedimentte biriken ağır metal oranı sularınkinden çok daha fazla olabilir.

Sedimentte bulunan ağır metaller bentik organizmalara oradan da besin zinciriyle balıklara geçebilir.

2.3.2. Ağır Metallerin Balıklar Üzerindeki Toksik Etkisi

Fe dünya üzerinde en yaygın bulunan ve organizmalar için gerekli olan bir metaldir²⁵. Demir çok hücreli canlılarda hemoglobine bağlanarak dokulara oksijen taşınmasını sağlar. Balıkların solungaç sistemlerinde tıkanmalar ve hasarlar meydana getirdiğinden su içerisinde konsantrasyonunun fazla olması balıklar için toksik olabilir²⁶.

Mn bir geçiş metalidir ve su yüzeylerinde bir mikrobeseindir. Fakat yüksek konsantrasyonlarda balıklar için toksiktir²⁷. Cu düşük konsantrasyonlarda balıklar için bir besin kaynağıdır²⁸. Yüksek konsantrasyonlarda Cu düşük pH ile balıklar için öldürücü olabilir²⁹.

Ni çok sayıda metallothionein ve albümin içeren proteinlerle bağ yapar³⁰. Kirlenmiş su ve sediment yoluyla balıklara geçer³¹.

Kadmiyum canlılardaki işlevi bilinmeyen bir metaldir³². Kadmiyum genellikle balıklarda solungaçlara ve böbreklere zarar verir. Solungaçlarda hasar meydana getirerek mukus üretimini artırır ve solunum sistemini engeller³³.

Cd'un canlılarda birikmesi canlının yaş, cinsiyet, beslenme durumu, coğrafik çeşitlilik, yıllık ve mevsimsel değişikliklere bağlıdır³⁴. Fiziksel faktörler de Cd'un canlılarda birikme hızını etkiler. Ph'nın artması balıklarda ve kurbağa larvalarında Cd'un canlılarda birikmesine etki edebilir³⁵. Cd canlılarda fizyolojik, morfolojik ve

davranışlar üzerine çeşitli etkiler yapabilir. Son zamanlarda Cd ile metallothionein ilişkisi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır³⁶. Cd birikimi ile metallothionein miktarındaki hızlı artış önemlidir³⁷. Cd genellikle maden yataklarında Zn ile beraber bulunur ve balıklar üzerinde toksik bir etkiye sahiptir^{33,38}.

Çizelge 2.3. Tarım ve köy işleri bakanlığı değerleri³⁹

Ürün cinsi	Metal (mg/kg)					
	As	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Balık	1,00	0,50	0,10	1,00	20,00	50,00
yumuşakça	1,00	0,50	0,10	1,00	20,00	50,00
kabuklu	1,00	1,00	1,00	2,00	20,00	50,00

Çizelge 2.4. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) izin verdiği değerler (mg/kg)⁴⁰

	EC, 2001	FDA, 2001	FAO, 1983
Lead	0.2–0.4 – fish	1.5 – crustacean	0.5
Cadmium	0.05–0.1 – fish	3 – crustacean	0.5
Mercury	0.5–1.0 – fish	–	–
Nickel	–	70 – crustacean	–
Copper	–	–	30
Zinc	–	–	40

2.3.3. Ağır Metallerin Besin Zinciriyle Alınımı

Bir ekosistem, temel olarak abiyotik maddeler üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılardan oluşur. Ekosistemlerde yaşam, enerji akışı ve besin döngüleriyle

sürer. Bir ekosistemin dört temel bileşeni vardır. Üreticiler, tüketiciler, ayrıştırıcılar ve doğal çevre. İlk üç bileşen, dördüncü bileşenin oluşturduğu cansız doğa içinde varlıklarını sürdüren canlı yaşamı kapsar.

a.) Üreticiler: Ekosistemdeki bütün canlılar için besin kaynağıdır. Fotosentez yoluyla inorganik maddeleri organik maddelere dönüştürürler. Bunlar ototrof bakteriler ve bitkilerdir.

b.) Tüketiciler: Bitkisel ve hayvansal maddelerle beslenerek yaşamlarını sürdüren canlılardır. Birincil tüketiciler (otçullar) yalnızca bitkiler ile beslenirler. Enerji kaynağı olarak bitkilerin yapısında biriken organik maddeleri kullanırlar. İkincil tüketiciler (etçiller) yaşamlarını et yiyen hayvanları yiyerek sürdüren canlılardır. üçüncül tüketiciler ise bu karnivorlarla beslenen grubu oluşturur. Balıklar bu gruba dahildir.

c.) Ayrıştırıcılar (Çürükçüler): Bitki ve hayvan kalıntılarını parçalayarak, hem kendi besinlerini sağlarlar hem de çeşitli kimyasal maddeleri ayrıştırarak yeniden canlılar tarafından kullanılabilir hale getirirler. Bakteri ve mantar gibi organizmalar bu gruba girer.

Ağır metaller besin zinciriyle balıklara geçmektedir. Balıklar genellikle sucul invertebratlarla beslenirler. Bunlar; Cladocera, Nematoda, Copepoda, Dipter larvalarıdır. Bitkiler ve alglerle de beslenirler. Bu invertebratlardan bazıları bentik besinlerle beslenirler. Bu canlılarda biriken ağır metaller besin zinciriyle balıklara geçebilmektedir. Besin zincirinin üst basamaklarında bulunan balıklar bünyelerinde daha fazla ağır metal biriktirirler⁴¹.

2.3.4. Ağır Metallerin Vücut İçerisine Alınımı

Ağır metallerin vücut tarafından alınması, suyun ve sedimentin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Sudaki artan kalsiyum konsantrasyonu; Cu, Cd ve Zn'nun alınımını azaltır. Balıklar ağır metalleri deriden, sindirim sisteminden ve solungaçlardan olmak üzere üç yoldan alırlar. En fazla ağır metal absorpsiyonu solungaçlardan olurken derideki absorpsiyon oldukça azdır⁴².

a.) Solungaçlardan absorpsiyon: Balıklar, ağız yoluyla alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan geçmesi sırasında, suda çözülmüş veya askıda bulunan maddeleri de alırlar. Bu sırada suda bulunan ağır metaller de solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine alınır⁴³.

b) Sindirim sisteminden absorpsiyon: Balıklarda en çok zehirlenmeler ağız yoluyla alınan toksik maddelerle olmaktadır. Bu nedenle gastrointestinal absorpsiyon oldukça önemlidir. Sindirim kanalından absorbe olan toksik madde, kan dolasımları ile tüm vücuda dağılarak zehirlenmeye yol açabilir. Bu zehirlenme, zehrin türüne, şiddetine ve absorbe edilen konsantrasyona bağlı olarak değişiklik gösterir. Ağız yolu ile toksik maddelerin en fazla absorblanabildiği yer ince bağırsaktır. Bunun sebebi de bağırsakta villus ve mikrovillusların çok yaygın olmasıdır.

c.) Deriden absorpsiyon: Deri genellikle toksik maddelerle temas halindedir. Ancak derinin ağır metallerle karşı fazla geçirgen olmayışı nedeniyle, canlıların bu yolla zehirlenmeleri daha az görülür. Deride epidermis bölgesinde bulunan stratum corneum tabakası epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir⁴².

2.3.5. Ağır Metallerin Hücre İçerisine Girişi

Vücut içinde toksik maddeler etki gösterebilmeleri için öncelikle belli bir konsantrasyondan fazla olması gerekir. Vücuda giren toksik maddelerin vücuda girme hızı tamamen toksik maddelerin özelliği ve organizmanın kendi özelliği absorpsiyon hızına bağlıdır. Toksik maddeler vücuda girerken diğer maddelerin girdiği yolları kullanacaktır. Membranı aşabilmeleri için iki yol vardır.

1-Difüzyon

2-Özel transport denilen giriş yoludur.

2.3.5.1. Difüzyon(Pasif Transport): Çok yoğun konsantrasyonlardan az yoğun konsantrasyonlara doğru molekül geçişi olur. Pasif taşıma (pasif transport) küçük, yüksüz moleküllerin difüzyonu (basit difüzyon) ya da iyonların ve diğer yüklü moleküllerin protein aracılığıyla taşınması (kolaylaştırılmış difüzyon) yoluyla olur.

2.3.5.2. Özel transport: Üç şekilde meydana gelir.

1) Aktif transport 2) Kolaylaştırılmış Difüzyon 3) Endositoz

1-Aktif Transport: Toksik madde molekülleri, bir makromolekül ile kompleks yaparak hücre içine taşınır. Konsantrasyon farkı zorunluluğu yoktur. Toksik maddeyi membran içine taşır ve kompleks madde çarpışır bozulur sonra tekrar geri döner.

2-Kolaylaştırılmış Difüzyon: Herhangi bir basınç farkına enerjiyle ihtiyaç duymadan, transportor yardımı ile çok yoğun ortamdan az yoğun ortama olur.

3-Endositoz: Hücre membranı bir çukurluk oluşturarak küçük molekülleri içeren damlacıkları içine alır ve bunları sitoplazmaya geçirir⁴⁴.

2.3.6. Ağır Metallerin Balıktaki Birikimi

Ağır metaller sulara ayrışamadıklarından veya zor ayrıştıktıklarından organizmaların dokularında büyük konsantrasyonlarda birikir. Emilmeyen ağır metaller ise boşaltım sırasında vücuttan atılır. Eğer boşaltım işlemi bunun için yeterli değilse toksik ağır metaller toksik olmayan bileşikler içinde, biçim değiştirerek karaciğer ve böbrekte depolanır⁴⁵. Suda bulunan ağır metaller balıklarda beslenme ve absorpsiyon yolu ile birikebilmektedir⁴⁶. Bu birikim oranı ise balığın yaşına, bulunduğu yere ve beslenme durumuna göre değişir⁴⁷. Canlı organizmaların vücutlarında biriken bu ağır metaller besin zinciri yoluyla organizmadan organizmaya giderek artan miktarlarda geçmektedir. Ortamdan hiçbir şekilde yok olmayan ağır metaller burada yaşayan su ürünlerinin tüketilmesiyle insana kadar ulaşmakta ve bazen insan sağlığını tehdit edebilmektedir⁴⁷.

Değişik yollarla canlı yapısına alınan metaller her organ ve dokuda farklı birikim gösterirler. Ağır metaller vücutta çeşitli metabolik olaylara katıldıktan sonra vücut dışına atılabilen metallere fizyolojik öneme sahip olanları depolanabilir. Eğer toksik bir metal ise enzimlerin yapısını bozabileceği gibi, hücre içerisinde özel bir şekilde bağlanarak toksik etkisi kaldırılabilir⁴⁸.

Balıklarda Ağır Metal Birikimi;

a) Metalin, çeşidine, ortam derisimine ve etkide kalma süresine,

b) Türün, beslenme durumuna, yaşına, gelişme evresine, metabolik aktivitesine, doku ve organlara,

c) Suyun, fizikokimyasal özelliklerine ve ortamda bulunan diğer metallere bağlı olarak değişir^{49,50,51}.

Ağır metaller letal olmayan derişimlerde, genellikle balıkların karaciğer gibi metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikir^{52,53}. Balıklarda metallerin toksik etkileri ilk olarak solungaçlarda görülür. Bunun nedeni, solungaçların lamelli yapıları sayesinde oldukça geniş yüzey alanına sahip olması, ortamla doğrudan doğruya temas halinde olması ve su ile kan arasındaki difüzyon aralığının kısa olması gibi nedenlerle açıklanabilir⁵⁴.

Karaciğer, metallerin alınması ve depolanmasında önemli bir organdır, metalleri bağlayarak toksik etkilerinin yok edilmesinde işlev yapan metalotionin gruplarınca zengin proteinlerin başlıca sentezlenme yeridir. Metalotiyoneinler (MT), düşük moleküler ağırlıklı, sistein bakımından zengin, metal bağlayan, molekül ağırlığı 5000 kadar olan polipeptitlerdir⁴¹. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün beslenme alışkanlığına ve vücuda alınan metale bağlı olup, doku ve organlar arasında farklılık gösterir.

2.4. TOKSİKOLOJİK OLARAK ÖNEMLİ BAZI AĞIR METALLER

2.4.1. Kadmiyum

Kadmiyumun biyolojik sistemlerde herhangi bir işlevi olmamasına karşın, özellikle sucul ortamlarda metabolik olaylarda gereksinim duyulan iyonlarla rekabet halinde olması akuatik organizmalar tarafından alınımına, metal bağlayıcı bileşikler tarafından kolayca esterleştirilmesi organizmada birikimine, eser miktarda da gereksinim duyulmadığından regülasyonu yapılmamakta ve toksisiteye neden

olmaktadır. Balıklarda kadmiyum etkisinin, gelişme, üreme, yaşama süresi ve osmoregülasyonu olumsuz yönde etkiler³³.

Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar⁵⁵.

Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd^{2+} halinde bitki ve sucul canlılar tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olma özelliğine sahiptir⁵⁵.

Kadmiyum civadan sonra en toksik ikinci metaldir. Düşük konsantrasyonlarda toksik olabilen ve metabolik aktivite için gerekli olmayan bir metaldir. Canlı vücudunda kadmiyum genellikle metallothionein ile birleşmiştir³⁸. Metallothionein sisteince zengin, düşük moleküler ağırlığa sahip olan metal bağlayıcı bir proteindir⁵⁶.

2.4.2. Kurşun

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararlı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından (Çalışma ortamında izin verilen sınır 0,1

mg/m³) çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. 1920' lerde kurşun bileşikleri (Kurşuntetraetil Pb(C₂H₅)₄) benzine ilave edilmeye başlanmıştır ve bu kullanım alanı kurşunun ekolojik sisteme yayılımında önemli rol oynar⁵⁵.

Yerkabuğundaki konsantrasyonu az olmasına rağmen, kurşun insanoğlu tarafından eski zamanlardan beri çok iyi bilinen metallere birisidir. Kurşun gri renkli yumuşak bir metaldir. Kurşun çoğunlukla gümüş, bakır, çinko, antimon ve demir metalleriyle birleşmiş halde bulunur. Kurşunun önemli kullanım alanları ise; teneke kutu kapakları Kurşun-kalay karışımı kaplar, seramik sırları, böcek ilaçları aküler vb. alanlardır. Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra besinler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Kurşun suda Pb⁺ oksidasyon durumunda çözünür. Kurşun sülfat ise suda çözünmez. Kurşun balıkların besin zincirine katılarak vücutta birikebilir⁵⁵.

İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125–200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300–400 mg'ı geçmemektedir. Absorbe olan kurşunun atılımı çok yavaştır ve hayat boyu vücutta birikir. Vücuda genellikle solunum, su ve besinler yolu ile geçerek çeşitli yollarla vücuttan atılamayacak duruma geldiğinde böbrek, karaciğer, kas gibi doku ve organlarda birikirler⁵⁷.

2.4.3. Civa

Yerkabuğunda ortalama 0,08 ppm oranında bulunan civa deniz suyunda 3×10^{-5} ppm civarında bulunmaktadır. Doğal civa içeriği havada 0.005 – 0.06 ng/m³; bitkilerde 0,001 – 0,3 µg/g (genelde <0,01 µg/g) seviyelerindedir.

Civa yüksek buhar basıncı nedeni ile oda sıcaklığında bile kısmen buharlaşabilen bir metaldir. Fosil yakıtların yanması, madencilik sektöründe civa içeren kayaçların kırılması, civa üretimi esnasında ve katı atık depo sahalarının sızma, atık pillerin rastgele atılması, diş hekimliğinde kullanılan amalgam dolgular ve evde kullanılan civa içeren aletlerin kırılması sonucunda içerdikleri civanın ortalığa yayılması civanın insan faaliyetleri sonucunda havada ve sudaki oranlarının yükselmesine neden olmaktadır. Bir diğer önemli kirletici kaynak metil civadır. Suyu karışan civanın bakteriler ve organizmalar tarafından metil civaya çevirilmesi ile meydana gelir. Planktonlar, onları yiyen küçük balıklar ve midyeler ve küçük balıklarla beslenen büyük balıklar ve deniz memelileri ile besin zincirine karışır⁵⁵.

Canlılarda metalik ve metil civa vücuda alındığında kana karışarak beyine kadar gider ve beyinde akümüle olur. Buna karşın inorganik civa bileşiklerinin alınması durumunda bu bileşikler beyine gidemezler ancak bunlarda böbreklerde akümüle olarak böbreklerin çalışmasını engellerler.

Teneffüs edilen hava ile alınan civa, gıdalardan alındıktan çok daha tehlikelidir. Metalik civa suda pratikçe çözünmediğinden, içme sularından civa alınması ihtimali yok denecek kadar azdır. 1950'li yıllara kadar civa zehirlenmeleri üzerinde fazla durulmamıştır. Ancak 1953 yılında Japonya'da minamata koyunda yaşayan balıkçılarda ve ailelerinde görülen nörolojik hastalıklar birçok kimsenin ölmesine (44

kişi), birçoklarının da felç kalmasına neden olmuştur. Bunun sebebi uzun bir süre anlaşılammıştır. Ancak, kuşlarda ve kedilerde de benzer hastalıkların görülmesi olayın sebebinin cıva zehirlenmesi olduğu kanaatini uyandırmış ve yapılan araştırmalarda bunun doğruluğunu ortaya koymuştur. Bu üç türde koyda bulunan balıkları yediklerinden zehirlenmişlerdir. Şöyle ki plastik fabrikasından denize boşaltılan cıva sedimentte bakteriler tarafından metil cıva'ya dönüştürülmüştür. Çok toksik olan bu bileşiğin besin zincirinde biyolojik birikimi şu sırayla olur; **metil cıva**→**sucul bitkiler**→**algler**→**ilkel hayvanlar**→**balıklar**→**deniz kabukluları** → **insanlar** ¹⁹.

2.5. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dünyada ve ülkemizde çeşitli şekillerde görülen çevre sorunları gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu nedenle hem denizlerde hem de iç sularda kirliliğe neden olan iç kaynaklar, bu kirlenici kaynakların canlılar ve su kalitesi üzerindeki etkileri ile ilgili olarak hem ülkemizde hem de yurt dışında pek çok çalışma yapılmıştır.

Widianarko ve ark.⁵⁸ Endonezyada Semarang şehir sularında yaşayan *Poecilia reticulata* ve sedimentteki ağır metallerin konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmaları sonucunda Pb organizmanın vücut büyüklüğüne bağlı olarak arttığını gözlemlerken, Zn ve Cu vücut yapısından bağımsız olarak arttığı veya azaldığı görülmüştür. Sediment ile balıktaki ağır metal konsantrasyonu arasında önemli bir ilişki olduğunu gözlemlemiştir.

Canpolat ve ark.⁵⁹ Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan 200 adet *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreğinde ve balıkların yakalandığı bölgeden alınan su örneklerinde bazı ağır metallerin (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb) birikim düzeyleri araştırmışlardır. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile yapılan analiz sonuçlarına göre Co, Cr, Cd ve Pb hem su örneklerinde hem de balığın incelenen doku ve organlarında tespit edememişlerdir. Tespit edilebilen ağır metaller (Cu, Fe, Mn ve Zn) en yüksek karaciğerde, en düşük ise kas dokusunda bulmuşlardır.

Van den Broek ve ark.⁶⁰ Manly lagoon içerisinde beş bölgede bulunan *Gambusia halbrook*'ünün dişi ve erkeklerindeki Cd, Cu, Zn, Pb ve Fe'nin birikimini

incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda Cd ve Pb belirlenen seviyenin altında; Zn ise yüksek seviyede bulunmuştur. Cu bütün bölgelerde düşük bulunmuştur.

Akçay ve ark.⁶¹ Büyük Menderes ve Gediz nehrinin sedimentteki ağır metal seviyesini araştırmışlar, Gediz nehrinde sedimentte Cr, Mn, Pb, Zn miktarının yüksek olduğunu, Büyük Menderes de ise Co, Mn, Zn miktarının yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Göksu ve ark.⁶² Seyhan baraj gölündeki *Cyprinus carpio* ve *Stizostedion lucioperca*'daki Fe, Zn ve Cd birikimini sırasıyla Fe>Zn>Cd olarak bulmuşlardır. Ağçasulu (2007), Sakarya Nehri' nin önemli bir kolu olan Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) bireylerinin karaciğer, kas ve solungaç dokularında çinko, kurşun, bakır ve kadmiyum ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırmıştır. Metal birikim değerleri karaciğer, kas ve solungaçta Zn>Pb>Cu>Cd şeklinde tespit etmişlerdir.

Karadede ve ark.⁶³ Atatürk baraj gölünde yaşayan *Liza abu* ve *Silurus triostegus*'un kas, karaciğer ve solungaç dokusunda bazı ağır metallerin birikim düzeylerini araştırmışlardır

Mendil ve ark.⁵⁰ Tokatta bulunan altı gölden (Bedirkale, Boztepe, Belpınarı, Avara, Ataköy ve Akın) sediment ve beş balık türündeki ağır metal birikimini incelemişlerdir. İncelemeleri sonucunda sedimentteki maximum Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr ve Ni konsantrasyonunu sırasıyla 2138; 232; 38,9; 8,2; 7,0; 10,7 ve 55,4 ug/g, balık örneklerinde ise sırasıyla 167; 48,6; 3,6; 2,8; 1,6; 64,3 ve 5,6 ug/g olarak bulmuşlardır.

Dural ve ark.⁵¹ çamlık gölcüğündeki *Dicentrarchus labrax L, 1758, Sparus aurata L, 1758 Mugil cephalus L, 1758* 'un farklı dokularındaki ağır metalleri araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda bütün türlerde karaciğerdeki ve solungaçtaki ağır metal konsantrasyonu gonad ve kastan daha yüksek bulmuşlardır. *Mugil cephalus L, 1758*'taki ağır metallerin konsantrasyonu diğer iki türden daha yüksek bulmuşlardır.

Karadede ve Ünlü⁶⁴ Dicle nehrinin üç farklı sitesinde su, sediment ve bazı balık türlerinin (*Silurus triostegus, Mastacembelus simack, Mystus halepensis, Orthrias euphraticus*). Tatlı su salyangozu (*Physa acuta*), Midye (*Unio elongatulus*) ve yosunlardan (*Spirogyra sp.*) Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn'daki ağır metal birikimini mevsimsel olarak incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda Site I, II, ve III Cd, Cu, Mn, Ni, Zn, ve Fe değerleri ilkbahar ve yazın yüksek düzeyde bulunmuştur.

Tekin-Özan ve ark.⁶⁵ Beyşehir gölünde yaşayan (*Cyprinus carpio L., 1758*)'nın bazı organlarındaki ağır metal birikimini mevsimsel olarak incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda Cr, Pb ve Cd çok düşük konsantrasyonlarda (<0,03), balıktaki ağır metal konsantrasyonun dokulara ve mevsimlere bağlı olarak değiştiğini en yüksek metal konsantrasyonunu karaciğerde bunu sırasıyla solungaç ve kasın takip ettiğini, ağır metallerin yazın ve kışın arttığını sonbahar ve ilkbaharda ise azaldığını tesbit etmişlerdir.

Dündar ve ark.⁵⁷ aşağı Sakarya nehrinin su ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonunu incelemişlerdir. Araştırmaları sonucunda sediment için bakır nikel, krom, kurşun, kadmiyum ve çinkoyu sırasıyla 4,630 μgg^{-1} ; 13,520 $\mu\text{g g}^{-1}$;

8,780 $\mu\text{g g}^{-1}$; 2,550 $\mu\text{g g}^{-1}$; 9,990 $\mu\text{g g}^{-1}$; su için ise 0,851 $\mu\text{g g}^{-1}$; 1,050 $\mu\text{g g}^{-1}$; 0,027 $\mu\text{g g}^{-1}$; 1,786 $\mu\text{g g}^{-1}$; 0,236 $\mu\text{g g}^{-1}$; 0,173 $\mu\text{g g}^{-1}$ Olarak bulmuşlardır.

Erdoğrul ve ark.⁶⁶ Kahramanmaraştaki Sır baraj gölündeki *Acanthobrama marmid*, *Chondrostoma regium*, *Silurus glanis* ve *Cyprinus carpio*'daki Fe, Mn, Ni, Pb ve Co ağır metallerinin konsantrasyonunu incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda *Cyprinus carpio*'nun kasındaki ve solungaçındaki Fe ve Mn seviyesi sırasıyla 0,8–5,71 ve 0,30–1,96 *Acanthobrama marmid*'in kasındaki ve solungaçındaki Fe ve Mn seviyesi sırasıyla 1,22; 5,07 ve 0,38; 0,85 mg kg^{-1} *Chondrostoma regium* kasındaki ve solungaçındaki Fe ve Mn seviyesi sırasıyla 0,91; 5,61 ve 0,27; 3,42 mg kg^{-1} olarak bulmuşlardır. Fe, Mn, Co, Ni ve Pb *Silurus glanis*'in kasında bulamamışlardır.

Tekin-Özan ve ark.⁶⁷ su, sediment ve Beyşehir gölünde yaşayan (*Tinca tinca* L., 1758)'nın dokularındaki ağır metal birikimini araştırmışlardır. Suda ve sedimentte çalışılan metaller arasında Fe en yüksek konsantrasyonda bulunulmuştur. Aynı zamanda Cu ve Zn ilkbaharda en yüksek bulunurken Fe ve Mn en yüksek sonbaharda bulunmuştur. Çalışılan metaller arasında Cu ve Mn bazı dokularda düşük seviyede bulunulmuştur. En yüksek metal konsantrasyonu *Tinca tinca* L.,'nin karaciğerinde en düşük birikim ise kasta gözlemlenmiştir.

Alhas ve ark.⁶⁸ Atatürk baraj gölünde yaşayan iki *Barbus* türü olan *Barbus xanthopterus* ve *Barbus rajanorum mystaceus*'taki ağır metal birikimini araştırmışlardır. Araştırmaları sonucunda ağır metal birikiminin dokulara bağlı olarak değiştiğini, *Barbus xanthopterus* ve *Barbus rajanorum mystaceus*'un karaciğer, böbrek ve solungaçındaki ağır metal birikiminin kastaki ağır metal birikiminden daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

Zorer ve ark.⁶⁹ Van'daki Bendimahi nehrindeki suyun ağır metallerini ve radyoaktif konsantrasyonunu incelemişlerdir. Araştırmaları sonucunda çinko ve bakır hariç bütün ağır metallerin konsantrasyonu kabul edilebilir değerlerin üstünde bulunmuştur. Sudaki ağır metallerin konsantrasyonu mayıs ve ağustos aylarında sırasıyla Fe>Zn>Pb>Cr>Cu>Mn>Co>Cd ve Fe>Zn>Cu>Pb>Cr>Mn>Co>Cd olarak bulmuşlardır.

Türkmen ve ark.⁷⁰ Türkiye sularında yaşayan *Belone belone* L., 1761, ve *Pomatomus saltatrix* L., 1766, dokularındaki ağır metal birikimini incelemişlerdir. Sonuç olarak kadmiyum ve kurşun düşük konsantrasyonlarda bulunurken; bakır, çinko ve demir yüksek konsantrasyonlarda bulmuşlardır. Bölgesel farklılıkların ağır metal konsantrasyonu üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Yap ve Edward⁷¹ Serdang şehir gölündeki sediment ve *Poecilia reticulata*'daki ağır metal birikimini incelemişlerdir. İncelemeleri sonucunda *Poecilia reticulata*'daki ağır metal birikimini bakır için 0,160-11,1 ug/g; çinko için 64,6-174 ug/g; kadmiyum için 0,400-4,03 ug/g; nikel için 3,27-12,1 ug/g ve kurşun için ise 19,5-50,9 ug/g olarak bulmuşlardır. Sedimentte ise bakır için 1,97-62,1 ug/g; çinko için 31,6-274 ug/g; kadmiyum için 1,92-3,17 ug/g; nikel için 60,2-94,8 ug/g ve kurşun için 3,23-42,1 ug/g olarak bulmuşlardır.

Caliani ve ark.⁷² nükleer atık suların *Gambusia affinis* üzerindeki genotoksik etkilerini incelemişlerdir. Dişilerde erkeklere kıyasla daha fazla DNA hasarı meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

2.6. KAYNAKLAR

1. <http://www.gap.gov.tr/gap.php?sayfa=Turkish/Ggbilgi/gnedir.html>
2. <http://www.gap.gov.tr/Turkish/D6101998/dicle.htm>
3. Lars, F.; Gunnar, F. N.; Velimir, B. V. *Handbook on the Toxicology of Metals*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 1986.
4. Martin, M. H.; Coughtrey, P. J. *Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution*. Applied Science Publishers, London **1982**.
5. Jarvinen, A. W.; Ankley, G. T. *Linkage of effects to tissue residues: development of a comprehensive database for aquatic organisms exposed to inorganic and organic chemicals*. SETAC Press. Pensacola, Florida, pp **1999**.
6. Lemly, A. D. *Teratogenic effects of selenium in natural populations of freshwater fish*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **1993**, 26, 181–204.
7. Monteiro, P. M. S.; Roychoudhury, A. N. *Spatial characteristics of sediment trace metals in an eastern boundary upwelling retention area (St. Helena Bay, South Africa). A hydrodynamic-biological pump hypothesis*. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **2005**, 65, 123–134.
8. Ikem, A.; Egebor, O.; Nyavor, K. *Trace elements in water, fish and sediment from Turkegee Lake, Southeastern USA*. *Water Air Soil Pollut.* **2003**, 149, 51-75.
9. Chari, K. B.; Abbasi, S. A. *A study on the fish fauna of Oussudu A rare freshwater lake of south India*. *International J. Environ. St.* **2005**, 62, 137–145.
10. Shaw, T. L.; Brown, V. M. 1974. *The toxicity of some forms of copper to rainbow trout*. *Water Res.* **1974**, 8, 377–382.

11. Pamukoglu, Y. M.; Kargi, F. *Copper (II) ion toxicity in activated sludge processes as function of operating parameters. Enzyme Microb. Technol.* **2007**, *40*, 1228–1233.
12. Grossell, M.; Wood, C. M.; Walsh, P. J. *Copper homeostasis and toxicity in the elasmobranch Raja erinacea and the teleost Myoxocephalus octodecemspinosus during exposure to elevated water-borne copper. Comp. Biochem. Physiol.* **2003**, *135*, 179–190.
13. Vergani, L.; Grattarola, M.; Borghi, C.; Dondero, F.; Viarengo, A. *Fish and molluscan metallothioneins. FEBS J.* **2005**, *272*, 6014–6023.
14. Bard, S. M.; Woodin, B. R.; Stegeman, J. J. *Expression of P-glycoprotein and cytochrome P450 1A in intertidal fish (Anoplarchus purpureus) exposed to environmental contaminants. Aquat. Toxicol.* **2002**, *60*, 17–32.
15. Kagi, J. H. R.; Vasak, M.; Lerch, K.; Gilg, D. E.; Hunziker, P.; Bernhard, W. R. *Good, M. Structure of mammalian metallothionein. Environ. Health Perspect.* **1984**, *54*, 93–103.
16. Förstner, U.; Wittman, G. T. W. *Metal pollution in the aquatic environment. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1981*, 486.
17. Hakanson, L. *The quantitative impact of pH, bioproduction and Hg-contamination on the Hg-content of fish (pike). Env. Poll.* **1980**, *18*, 285-304.
18. Brown, V. M.; Shaw, T. L. *Aspects of water quality and toxicity of copper to rainbow trout. Water Res.* **1974**, *8*, 797-803.
19. Karadede, H. *Atatürk Baraj Gölünde Su, Sediment ve Bazı Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Diyarbakır, 11-36, 1997.

20. Bakan, G. *Çevre Sedimantolojisi ve Sediman Kalite Kriter Çalışmaları. Çevre Bilim ve Teknoloji*, **2000**, 1, 14-23.
21. Namminga, H. E.; Wilhm, J. *Effects of High Discharge and an Oil Refinery Clean up Operation on Heavy Metals in Water and Sediments in Skeleton Creek. Proc. Okla .Acad. Sci.* **1976**, 56, 133-138.
22. Garbarino, J. R.; Hayes, H. C.; Roth, D. A.; Antweiler, R. C.; Brinton, T. I.; Taylor, H. E. *Health Significance of Metals in the Environment Contaminants in the Mississippi River ,U.S. Geological Survey Circular 1133 Reston, Virginia*, **1995**.
23. Shine, J. *Biogeochemical control of heavy metal speciation and bioavailability in contaminated marine sediments.* **2004**.
24. Li, X.; Coles, B. J.; Ramsey, M. H.; Thornton, I. *Sequential extraction of soils for multi-element analysis by ICP-AES. Chem. Geol.* **1995**, 124, 109-123.
25. Bury, N.; Grosell, M. *Iron acquisition by teleost fish. Comp. Biochem. Physiol.* **2003**, 135, 97–105.
26. Peuranen, S.; Vuorinen, P. J.; Vuorinen, M.; Hollender, A. *The effect of iron, humic acids and low pH on the gills and physiology of browntrout, Salmo trutta. Annales Zoologica Fennici*, **1994**, 31, 389–396.
27. Heal, K. V. *Manganese and land-use in upland catchments in Scotland. Sci. Total Environ.* **2001**, 265 (1–3), 169–179.
28. Kamunde, C. N.; Clayton, C.; Wood, C. M. *Waterborne vs. dietary copper uptake in rainbow trout and the effect of previous waterborne copper exposure. Am. J. Physiol.* **2002**, 283, 69–78.

29. Kargin, E.; Erdem, C. “Farklı bakır konsantrasyonlarının *Tilapia nilotica* (L.) 1758’de birikimi ve mortalite üzerine etkileri”, *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **1989**, 3(2), 53-66.
30. Dallas, H. F.; Day, J. A. *The Effect of Water Quality Variables on Riverine Ecosystems: A Review. Water Research Commission Report, University of Capt Town: Capt Town*, **1993**, 351, 240.
31. Dallinger, R.; Kautzky, H. *The importance of contaminated food for the uptake of heavy metals by rainbow trout (*Salmo gairdneri*): a field study. Oecologia* **1985**, 6, 82–89.
32. Xie, L.; Klerks, P. L. *Changes in cadmium accumulation as a mechanism for cadmium resistance in the least killifish *Heterandria formosa*. Aquat. Toxicol.* **2004**, 66, 73–81.
33. Sorensen, E. M. *Metal Poisoning in Fish. VI. Cadmium; CRC Press: Boca Raton*, **1991**, 175–234.
34. Burger, J.; Gochfeld, M. *Spatial and temporal patterns in metal levels in eggs of common terns (*Sterna hirundo*) in New Jersey. Sci. Total. Environ.* **2003**, 311, 91–100.
35. Leuven, R. S. E. W.; Van Der Velde, G.; Vanhemelrijk, J. A. M.; Eeken, R. L. E. *Impact of acidification on the distribution of aquatic insects in lentic soft waters. H.W. Velthuis (ed.). Proc. 3rd Eur. Congr. Entomol. (Amsterdam)*, **1986**, 103-106.
36. Vanparys, C.; Dauwe, T.; Van Campenhout, K.; Bervoets, L.; Coen, W. D.; Blust, R.; and Eens, M. *Metallothioneins (MTs) and δ -aminolevulinic acid*

dehydratase (ALAD) as biomarkers of metal pollution in great tits (Parus major) along a pollution gradient scienci of the total environment, 2008, 401, 184-193.

37. Gillis, P. L.; Diener, L. C.; Reynoldson, T. B.; Dixon, D. G. *Cadmium-induced production of a metallothionein-like protein in Tubifex tubifex (Oligochaeta) and Chironomus riparius (Diptera): correlation with reproduction and growth. Environ. Toxic. Chem. 2002, 21, 36-44.*

38. Friberg, L.; Piscator, M.; Nordberg, G. F.; Kjellstrom, T. *Cadmium in the Environment. CRC Press, Cleveland. 1974.*

39. Anonim, “*Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği*”, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara, **2002**, 63-78

40. Sankar, T. V.; Zynudheen, A. A.; Anandanand, R.; Viswanathan Nair, P. G. *Distribution of organochlorine pesticides and heavy metal residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India. Chemosphere, 2006, 65(4), 83-90.*

41. Çetinbas, A. *izmit Körfezi’nde avlanan istavrit (Trachurus trachurus L. 1758) balıklarının dokularında Cu ve Zn birikiminin incelenmesi*, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 2003, 67.

42. Dökmeçi, İ. “*Toksikoloji*”, *Nobel Tıp Kitabevi*, istanbul, **1988**, 56-60, 488-489.

43. Heath, A. G. “*Water Pollution and Fish Physiology*”, CRP Press Inc. Florida, **1987**, 245.

44. <http://www.bilimselkonular.com/agirmetallerinsudakitoksiketkileri>.

45. Gerlach, S. A. “*Marine Pollution*”, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1981*, 218.

46. Ağcasulu, Ö. *Sakarya Nehri Çeltikçe Çayında Yaşayan Capoeta tinca (Heckel, 1843)'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin incelenmesi* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Çevre Bilimleri Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

47. Şeker, E.; Özmen, H.; Aksoy, S. *Elazığ Hazar Gölü'nden yakalanan Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843)'da ağır metal birikimlerinin araştırılması*, F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, **1998**, 10 (2), 13-20.

48. Egemen, Ö. *Çevre ve Su Kirliliği Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın. 2000*, 42, 120.

49. Al-Yousuf, M.H.; El-Shahawi, S. M.; Al-Ghais, M.S. *Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex*, T. Sci. Tot. Environ. **2000**, 256, 87-94.

50. Mendil, D.; Uluözlü, Ö. D.; Hadsem, R, E.; Tüzen , M.; Sarı H.; Su içmez M., *Determination of Trace Metal Levels Seven Fish Species in Lakes in Tokat, Turkey. Food Chem. 2005*, 175-179.

51. Dural, M.; Göksu, M. Z. L.; Özak, A. A.; Derici, B. “*Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of Dicentrarchus labrax L, 1758, Sparusaurata L, 1758 and Mugil cephalus L, 1758 from the Çamlık Lagoon of the eastern coast of Mediterranean (Turkey)*”, Springer, **2006**, 118, 65-74.

52. Canpolat, Ö. *Hazar Gölü'nde yakalanan Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843)'da bazı ağır metal miktarlarının tespiti*, Yüksek lisans tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı, 50s, 2001.

53. Kargin, F.; Erdem, C. *Bakır-Çinko etkileşiminde Tilapia nilotica'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi*, *Doğa-Tr. J. of Zoology*, 16, **1992**, 343-348.

54. Kalay, M.; Erdem, C. *Bakırın Tilapia nilotica (L)'da karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametreleri üzerine etkileri*, *Tr. J. Zoo.* **1995**, 19, 27-33.

55. Kahvecioğlu, Ö.; Kartal G.; Günen A.; Timur, S. *Metallerin Çevresel Etkileri – 1*, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, **2006**.

56. Benson, W. H.; Baer, K. N.; Watson, C. F. *Metallothionein as a biomarker of environmental metal contamination: species-dependent effects*. In: McCarthy, J.F., Shugart, L.R. (Eds.) *Biomarkers of Environmental Contamination*. Lewis Publishers, Florida, **1990**, 255–265.

57. DüNDAR, M. S.; Altundağ, H. *Investigation of heavy metal contaminations in the lower Sakarya river water and sediments* *Environ. Monit. Assess.* **2007**, 128, 177–181.

58. Widianarko, B.; Van Gestel, C. A. M.; Verweij, R. A.; Van Straalen, N. M. *Associations between Trace Metals in Sediment, Water, and Guppy, Poecilia reticulata (Peters), from Urban Streams of Semarang, Indonesia* *Ecotox. Environ. Safe.* **2000**, 46, 101-107.

59. Çalta, M.; Canpolat, Ö. *Hazar Gölü'nden yakalanan Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843)'da bazı ağır metal miktarlarının tespiti*, *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **2002**, 14, 225-230.

60. Van den Broek, J. L.; Gledhill, K. S.; Morgan, D. G. *Heavy Metal Concentrations in the Mosquito Fish, Gambusia holbrooki, in the Manly Lagoon*

Catchment. In: UTS Freshwater Ecology Report, Department of Environmental Sciences, University of Technology, Sydney . 2002.

61. Akçay, H.; Oguz , A.; Karap, C. *Study of Heavy Metal Pollution and speciation Büyük Menderes and Gediz River Sediments. Water Res. 2003, 37, 813-822.*

62. Göksu, L, Z. M.; Çevik, F.; Fındık, Ö.; Sarıhan, E. *Seyhan Baraj Gölü'ndek Aynalı sazan (Cyprinus carpio L., 1758) ve Sudak (Sizostedion lucioperca L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd düzeylerinin belirlenmesi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2003, 20 (1-2), 69-74.*

63. Karadede, H.; Oymak, S. A.; Ünlü, E. *Heavy metalsin mullet, Liza abu, and catfish, Silurus triostegus, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Environ. Int. 2004, 30, 183–188.*

64. Karadede, H.; Ünlü, E. *Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. Environ. Monitor. Assess. 2007, 131, 323–337.*

65. Tekin-Ozan, S.; Kir, İ. *Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (Cyprinus carpio L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey) Environ. Monit. Assess. 2008, 138, 201–206.*

66. Erdoğan, Ö.; Erbilir, F. *Heavy Metal and Trace Elements in Various Fish Samples from Sır Dam Lake, Kahramanmaraş, Turkey Environ. Monit. Assess. 2007, 130, 373–379.*

67. Tekin-Ozan, S. *Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (Tinca tinca L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey)* *Environ. Monit. Assess.* **2008**, 145, 295–302.

68. Alhas, E.; Oymak, S. A.; Karadede, H. *Heavy metal concentrations in two barb, Barbus xanthopterus and Barbus rajanorum mystaceus from Atatürk Dam Lake, Turkey* *Environ. Monit. Assess.* **2008**, 148, 11-18.

69. Zorer, Ö. S.; Ceylan H.; Doğru, M. *Assessment of some trace heavy metals and radioactivity concentration in water of Bendimahi River Basin (Van, Turkey)* *Environ. Monit. Assess.* **2008**, 147, 183–190.

70. Türkmen, A.; Tepe Y.; Türkmen, M.; Mutlu, E. *Heavy Metal Contaminants in Tissues of the Garfish, Belone belone L., 1761, and the Bluefish, Pomatomus saltatrix L., 1766, from Turkey Waters* *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **2008**, 82, 70 – 74.

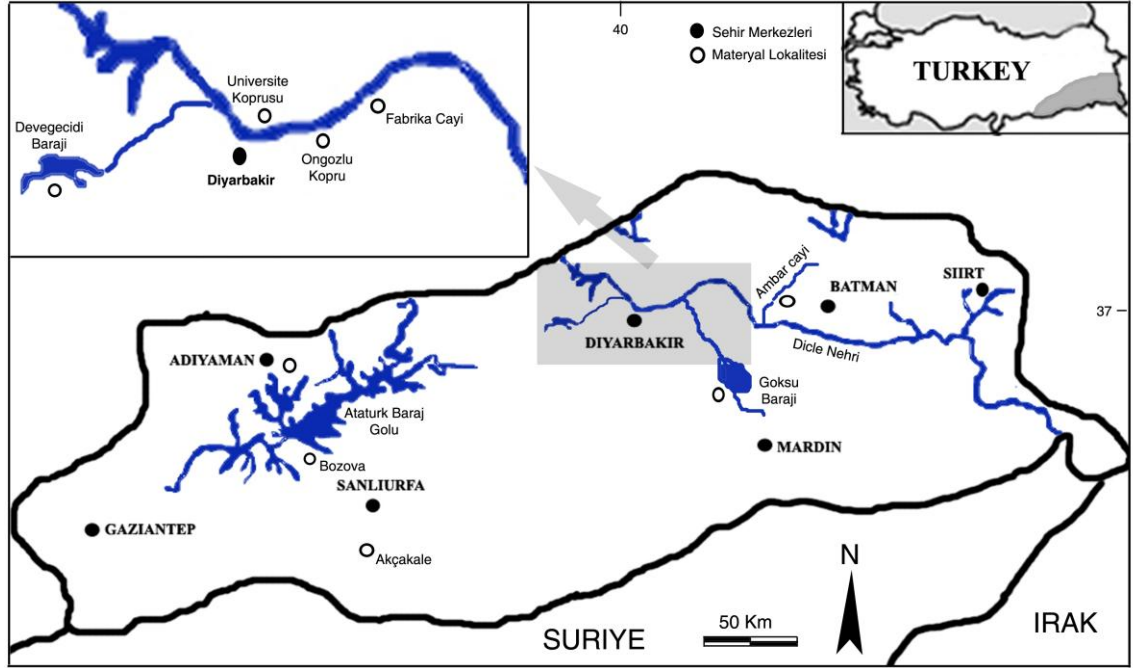
71. Yap, C. K.; Edward, F. B. *Determination of contamination and bioavailability of heavy metals in serdang urban lake by using guppy fish poecilia reticulata trends in applied sciences research*, **2008**, 69-75.

72. Caliani, I.; Porcelloni, S.; Mori, G.; Frenzilli, G.; Ferraro, M.; Marsili, L.; Casini S.; Cristina, M. *Genotoxic effects of produced waters in mosquito fish (Gambusia affinis)* *Ecotoxicology*, **2009**, 18(1), 75-80.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Araştırma İstasyonları

Bu çalışmada, GAP bölgesindeki su, sediment ve *Gambusia affinis*'teki ağır metal birikimini araştırabilmek için 2007 Haziran ve Eylül tarihleri arasında Gap bölgesinden Şekil 3.1. de görüldüğü gibi 9 farklı istasyon seçilmiştir.



Şekil 3.1. Örnek Toplanan İstasyonlar

Çalışılan istasyonlar:

I. İstasyon: Dicle nehri üzerindeki üniversite köprüsü şehir girişi

II. İstasyon: Ongözlü köprü altı şehir çıkışı

III. İstasyon: Devegeçidi barajı Elazığ yolu 25. km

IV. İstasyon: Göksu çayı üzerindeki Göksu köprüsü Bismil yolu üzeri 10 km

V. İstasyon: Batman çayı üzerindeki Diyarbakır- Batman sınırında bulunan köprü altı

VI. İstasyon: Şanlıurfa Bozova şehir girişindeki gölet

VII. İstasyon: Fabrika çayı Diyarbakır şehrinin 8 km güneyinde

VIII. İstasyon: Adıyaman Ziyaret çayı

IX.İstasyon: Şanlıurfa- Akçakale eski Şanlıurfa havaalanının yakınındaki su kaynağı

3.2. SU ÖRNEKLERİNİN ALINMASI

GAP bölgesinin farklı istasyonlarından alınan su örnekleri 1 litrelik bir kap içerisinde laboratuara getirilmişlerdir. Laboratuara getirilen her bir su örneği üzerine olası çökmeleri engellemek için birkaç damla nitrik asit (HNO_3) ilave edilmiştir.

3.3. SU ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI

Bütün su örnekleri 14 ml'lik tüplere aktarılıp analiz edilmek üzere kimyasal analiz laboratuvarına götürülmüştür.

3.4. SU ÖRNEKLERİNİN ICP-OES'DE OKUTULMASI

Su analizi için 0,01; 0,1; 0,25; 0,5; 1 ppm konsantrasyonlarda standartlar 100 ppm'lik çözeltiden seyreltilerek hazırlanmıştır. Her bir bölgenin su örneği ICP-OES'de uygun standartlarda ağır metal analizleri yapılmıştır.

3.5. SEDİMENT ÖRNEKLERİNİN ALINMASI

Her bir bölgenin sediment örneği bir plastik kürek yardımıyla bentik bölgeden yaklaşık 15 cm derinliğinden alınarak torbalara yerleştirilmiş, torbaların üzerine sedimentin alındığı istasyonun adı ve tarihi yazılarak laboratuara getirilmişlerdir.

3.6. SEDİMENT ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI

Çeşitli istasyonlardan alınan her bir sediment örneği saat camı içerisine bırakılarak 105 °C, 24 saat etüvde bekletilerek kurutulmaları sağlanmıştır. Daha sonra sediment örnekleri porselen havanda dövülerek 100 meşlik elekten geçirilip desikatörde bekletilmiştir. İşlem esnasında kullanılan tüm malzemeler (saat camı, balon joje, havan...) saf sudan geçirilip 100 °C'de kurutulmuşlardır. Her bir sediment numunesinden 0,5 gr örnek alınıp mikrodalga çözünürleştirme tüplerine aktarılmışlardır. Sediment örnekleri üzerine 2,5 ml HNO₃+7,5 ml HCl çözeltisi ilave edilmiştir. Tüplerin ağzı sıkıca kapatılarak mikrodalga fırınında yerleştirilmiş ve çözünürleştirme işlemi başlatılmıştır (Çizelge 3.1). Çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra fırından çıkarılan tüplerin oda sıcaklığında soğumaları sağlanmıştır. Soğuyan tüplerin kapakları açılarak çözünen numuneler distile su ile iyice yıkanarak mavi band kağıdı ile süzdürülerek, 14 ml'lik tüplere aktarılmışlardır. Çalışmamızda sedimentteki çözünürleştirme işlemi ve analiz sonuçlarının doğruluğundan emin olmak için referans materyal olarak sediment için LGC6189¹ ile çalışılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Sediment örneği : 0,5 gr.
Çözücü : 2,5 ml HNO₃ +7,5 ml HCl

Çizelge 3.1. BERGHOF speedwave MWS-3 Mikrodalga fırınında sediment numunelerinde çözünürleştirme koşulları

STEP	1	2	3
T (°C)	140	160	175
Ta (min)	5	3	3
Time (min)	5	5	20

3.7.SEDİMENT ÖRNEKLERİNİN ICP'DE OKUTULMASI

Sediment analizi için 0,1; 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2;5 ppm konsantrasyonlarda standartlar hazırlanmıştır. Sedimentteki metal konsantrasyonlarının hazırlanmasında kuru ağırlıklar kullanılmış ve sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir.

3.8.BALIK ÖRNEKLERİNİN TOPLANMASI

GAP bölgesinin 9 farklı istasyonlarından alınan balık örnekleri içinde buz bulunan bir termos içerisinde laboratuara getirilmişlerdir. Balık örnekleri dissekte edilene kadar -30°C dondurucuda bekletilmişlerdir.

3.9.BALIK ÖRNEKLERİNİN ANALİZE HAZIRLANMASI

Her balık örneğinin önce boy ve ağırlık değerleri alınmış, daha sonra bu balıkların iç organları ve kasları birbirinden ayırt edilerek dissekte edilmişlerdir. Dissekte edilen her balığın iç organı ve kası ısıya dayanıklı film kutularına bırakılmışlardır. Numunelerin yaş ağırlıkları hassas terazi ile tartılıp, film kutuları içerisinde etüvde 70°C'de 24 saat bekletilerek kurumaları sağlanmıştır. Daha sonra her bir numunenin kuru ağırlığını belirlemek amacıyla hassas terazi kullanılmıştır. Tartımları alınan her bir numunenin homojen hale gelebilmesi için porselen havanda

dövülmüş ve nem kapmalarını engellemek amacıyla desikatöre aktarılmışlardır. İşlem esnasında kullanılan tüm malzemeler (saat camı, balon joje, havan...) saf sudan geçirilip 100°C'de kurutulmuşlardır.

Hassas terazi yardımıyla bütün numunelerden 0,2 gr alınarak mikrodalga çözünürleştirme tüplerine yerleştirilmiştir. Her bir tüpün üzerine 7 ml HNO₃ (Merck %65) ilave edilmiştir. İçinde numunelerin bulunduğu 12 adet tüp mikrodalga fırınına yerleştirilerek çözünürleştirme işlemi başlatılmıştır (Çizelge 3.2.). Mikrodalga fırınında 38 dak. çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra fırından çıkarılan tüplerin oda sıcaklığında soğumaları sağlanmıştır. Soğuyan tüplerin kapakları açılarak çözünen numuneler saf su ile iyice yıkanıp bir cam huni yardımıyla 14 ml'lik tüplere aktarılmışlardır.

Çözünürleştirme işlemi BERGHOF SPEEDWAVE MWS-3 Mikrodalga fırınında yapılmıştır. Balık numunelerini çözünürleştirmek için kullandığımız BERGHOF SPEEDWAVE MWS-3'ün çalışma koşulları aşağıda verilmiştir. Yaptığımız çözünürleştirme işlemi ve analiz sonuçlarının doğruluğundan emin olmak için referans materyal olarak DOLT-3² kullanılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Balık örneği : 0,2 gr

Çözücü : 7 ml HNO₃

Çizelge 3.2. Berhogf Speedwave MWS-3 Mikrodalga fırınında balık numunelerinde çözünürleştirme koşulları

STEP	1	2	3
T (°C)	160	190	190
Ta (min)	5	1	1
Time (min)	5	5	10

3.10. BALIK ÖRNEKLERİNİN ICP'DE OKUTULMASI

Ölçümler ICP-OES ile ölçülmüştür. ICP-OES'nin temel çalışma prensibi yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur. Analiz için kullanılan PERKIN ELMER model Optima 2100 DV ICP-OES cihazıdır. Analizi yapılacak her bir metal için 0,1; 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2 ppm konsantrasyonlarda standartlar, 100 ppm'lik çözeltiden seyreltilerek hazırlanmıştır. ICP-OES' de olabilecek hata payını en aza indirmek için örneklerdeki asit miktarıyla orantılı olarak hazırlanan standartlara %18'lik HNO₃ ilave edilmiştir. Kör olarakta yine %18'lik HNO₃ içeren solüsyon kullanılmıştır. Her bir element için kullanılan dalga boyları: Demir 238,204 nm, mangan 257,610 nm, çinko 206,200 nm, kobalt 228,616 nm, nikel 231,604 nm, bakır 327,393 nm, kadmiyum 228,802 nm, kurşun 220,353 nm'dir. Metal konsantrasyonları hesaplanmasında yaş ağırlıklar kullanılmış ve sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir.

3.11. İSTATİKSEL HESAPLAMALAR

Metal konsantrasyonlarının hesaplanmasında yaş ağırlık değerleri kullanılmış sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SSPS 15.0 programı ile grafikleri ise Microsoft EXCEL programı ile yapılmıştır. İstasyon, kas ve iç organ arasındaki farklılıklar ANOVA ile; kas ve iç organ arasındaki farkı belirlemek için t-student testi, istasyonlar arasındaki farkı belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır. Tablolarda farklı harfler ($P < 0,05$) düzeyinde farklılığı gösterir.

3.12. KAYNAKLAR

1. River Sediment-Extractable Metals *Reference Material LGC6189*
2. DOLT-3 Dogfish Liver *Certified Reference Material For Trace Metals*
National Research Council Canada

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1.1. Su Ve Sedimentteki Ağır Metal Değerleri

GAP bölgesinin bazı sucul bölgelerinden alınan suyun ağır metal analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de, sedimentteki ağır metal analiz sonuçları ise Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Örnek alınan istasyonlardaki suda Co, Ni, Cu, Cd ve Pb ölçülememiştir. Diğer metaller ise çok düşük miktarlarda bulunmuştur. Bu durum *Gambusia affinis*'in yaşadığı bölgelerdeki suyun pH'nın 7,0-7,5 arasında olmasından dolayı bu ortamda metallerin çözüner durumda olmadığı şeklinde açıklanabilir. Çizelge 4.2.'de görüldüğü gibi bazı istasyonlarda sedimentte Cd ve Pb ölçülememiştir.

4.1.2. Dicle Nehri *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,313-0,962 gr, çatal boyları 2,2-3,2 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Dicle Nehri'nde yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. *Gambusia affinis*'in kasındaki Pb konsantrasyonu ile iç organındaki Cd ve Pb konsantrasyonu ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 17,63 ppm ile Zn, bunu sırasıyla; 13,56 ppm ile Fe; 8,86 ppm ile Mn; 0,5513 ppm ile Cu; 0,3918 ppm ile Ni; 0,042 ppm ile Co; 0,017 ppm ile Cd takip etmektedir

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 207,6 ppm ile Fe, bunu sırasıyla; 32,886 ppm ile Zn; 13,222 ppm ile Mn; 3,306 ppm ile Cu; 1,258 ppm ile Ni; 0,2947 ppm ile kobalt takip etmektedir. Fe, Mn ve Cu kas ve iç organ arasındaki fark önemlidir (P <0,05).

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'deki ortalama değerler göz önüne alındığında, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni en fazla iç organda rastlanılmıştır. Cd ise en fazla kasta rastlanılmıştır.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Zn>Fe>Mn>Cu>Ni>Co>Cd, iç organda ise Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Co olarak belirlenmiştir.

4.1.3. Ongözlü Köprü *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,580-0,920 gr, çatal boyları 2,6-3,2 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Ongözlü'de yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.6. verilmiştir. *Gambusia affinis*'in kasındaki Cd ve Pb konsantrasyonu ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 20,82 ppm ile Zn, bunu sırasıyla 6,727 ppm Fe; 3,42 ppm Mn; 1,84 ppm Cu; 0,0650 ppm Ni; 0,0403 ppm ile Co takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 82,33 ppm Fe. Bunu sırasıyla 38,133 mg/kg Zn; 4,402 mg/kg Mn; 3,48 mg/kg Cu;

0,3232 mg/kg ile Pb; 0,0907 mg/kg Co; 0,0421 mg/kg ile Cd izlemektedir. Fe, Zn, Co, Ni ve Cu'da kas ve iç organ arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0,05$).

Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'teki değerler göz önüne alındığında Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd ve Pb en fazla iç organda rastlanılmıştır. *Gambusia affinis*'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi $Zn > Fe > Mn > Cu > Ni > Co$ iç organda ise $Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Co > Pb > Cd$ olarak belirlenmiştir.

4.1.5. Devegeçidi Barajı *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,448-0,665 gr, çatal boyları 3,0-3,4 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Devegeçidin'de yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.7. verilmiştir. *Gambusia affinis*'in kasındaki Cd ve Pb, iç organında ise Pb konsantrasyonu ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 16,510 mg/kg ile Zn, bunu sırasıyla 12,232 mg/kg ile Mn; 7,225 mg/kg ile Fe; 4,92 mg/kg ile Cu; 0,1055 mg/kg ile Ni; 0,0653 mg/kg ile Co takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 321,666 mg/kg ile Fe, bunu sırasıyla 145,853 mg/kg Mn; 41,15 mg/kg Zn; 7,632 mg/kg ile Cu; 0,9980 mg/kg ile Ni; 0,3753 mg/kg ile Co; 0,0273 mg/kg ile Cd izlemektedir. Fe, Mn, Co ve Ni'in kas ve iç organdaki ağır metal değerleri arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0,05$).

Şekil 4.5 ve Şekil.4.6'daki ortalama değerler göz önüne alındığında Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd en fazla iç organda rastlanılmıştır. Kasta kadmiyum ve kurşuna rastlanılmamıştır.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Zn>Mn>Fe>Cu>Ni>Co>iç organda ise Fe> Mn>Zn>Cu>Ni>Co>Cd olarak belirlenmiştir.

4.1.6. Bozova İstasyonu *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,284-0,660 gr, çatal boyları 2,2-3,0 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Bozova'da yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.8.'de verilmiştir. *Gambusia affinis*'in kasında ve iç organında Cd ve Pb konsantrasyonu ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 31,28 mg/kg ile Zn, bunu sırasıyla 12,61 mg/kg ile Fe; 6,038 mg/kg ile Mn; 2,08 mg/kg ile Cu; 0,3536 mg/kg ile Ni; 0,0520 mg/kg ile Co takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi,113,293 mg/kg ile Fe, bunu sırasıyla 41,640 mg/kg ile Zn; 4,43 mg/kg Mn; 2,29 mg/kg ile Cu; 0,5153 mg/kg ile Ni; 0,1080 mg/kg ile Co izlemektedir. İstatiksel olarak kas ve iç organ arasında farklılık önemli değildir ($P > 0,05$).

Şekil 4.7. ve Şekil.4.8.'deki ortalama değerler göz önüne alındığında Fe, Zn, Cu, Ni, Cd en fazla iç organda rastlanılmıştır. Mn ise en fazla kasta rastlanılmıştır. Kas ve iç organda kadmiyum ve kurşuna rastlanılmamıştır.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Zn>Fe>Mn>Cu>Ni>Co iç organda ise Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Co olarak belirlenmiştir.

4.1.7. Adıyaman-Ziyaret Çayı Bölgesi *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,416-0,940 gr, çatal boyları 2,4-3 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Adıyaman'da yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 17,99 mg/kg ile çinko, bunu sırasıyla 15,06 mg/kg ile Fe; 4,38 mg/kg Mn; 0,4870 mg/kg Ni; 0,4343 mg/kg ile Cu; 0,0745 mg/kg ile Pb; 0,0400 mg/kg ile Cd; takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi,58,57 mg/kg ile Fe, bunu sırasıyla 34,05 mg/kg ile Zn; 4,05 mg/kg ile Mn;1,561 mg/kg ile Cu; 0,5927 mg/kg ile Ni; 0,1167 mg/kg ile Pb; 0,0637 mg/kg ile Co; 0,0453 mg/kg ile Cd izlemektedir. Zn ve Cu'nun kas ve iç organındaki ağır metal değerleri arasındaki farklılık önemlidir (P <0,05).

Şekil 4.9. ve Şekil.4.10.'daki ortalama değerler göz önüne alındığında Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb en fazla iç organda rastlanılmıştır. Mn ise en fazla kasta rastlanılmıştır.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Zn>Fe>Mn>Cu>Ni>Co iç organda ise Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Co olarak belirlenmiştir.

4.1.8. Fabrika Çayı *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,396-0,920 gr, çatal boyları 2,5-3,2 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Fabrika çayında yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi 19,62 mg/kg ile Zn, bunu sırasıyla, 13,97 mg/kg ile Fe; 6,032 mg/kg ile Mn; 0,5440 mg/kg ile Cu; 0,2363 mg/kg ile Ni; 0,0416 mg/kg ile Co; 0,0403 mg/kg ile Pb; 0,0319 mg/kg ile Cd takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 326,077 mg/kg ile Fe, bunu sırasıyla, 22,51 mg/kg ile Zn; 7,251 mg/kg ile Mn; 0,9073 mg/kg ile Cu; 0,7180 mg/kg ile Ni; 0,1837 mg/kg ile Co; 0,0485 mg/kg Pb; 0,0161 mg/kg Cd izlemektedir. Fe ve Cd'un kas ve iç organındaki ağır metal değerleri arasındaki farklılık önemlidir (P <0,05).

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'deki ortalama değerler göz önüne alındığında Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Cd ve Pb en fazla iç organda rastlanılmıştır.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Zn>Fe>Mn>Cu>Ni>Co>Pb>Cd iç organda ise Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Co>Pb>Cd olarak belirlenmiştir.

4.1.9. Göksu Çayı *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,217-1,064 gr, çatal boyları 2,0-3,2 cm arasında değişiklik göstermiştir.

Göksu çayında yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 21,806 mg/kg ile Zn, bunu sırasıyla 8,27 mg/kg ile Fe; 5,024 mg/kg ile Mn; 0,3983 mg/kg ile Cu takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 110,098 mg/kg ile Fe, bunu sırasıyla 29,55 mg/kg ile Zn; 5,691 mg/kg ile Mn; 2,46 mg/kg ile Cu; 0,6516 mg/kg ile Ni takip etmektedir. Fe, Co ve Cu'nun kas ve iç organındaki ağır metal değerleri arasındaki farklılık önemlidir (P <0,05).

Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'deki ortalama değerler göz önüne alındığında Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Cd ve en fazla iç organda rastlanılmıştır. Pb ise en fazla kasta rastlanılmıştır.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Zn>Fe>Mn>Cu>Ni>Co>Pb>Cd iç organda ise Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Co>Cd olarak belirlenmiştir.

4.1.10. Batman Çayı *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,232-0,657 gr, çatal boyları 2,2-3,2 cm arasında değişmektedir.

Batman çayında yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 70,47 mg/kg ile Fe, bunu sırasıyla 23,74 mg/kg ile Zn; 6,37 mg/kg ile Mn; 1,37 mg/kg ile Ni; 0,8783 mg/kg ile Cu; 0,3126 mg/kg ile Pb; 0,3126 mg/kg ile Cd; 0,0303 mg/kg ile Co takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 278,456 mg/kg ile Fe, bunu sırasıyla 43,70 mg/kg ile Zn; 10,36 mg/kg ile Mn; 2,27 mg/kg ile Cu; 0,9540 mg/kg ile Ni; 0,3167 mg/kg ile Pb; 0,0906 mg/kg ile Co; 0,0902 mg/kg ile Cd izlemektedir. Co ve Cu'nun kas ve iç organındaki ağır metal değerleri arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0,05$).

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'daki ortalama değerler göz önüne alındığında, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Cd ve Pb en fazla iç organda rastlanılmıştır.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Fe>Zn>Mn>Ni>Cu>Pb>Co>Cd iç organda ise Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Pb>Co>Cd olarak belirlenmiştir.

4.1.11. Akçakale İstasyonu *Gambusia affinis* Örneklerindeki Ağır Metal Değerleri

Bu çalışmada toplam 20 adet *Gambusia affinis* kullanılmış olup, balıkların ağırlıkları 0,202-1,002 gr, çatal boyları 1,8-3,0 cm arasında değişmektedir.

Akçakale'de yaşayan *Gambusia affinis*'in kas ve iç organında ölçülen Fe, Mn, Zn, Co, Ni, Cu, Cd, Pb'nin min. max. ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.13. verilmiştir.

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 16,95 mg/kg ile Zn bunu sırasıyla 7,99 mg/kg ile Fe; 3,88 mg/kg ile Mn; 0,7257 mg/kg ile Cu; 0,1650 mg/kg ile Ni; 0,0653 mg/kg ile Pb; 0,0285 mg/kg ile Cd takip etmektedir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi, 112,383 mg/kg ile Fe bunu sırasıyla 25,88 mg/kg ile Zn; 4,62 mg/kg ile Mn; 1,62 mg/kg ile Cu; 0,3637 mg/kg ile Ni; 0,0701 mg/kg ile Pb; 0,0327 mg/kg ile Cd izlemektedir. Fe, Mn, Zn, Ni ve Cu'nun kas ve iç organındaki ağır metal değerleri arasındaki farklılık önemlidir (P <0,05).

Şekil 4.17. ve Şekil 4.18.'deki ortalama değerler göz önüne alındığında, Fe, Mn, Ni, Cu, Cd ve Pb en fazla iç organda rastlanılmıştır

Gambusia affinis'in kasında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi Zn>Fe>Mn>Ni>Cu>Pb>Cd iç organda ise Fe>Zn>Mn>Ni>Cu>Pb>Cd olarak belirlenmiştir.

4.1.12 Bölgelerarası Ağır Metal Birikiminin Araştırılması

Bu çalışmada bölgelerarası ağır metal birikimini incelenmiş olup her bölgenin kas ve iç organları istatistiksel olarak karşılaştırılmış istasyonlar arasında önemli farklılıklar olup olmadığını anlamak için çoklu karşılaştırma testi olarak duncan uygulanmıştır.

Bölgelerarası ağır metal birikimini incelediğimizde kas için en yüksek Fe birikimi Batman, bunu sırasıyla Adıyaman, Fabrika Çayı, Dicle Nehri, Bozova, Göksu, Akçakale, Devegeçidi, Ongözlü köprü izlemektedir. Kasta Fe için Çizelge 4.14. Şekil 19 ve Şekil 20' deki sonuçlar yorumlandığında Batman istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel farklılıkların olduğu görülmektedir ($P < 0,05$). İç organda Fe için en yüksek metal birikimi Fabrika çayı, bunu sırasıyla Devegeçidi, Batman, Dicle nehri, Akçakale, Bozova, Göksu, Ongözlü, Adıyaman izlemektedir. Batman, Devegeçidi, Fabrika ile diğer istasyonlar arasında arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0,05$).

Mangan için kasta en yüksek metal birikimi Devegeçidi, bunu sırasıyla Dicle nehri, Bozova ve Fabrika, Batman, Göksu, Adıyaman, Akçakale ve Ongözlü takip etmektedir. İstatistiksel olarak Akçakale ve Ongözlü arasında önemli bir fark bulunmazken ($P > 0,05$), Devegeçidi ile diğer istasyonlar arasındaki fark önemlidir ($P < 0,05$). İç organda ise en yüksek metal birikimi Devegeçidi, Dicle nehri, Batman,

Fabrika, Göksu, Akçakale, Bozova ve Ongözlü ve Adıyaman izlemektedir. Devegeçidi istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel farklılık bulunmuştur ($P < 0,05$).

Çinko için kasta en yüksek metal birikimi Bozova, bunu sırasıyla Batman, Göksu, Ongözlü, Fabrika, Adıyaman, Akçakale ve Devegeçidi izlemektedir. Bozova istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel farklılık bulunmuştur ($P < 0,05$). İç organda ise en yüksek metal birikimi Batman bunu sırasıyla Bozova, Devegeçidi, Ongözlü, Adıyaman, Dicle nehri, Göksu, Akçakale, Fabrika izlemektedir. Fabrika ile Batman çayı arasında farklılık önemlidir ($P < 0,05$). Dicle, Göksu, Adıyaman ve Ongözlü arasındaki farklılık önemsizdir ($P > 0,05$).

Kobalt için kasta en yüksek metal birikimi Devegeçidi bunu sırasıyla Bozova, Fabrika, Dicle, Ongözlü, Batman, Adıyaman ve Göksu izlemektedir. Akçakale istasyonunda ise bulunamamıştır. Göksu ve Devegeçidi arasında farklılık önemlidir ($P < 0,05$). İç organ için en yüksek metal birikimi, Devegeçidi bunu sırasıyla Dicle nehri, Fabrika, Göksu, Ongözlü, Batman, Adıyaman izlemektedir. Dicle, Fabrika ve Devegeçidi ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel farklılık bulunmuştur. ($P < 0,05$).

Nikel için kasta en yüksek metal birikimi Batman bunu sırasıyla Adıyaman, Dicle nehri, Bozova, Fabrika, Göksu, Akçakale, Devegeçidi, Ongözlü takip etmektedir. Batman istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel farklılık bulunmuştur. ($P < 0,05$). İç organ için en yüksek metal birikimi Dicle Nehri bunu sırasıyla Devegeçidi, Batman, Fabrika, Göksu, Adıyaman, Bozova, Akçakale ve

Ongözlü izlemektedir. Devegeçidi ve Dicle ile Ongözlü Akçakale, Bozova, Adıyaman ve Göksu arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0,05$).

Bakır için kasta en yüksek metal birikimi Devegeçidi bunu sırasıyla Bozova, Ongözlü, Batman, Akçakale, Dicle nehri, Fabrika ve Göksu izlemektedir. Devegeçidi ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel farklılık bulunmuştur. ($P < 0,05$). Batman, Göksu, Akçakale, Dicle ve Adıyaman arasındaki farklılık önemli değildir ($P > 0,05$). İç organ için en yüksek metal birikimi Devegeçidi bunu sırasıyla Ongözlü, Dicle Nehri, Göksu, Batman, Bozova, Akçakale ve Fabrika çayı izlemektedir. Devegeçidi ile diğer istasyonlar arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0,05$). Adıyaman Batman, Akçakale, Bozova, Göksu ve Dicle arasındaki farklılık önemli değildir ($P > 0,05$). Fabrika ve Ongözlü arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0,05$).

Kadmiyum için kasta en yüksek metal birikimi Adıyaman ve Batman, bunu sırasıyla Fabrika, Akçakale, Göksu, Dicle Nehri izlemektedir. Ongözlü, Devegeçidi ve Bozova istasyonlarında rastlanılmamıştır. İç organda ise en yüksek metal birikimi Batman, Ongözlü, Adıyaman ve Göksu, Akçakale, Devegeçidi, Fabrika çayı izlemektedir. Cd'a Dicle Nehri ve Bozova istasyonununda rastlanılmamıştır. İstasyonlar arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır ($P > 0,05$).

Kurşun için kasta en yüksek metal birikimi Batman Çayı bunu sırasıyla Adıyaman, Akçakale, Göksu ve Fabrika izlemektedir. İç organda ise en yüksek metal birikimi Ongözlü, bunu sırasıyla Batman, Adıyaman, Akçakale izlemektedir. Dicle, Devegeçidi ve Bozova istasyonlarında rastlanılmamıştır.

4.2. TARTIŞMA

GAP bölgesinin 9 farklı istasyon suyundaki ağır metal değerleri TS 266 Türk standartları¹ tarafından belirlenen değerlerin (Fe 5-15 mg/l, Pb 0,0-0,05 mg/l) altında bulunmuştur. Ağır metal konsantrasyonları, kirlenmemiş olarak kabul edilen Atatürk Baraj göl suyu örnekleri ile uyum göstermektedir^{2,3}. Bu durum GAP bölgesindeki sucul bölgelerin halen ciddi bir kirlenmeye sahip olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi Dicle nehri hevsel bahçeleri istasyonundan alınan suda Fe değeri tüm istasyonlarla karşılaştırıldığında en yüksek değerde olup, Mn ve Zn ise Bozova istasyon’un örneklerinde en yüksek değerde olup, Co, Ni, Cu, Cd ve Pb’na rastlanılmamıştır. Bu durum suyun pH’ın yüksek (7,0-7,5) olmasından dolayı metallerin çözünmediğinden kaynaklanabilir. Çünkü sedimentte ve suda asılı parçacıklara bağlı metaller ancak suyun asidik olması durumunda serbest hale geçer.

Çalışılan istasyonlardaki sediment örnekleri incelendiğinde istasyonlar arasında lokal varyasyonların olduğu belirlenmiştir. Sedimentteki en yüksek metal değerleri Fe 42280 mg/kg ile Devegeçidi; Mn 1537 mg/kg Devegeçidi; Zn 99,23 mg/kg Ongözlü; Co 43,15 mg/kg ile Adıyaman; Ni 236,2 mg/kg ile Adıyaman; Cu 155,3 mg/kg ile Adıyaman; Cd 0,480 mg/kg Bozova; Pb ise 16,98 mg/kg ile Adıyaman’da görülmüştür. Bu istasyonlar zirai ve evsel atıkların suya karıştığı kirlenmiş yerlerde olması ile dikkat çekmektedir. Sedimente bırakılan bu metaller ya direkt su yoluyla ya da besin zinciri yoluyla canlılarda birikebilmektedir⁴. Sedimentteki ağır metaller bentik organizmaları da direkt olarak etkileyebilir (Karadede ve Ark.⁵, Widianarko ve ark.⁶ sediment ile balıktaki ağır metal konsantrasyonu arasında önemli bir ilişki olduğunu gözlemlemiştir).

Cd, Cu, Cr, Ni, Zn ve Mn gibi ağır metaller, gerek sudan direkt olarak gerek besin zinciri ile girdikleri canlı bünyelerinden, doğal fizyolojik yollar ile atılmadıkları için birikime uğrar ve organizmada belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar. Gill ve ark.,⁷ Ashraf ve Jaffar,⁸ Lourdes ve Cuvin⁹ sudaki metal konsantrasyonunun artması ile birlikte, balık dokularındaki Cd ve Hg konsantrasyonunun da artış gösterdiğini; fakat, Zn için bunun söz konusu olmadığını ve vücutta Zn birikiminin düzenlenebileceğini göstermişlerdir. Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, bu metallere maruz bırakılma süresi ve ortamdaki konsantrasyonlarına bağlı olarak artmaktadır.

Gambusia affinis'in kas ve iç organlarındaki ağır metal değerleri arasında önemli farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). İç organda Fe, Zn, Ni ve Cu konsantrasyonu kasa oranla daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Alhas ve ark.³ Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Barbus xanthopterus* ve *Barbus rajanorum mystaceus*'un karaciğer, böbrek ve solungaçındaki ağır metal birikiminin kastaki ağır metal birikiminden daha fazla olduğunu bulmuşlardır ($p < 0,05$). Aynı şekilde, Karadede ve Ark.⁵ Dicle Nehrinde yaşayan *Silurus triostegus*'un kas, karaciğer ve solungaçındaki ağır metal birikimini incelediklerinde organlar arasında önemli farklılıklar bulmuşlardır ($p < 0,05$).

Yapılan çalışmada, *Gambusia affinis*'in iç organında tespit edilen Fe konsantrasyonu bu dokuda belirlenen diğer metallere göre yüksek bulunmuştur. Fe'in iç organdaki konsantrasyonu kasa göre önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). İç organda Fe'den sonra en fazla bulunan ağır metal Zn'dur. Uysal ve ark.¹⁰ Enne Baraj Gölü'nde yaşayan *Carassius carassius*, *Chondrostoma nasus*, *Leuciscus cephalus*, *Alburnus alburnus*, *Cyprinus carpio* türlerinin

karaciğerindeki Fe konsantrasyonu diğer dokulara göre yüksek bulmuşlardır ($p<0,05$). Balıkların vücutlarındaki Fe'in diğer elementlere oranla daha fazla birikebilmeleri sedimentte ve suda anaerobik koşullarda bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu Fe^{+3} 'ün Fe^{+2} ye indirgenerek CO_2 'li sulara kolayca çözünmeleri ile ortama bol miktarda geçebildiklerinden dolayı olduğu belirtilmektedir¹¹.

Batman çayında *Gambusia affinis* örneklerinin kasında Fe ve Ni birikimi diğer istasyonlara oranla daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Van den Broek ve ark.¹² Manly lagoon içerisinde beş farklı bölgede bulunan *Gambusia halbrook*'ünün dişi ve erkeklerindeki Cd, Cu, Zn, Pb ve Fe'nin birikimini incelediklerinde bölgeler arasında önemli farklılıklar bulmuşlardır ($p<0,05$).

Gambusia affinis'te en düşük ağır metal birikimi kas dokusunda gözlenmiştir. Kaslar genellikle metal depolamayan organ olarak kabul edilmektedir⁵. Genellikle en yüksek birikim karaciğerde en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ağır metallerin metabolik olarak aktif olan organlarda daha fazla birikmesidir. Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve bazı balık türlerinin kas, solungaç ve karaciğer dokularında ağır metal birikimleri üzerine yapılan çalışmada da en yüksek metal birikiminin solungaç ve karaciğerde en düşük ise kas dokusunda olduğu bulunmuştur ($p<0,05$)². Aynı şekilde, Hazar Gölünden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreğindeki ağır metal (Cu, Fe, Mn ve Zn) konsantrasyonlarının en yüksek karaciğerde, en düşük ise kas dokusunda olduğunu tespit edilmiştir¹³.

Balık dokularında tespit edilen metal seviyeleri suya göre yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Bunun nedeni, sudaki ağır metallerin çökerek, dip kısmında birikmesi ve incelediğimiz balıkların bu metalleri sedimentten veya besinlerden alıp doku ve organlara akümüle etmiş olmasından kaynaklanabilir ¹². Canbek ve ark.¹⁴ yaptıkları çalışmada inceledikleri türlerin ağır metal birikim düzeylerinin, ortam suyundaki ağır metal derişimlerinden fazla olduğunu ve bu birikimlerin organ ve dokulara göre farklılık gösterdiklerini belirtmişlerdir. Balıklarda farklı ağır metallerin farklı doku ve organlarda farklı oranlarda biriktiği ve belirli bir metalin hangi doku ve organda öncelikle depo edileceğinin türlere göre değışim gösterdiği bildirilmiştir ^{2,13}. Al-Yousuf ve ark.¹⁵ *Lethrinus lentjan*'da Zn, Cu ve Mn'ı karaciğerde en fazla, kasta ise en az oranda biriktiğini belirlemişlerdir.

Gambusia affinis'in kas ve iç organındaki ağır metal birikimine bakıldığında en yüksek birikimin Fe olduğu görülmektedir. Tekin-Özan ve ark.¹⁶ Beyşehir gölünde yaşayan (*Cyprinus carpio* L. 1758)'nın bazı organlarındaki Cr, Pb ve Cd çok düşük konsantrasyonlarda bulmuşlardır. Sarıçay'dan yakalanan *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus*'un dokularında metal birikimine bakıldığında Zn 6,35-28,55 µg/g, Cu 0,065-6,362 µg/g, Pb 0,068-0,874 µg/g, Cd ise 0,001-0,084 µg/g olarak tespit edilmiştir. Metal birikimleri yasal sınırları geçmediği için insan sağlığı için tehlike oluşturmamaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar metal birikimlerinin dokulara göre farklılık gösterdiğini (P<0,05) en yüksek birikimin karaciğer ve solungaçlarda olduğunu doğrulamaktadır ¹⁷.

Türkmen ve ark.¹⁸ Türkiye sularında yaşayan *Belone belone* L., 1761 ve *Pomatomus saltatrix* L., 1766, dokularındaki ağır metal birikimini incelediklerinde

Cd ve Pb düşük konsantrasyonlarda Cu, Zn, ve Fe ise yüksek konsantrasyonlarda bulunmuşlardır. Bölgesel farklılıkların ağır metal konsantrasyonu üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Sonuçlar bizim yaptığımız çalışmalarla karşılaştırıldığında uyum içinde olduğu görülecektir.

Gambusia affinis'in iç organında ölçülen ortalama en yüksek metal birikimi sırasıyla Fe>Zn>Mn>Ni>Cu>Pb>Cd olarak belirlenmiştir. Göksu ve ark.¹⁹ Seyhan Baraj gölündeki *Cyprinus carpio* ve *Stizostedion lucioperca*'daki Fe, Zn ve Cd birikimini sırasıyla Fe>Zn>Cd olarak bulunmuşlardır. Bulgularımızın bu araştırmacıların bulguları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda Zn, Fe ve Mn'in yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu balık karaciğerinde metallothionein denilen bir proteinin bulunduğu görülmüştür^{20,21}. Oldukça kompleks bir yapıya sahip olan bu protein çok sayıda metali bağlama yeteneğine sahiptir. Karaciğerdeki yüksek metal konsantrasyonlarının diğer bir nedeni de bu organın metal detoxifikasyon yeri olmasından kaynaklanmaktadır²².

Kadmiyum, canlılarda herhangi bir biyolojik işlevi olmayan kanserojen ve mutajen etkileri bilinen bir ağır metaldir. Bu metalin çok düşük ortam derişimleri bile balıklar üzerinde toksik etki yapar²³. Çalışmamızda en yüksek Cd konsantrasyonu *Gambusia affinis*'in iç organında görülmüştür (0,0902 mg/kg). Fakat *Gambusia affinis*'in kas dokusunda Cd düşük konsantrasyonda (0,02 mg /kg) ya da hiç bulunamıştır. Doku ve organlar arasındaki bu farklar, incelenen doku ve organların yapısal, metabolik ve işlevsel olarak farklı olmasından kaynaklanabilir. Göksu ve ark.²⁴ Seyhan Baraj Gölü'nden yakalanan Aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Sizosten lucioperca* L., 1758)'in yenilebilir kısımlarında, Fe, Zn ve Cd

konsantrasyonlarını sırasıyla Fe>Zn>Cd şeklinde bulmuşlardır. Kalay ve Karataş²³ *Tilapia nilotica* (L.)'nin bazı dokularında (Kas, beyin ve kemik) Cd birikimini kas dokusunda diğer dokulara göre daha düşük olduğunu saptamışlardır. Kas dokusunda diğer dokulara göre düşük belirlenen Cd derişimleri, bu dokunun normal koşullarda MT ve benzeri düşük moleköl ağırlıklı metal bağlayıcı proteinleri içermemeleri ve bu proteinleri sentez kapasitelerinin daha sınırlı olması şeklinde belirtmişlerdir.

Van den Broek ve ark.¹² Manly Lagoon bölgesinin beş farklı yerinde yaşayan *Gambusia halbrooki*'nin erkek ve dişilerindeki Fe, Cu, Zn birikimini incelediklerinde Zn 250 ppm, Fe 150 ppm, Cu 4,6 ppm olarak bulmuşlardır. Sonuçlar *Gambusia affinis*'teki ağır metal birikimiyle karşılaştırıldığında Zn metali hariç diğer metallerle uyum içinde olduğu görülmektedir.

Yap ve ark.²⁵ Serdang gölünde *Poecilia reticulata*'nın ağır metal değerleri Cu 5,98 ppm, Zn 164 ppm, Cd 1,12 ppm, Ni 5,91 ppm, Pb 34,9 ppm olarak belirlenmiştir. Sonuçlar *Gambusia affinis*'teki değerlerle karşılaştırıldığında ise daha düşük konsantrasyonda olduğu görülmektedir.

Türkmen ve ark.¹⁸ Türkiye sularında yaşayan *Belone belone* L., 1761,ve *Pomatomus saltatrix* L., 1766, dokularındaki ağır metal birikimi incelendiğinde Cd ve Pb düşük konsantrasyonlarda bulunurken; Cu Zn ve Fe yüksek konsantrasyonlarda bulmuştur. Bölgesel farklılıkların ağır metal konsantrasyonu üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. *Gambusia affinis*'ler üzerine yaptığımız çalışmamızda bölgeler arası farklılıklar bulunmuştur. Her bölgenin habitatının ve iklim şartlarının değişik olmasıyla açıklanabilir. Bu araştırmacıların bulguları, bizim bulgularımızı destekler niteliktedir.

4.2. ÇİZELGE VE ŞEKİLLER

Çizelge 4.1. Bölgelerarası sudaki ağır metal değerleri

	Metaller (mg/kg)								
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Suyun Alındığı Yerler	Dicle	1,139	0,03	0,028	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Ongözlü	0,601	0,122	0,018	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Devegeçidi	0,134	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Adıyaman	0,367	0,018	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Göksu	0,139	N.D	0,002	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Batman	0,149	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Bozova	0,366	0,43	0,034	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Akçakale	0,134	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Fabrika	0,135	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	Karadede ve Ünlü	0,10	N.D	0,07	0,02	0,2	0,058	N.D	N.D

N.D. ölçümler ICP-OES'nin duyarlılık sınırlarının altındadır

Çizelge 4.2. Bölgelerarası sedimentteki ağır metal değerleri

	Metaller (mg/kg)								
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Sedimentin Alındığı Yerler	Dicle	23458	532	49,66	26,49	77,21	107,3	N.D	6,576
	Ongözlü	37010	670,3	99,23	32,88	119,7	142,7	0,237	10,87
	Devegeçidi	42280	1537	83,24	34,43	119,4	47,02	0,015	8,207
	Adıyaman	42010	1052	85,16	43,15	236,2	155,3	N.D	16,98
	Göksu	41920	631,7	79,53	32,34	93,39	84,60	N.D	4,199
	Batman	24190	437,8	52,55	11,16	70,63	30,97	0,098	6,660
	Bozova	17420	340,4	51,80	9,608	74,07	25,27	0,480	10,34
	Akçakale	31570	791,2	37,74	17,23	65,57	28,61	N.D	N.D
	Fabrika	38740	671,6	60,14	25,94	67,28	39,17	N.D	2,295

N.D. ölçümler ICP-OES'nin duyarlılık sınırlarının altındadır

Çizelge 4.3. Sedimentteki Referans Materyal Değerleri ile Ölçülen Değerler
(mg/kg)²⁶

Metaller	Referans değerler	Ölçülen değerler
Zn	460	334
Ni	34	28.82
Cu	87	95.40
Cd	3.3	2.759
Pb	87	62.13

Çizelge 4.4. DOLT-3'teki Referans Materyal Değerleri ile Ölçülen Değerler
(mg/kg)²⁷

Metaller	Referans değerler	Ölçülen değerler
Fe	1484	1122
Zn	86.6	62.59
Ni	2.72	3.023
Cu	31.2	26.79
Cd	19.4	13.19
Pb	0.32	0.702

Çizelge 4.5. Dicle nehrindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							Cd	Pb
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu			
Kas	Min	3,12	8,53	13,45	0,03	0,01	0,34	0,01	N.D	
	Max	34	9,09	23,89	0,06	1,14	0,94	0,03		
	Ortalama	13,56	8,86 ^a	17,633 ^a	0,042 a	0,391	0,551 a	0,0173		
	Sd	17,70	0,297	5,520	0,141	0,648	0,336	0,00945		
İç Organ	Min	193	13,10	31,00	0,17	1,08	2,95	N.D	N.D	
	Max	234	13,45	34,83	0,51	1,58	3,69			
	Ortalama	207,6	13,22	32,886	0,294 a	1,258	3,306 b			
	Sd	22,85	0,194	1,915	0,1860	0,281	0,370			

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min.en küçük değer, Max.en büyük değer, S.D. Standart sapma, N.D. ölçümler ICP-OES'nin duyarlılık sınırlarının altındadır

Çizelge 4.6. Ongözlü'de *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							Cd	Pb
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu			
Kas	Min	6,38	3,17	20,20	0,03	0,03	1,83	N.D	N.D	
	Max	6,96	3,70	21,34	0,05	0,10	1,88			
	Ortalama	6,727 a	3,42 a	20,82 a	0,04 a	0,065a	1,84 a			
	Sd	0,305	0,263	0,578	0,0073	0,034	0,024			
İç Organ	Min	62,82	3,77	36,35	0,07	0,16	2,67	0,02	0,0	
	Max	94,95	5,35	40,27	0,11	0,29	4,36	0,07	0,8	
	Ortalama	82,33 b	4,402 a	38,18 b	0,09 b	0,236b	3,48 b	0,04	0,3	
	Sd	17,141	0,836	1,972	0,0185	0,066	0,847	0,02	0,4	

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min.en küçük değer, Max.en büyük değer, S.D. Standart sapma, N.D. ölçümler ICP-OES'nin duyarlılık sınırlarının altındadır

Çizelge 4.7. Devegeçidin’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							Cd	Pb
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu			
Kas	Min	4,35	6,27	11,31	0,04	0,07	1,26	N.D	N.D	
	Max	8,79	18,91	19,68	0,08	0,15	10,62			
	Ortalama	7,225 a	12,23a	16,510a	0,0653a	0,1055a	4,92a			
	Sd	2,49	6,339	4,54	0,0230	0,043	5,00			
İç Organ	Min	224,00	85,56	31,00	0,26	0,53	3,93	N.D	N.D	
	Max	474,00	226,00	60,00	0,50	1,45	10,99			
	Ortalama	321,6 b	145,85b	41,15a	0,3753b	0,9980b	7,632a			
	Sd	133,665	72,294	16,33	0,1191	0,459	3,541			

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min.en küçük değer, Max.en büyük değer, S.D. Standart sapma, N.D. ölçümler ICP-OES’nin duyarlılık sınırlarının altındadır

Çizelge 4.8. Bozovadaki *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							Cd	Pb
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu			
Kas	Min	6,01	4,96	29,39	0,04	0,21	0,51	N.D	N.D	
	Max	25,44	7,35	32,96	0,07	0,55	3,23			
	Ortalama	12,61a	6,038a	31,28a	0,0520a	0,3536a	2,08a			
	Sd	11,107	1,208	1,79	0,0240	0,1777	1,411			
İç Organ	Min	68,73	3,79	36,21	0,07	0,29	1,65	N.D	N.D	
	Max	191,00	5,50	49,37	0,16	0,82	2,74			
	Ortalama	113,293a	4,438a	41,640a	0,1080a	0,5153a	2,29a			
	Sd	67,537	0,926	6,87	0,2748	0,2748	0,572			

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min.en küçük değer, Max.en büyük değer, S.D. Standart sapma, N.D. ölçümler ICP-OES’nin duyarlılık sınırlarının altındadır

Çizelge 4.9. Adıyaman'daki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Kas	Min	6,71	3,19	13,02	0,02	0,19	0,32	0,02	0,06
	Max	31,02	6,35	23,12	0,05	0,95	0,56	0,05	0,09
	Ortalama	15,06a	4,38a	17,99a	0,0350a	0,4870a	0,4343a	0,0400a	0,0745a
	Sd	13,82	1,716	5,05	0,0157	0,4086	0,1205	0,0147	0,02051
İç Organ	Min	20,63	3,07	27,62	0,04	0,23	1,39	0,03	0,02
	Max	80,05	4,83	38,11	0,09	0,91	1,75	0,06	0,25
	Ortalama	58,57a	4,05a	34,05b	0,0637a	0,5927a	1,561b	0,0453a	0,1167a
	Sd	32,95	0,897	5,63	0,0220	0,3394	0,1827	0,1528	0,1176

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min. en küçük değer, Max. en büyük değer, S.D. Standart sapma, N.D. ölçümler ICP-OES'nin duyarlılık sınırlarının altındadır.

Çizelge 4.10. Fabrika çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Kas	Min	8,96	4,69	16,57	0,04	0,19	0,21	0,03	0,01
	Max	17,36	6,76	22,27	0,04	0,32	0,93	0,04	0,07
	Ortalama	13,97a	6,032a	19,62a	0,0416a	0,236a	0,544a	0,0319a	0,040a
	Sd	4,43	1,161	2,87	0,0019	0,0727	0,3592	0,0070	0,364
İç Organ	Min	136,81	4,83	21,50	0,10	0,34	0,80	0,01	0,04
	Max	440,75	9,27	23,94	0,23	0,99	1,00	0,02	0,06
	Ortalama	326,077b	7,251a	22,51a	0,1837a	0,718a	0,907a	0,0161b	0,048a
	Sd	165,132	2,245	1,271	0,0742	0,3366	0,103	0,00687	0,1768

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min. en küçük değer, Max. en büyük değer, S.D. Standart sapma

Çizelge 4.11. Göksu çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Kas	Min	7,31	4,48	16,45	0,03	0,19	0,23	0,01	0,01
	Max	9,16	5,59	27,47	0,03	0,29	0,71	0,04	0,13
	Ortalama	8,27a	5,024a	21,806a	0,0284a	0,220a	0,398a	0,028a	0,0621
	Sd	0,928	0,555	5,51	0,0057	0,057	0,2676	0,1431	0,0596
İç Organ	Min	92,65	4,83	25,22	0,07	0,35	2,31	0,02	N.D
	Max	134,85	6,52	32,15	0,14	1,06	2,70	0,09	
	Ortalama	110,09b	5,691a	29,55a	0,1169b	0,6516a	2,46b	0,040a	
	Sd	22,023	0,845	3,773	0,0366	0,3687	0,2052	0,0423	

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min. en küçük değer, Max. en büyük değer, S.D. Standart sapma, N.D. ölçümler ICP-OES'nin duyarlılık sınırlarının altındadır.

Çizelge 4.12. Batman çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Kas	Min	16,50	4,64	19,15	0,01	0,60	0,68	0,03	0,02
	Max	156,27	9,37	30,53	0,05	1,90	1,15	0,09	0,73
	Ortalama	70,47a	6,37a	23,74a	0,0303a	1,37a	0,878a	0,0493a	0,312a
	Sd	75,121	2,601	5,99	0,0236	0,6811	0,2417	0,03488	0,3728
İç Organ	Min	166,37	7,43	22,96	0,08	0,54	1,59	0,06	0,12
	Max	385,00	12,50	57,25	0,10	1,39	2,95	0,12	0,60
	Ortalama	278,456a	10,36a	43,70a	0,0906b	0,954a	2,278b	0,0902a	0,316a
	Sd	109,421	2,62	18,24	0,0101	0,4235	0,6791	0,0300	0,2544

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min. en küçük değer, Max. en büyük değer, S.D. Standart sapma

Çizelge 4.13. Akçakale’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki ağır metal değerleri

Organlar		Metaller (mg/kg)							
		Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Kas	Min	5,38	3,81	16,69		0,12	0,53	0,02	0,01
	Max	12,09	3,99	17,29		0,20	0,98	0,03	0,16
	Ortalama	7,99 a	3,88 a	16,95 a		0,1650a	0,7257a	0,0285a	0,0653a
	Sd	3,59	0,0915	0,305		0,0415	0,2315	0,0043	0,0856
İç Organ	Min	105,31	4,60	25,21	N.D	0,34	1,60	0,03	0,05
	Max	119,97	4,66	26,88		0,39	1,67	0,04	0,10
	Ortalama	112,3b	4,62 b	25,88		0,3637b	1,6290b	0,0327a	0,0701a
	Sd	7,34	0,03272	0,8759		0,0266	0,03439	0,00631	0,02942

^{a, b} harfleri organlar arasındaki istatistiki farklılık, $P < 0,05$ altındaki değerler önemli farklılıklar gösterir (t-testi uygulandı). Min. en küçük değer, Max. en büyük değer, S.D. Standart sapma, N.D. ölçümler ICP-OES’nin duyarlılık sınırlarının altındadır.

Çizelge 4.14. Bölgelerarası *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki ölçülen ağır metal konsantrasyonları

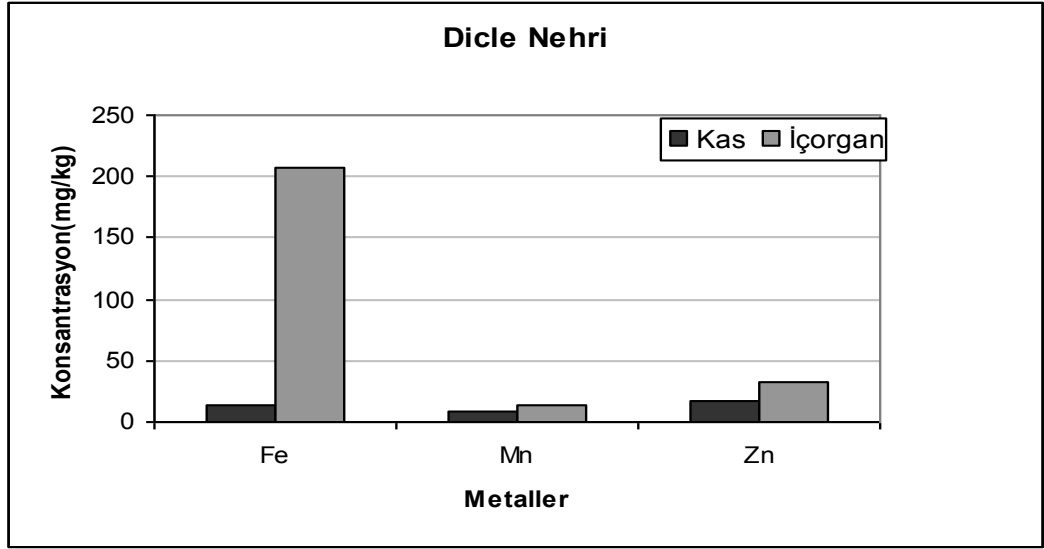
İstasyonlar	Dokular	Fe	Mn	Zn	Co	Ni	Cu	Cd	Pb
Dicle	13,560±17,70 ^a (3,12-34,0)	8,86±0,29 ^{bc} (8,53-9,09)	17,63±5,520 ^a (13,45-23,4)	0,04±0,14 ^{a,b} (0,03-0,06)	0,391±0,64 ^a (0,01-1,14)	0,55±0,33 ^a (0,34-0,9)	0,01±0,009 (0,01-0,03)	N.D	13,560±17,70 ^a (3,12-34,0)
	207,6±22,85 ^{x,y} (193-234)	13,222±0,19 ^x (13,10-13,45)	32,88±1,91 ^{x,y,z} (31-34)	0,29±0,18 ^{y,z} (0,17-0,51)	1,25±0,28 ^t (1,08-1,58)	3,30±0,37 ^{x,y} (2,95-3,6)	N.D	N.D	207,6±22,85 ^{x,y} (193-234)
Ongözlü	6,72±0,305 ^a (6,38-6,96)	3,42±0,26 ^a (3,17-3,40)	20,8±0,5 ^a (20-21)	0,04±0,007 ^{a,b} (0,03-0,05)	0,06±0,03 ^a (0,03-0,1)	1,8±0,02 ^{a,b} (1,8-1,83)	N.D	N.D	6,72±0,305 ^a (6,38-6,96)
	82,3±17,14 ^x (62-94)	4,4±0,8 ^x (3,7-5,3)	38±1,9 ^{x,y,z} (36-40)	0,09±0,01 ^x (0,07-0,11)	0,23±0,06 ^x (0,16-0,29)	3,4±0,8 ^y (2,6-4,3)	0,04±0,02 ^x (0,02-0,07)	0,32±0,4 (0,05-0,8)	82,3±17,14 ^x (62-94)
Devegeçidi	7,2±2,4 ^a (4,3-8,7)	12,3±6,3 ^c (6,2-18,9)	16±4 ^a (11-19)	0,06±0,02 ^b (0,04-0,08)	0,10±0,04 ^a (0,07-0,15)	4,9±5,0 ^c (1,2-10)	N.D	N.D	7,2±2,4 ^a (4,3-8,7)
	321±133 ^y (224-474)	145±72 ^y (85-226)	41±16 ^{y,z} (31-60)	0,37±0,11 ^z (0,26-0,5)	0,99±0,45 ^{z,t} (0,5-1,4)	7,6±3,5 ^z (3,9-10,9)	0,02±0,008 ^x (0,02-0,03)	N.D	321±133 ^y (224-474)
Adıyaman	15±13 ^a (6,7-31)	4,3±1,7 ^{a,b} (3,1-6,3)	17,9±5,05 ^a (23-13)	0,03±0,01 ^{a,b} (0,02-0,05)	0,48±0,40 ^a (0,19-0,95)	0,43±0,12 ^a (0,32-0,5)	0,04±0,01 (0,02-0,05)	0,07±0,02 (0,06-0,09)	15±13 ^a (6,7-31)
	58±32 ^x (20-80)	4,05±0,89 ^x (3,07-4,8)	34±5,6 ^{x,y,z} (27-38)	0,06±0,02 ^x (0,04-0,09)	0,59±0,33 ^{x,y,z} (0,2-0,9)	1,560±18 ^{x,y} (1,3-1,7)	0,04±0,15 ^x (0,03-0,06)	0,11±0,11 (0,02-0,2)	58±32 ^x (20-80)
Göksu	8,27±0,9 ^a (7,3-9,1)	5,02±0,5 ^{a,b} (4,4-5,5)	21,8±5,5 ^a (16-27)	0,02±0,005 ^a (0,03-0,03)	0,22±0,05 ^a (0,19-0,29)	0,39±0,26 ^a (0,23-0,7)	0,02±0,14 (0,01-0,04)	0,06±0,05 (0,01-0,13)	8,27±0,9 ^a (7,3-9,1)
	110±22 ^x (92-134)	5,6±0,8 ^x (4,8-6,5)	29,5±3,7 ^{x,y,z} (25-32)	0,11±0,03 ^x (0,07-0,14)	0,65±0,36 ^{x,y,z} (0,35-1,06)	2,46±0,2 ^{x,y} (2,3-2,7)	0,04±0,04 ^x (0,02-0,09)	N.D	110±22 ^x (92-134)

Çizelge 4.12.(Devamı)

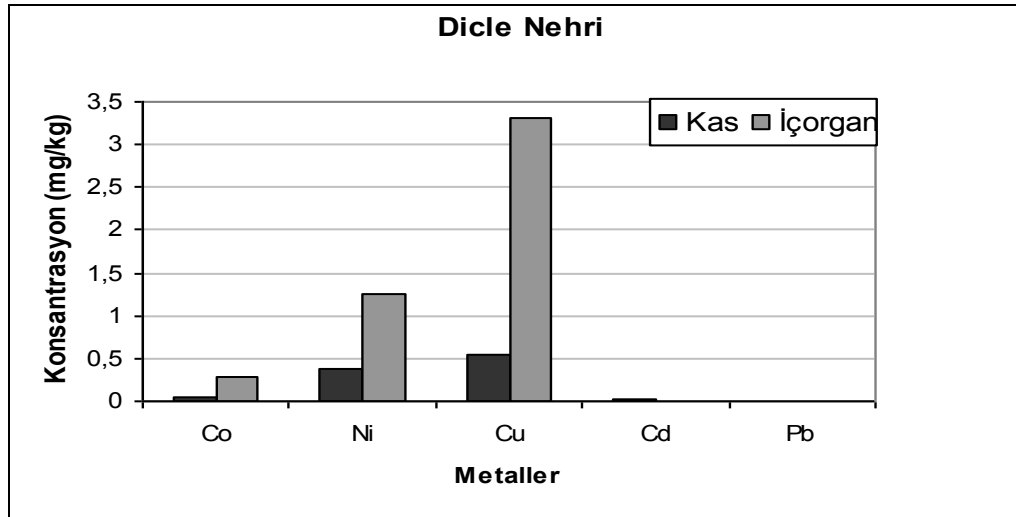
Batman	70±75 ^b	6±2,6 ^{a,b}	23±5,99 ^a	0,03±0,02 ^{a,b}	1,37±0,68 ^b	0,8±0,2 ^a	0,04±0,03 ^a	0,31±0,37	70±75 ^b
	(16-156)	(4,6-9,3)	(19-30)	(0,01-0,05)	(0,6-1,9)	(1,15-0,6)	(0,03-0,09)	(0,02-0,7)	(16-156)
	278±109 ^x	10,3±2,6 ^x	43±18 ^z	0,09±0,01 ^x	0,95±0,42 ^{y,z,t}	2,2±0,6 ^{x,y}	0,09±0,03 ^x	0,31±0,25	278±109 ^x
	(166-385)	(7,4-12,5)	(22-57)	(0,08-0,10)	(0,5-1,39)	(1,5-2,9)	(0,06-0,12)	(0,12-0,6)	(166-385)
Bozova	12,6±11,1 ^a	6,03±1,2 ^{a,b}	31,2±1,7 ^b	0,05±0,02 ^a	0,35±0,17 ^a	2,08±1,4 ^{a,b}	N.D	N.D	12,6±11,1 ^a
	(6-25)	(4,9-7,3)	(29-32)	(0,04-0,07)	(0,21-0,55)	(0,5-3,2)			(6-25)
	113±67 ^x	4,4±0,9 ^x	41±6 ^{y,z}	0,10±0,27 ^x	0,5±0,27 ^{x,y,z}	2,2±0,57 ^{x,y}	N.D	N.D	113±67 ^x
	(68-191)	(3,7-5,5)	(36-49)	(0,07-0,16)	(0,2-0,8)	(1,6-2,7)			(68-191)
Akçakale	7,9±3,5 ^a	3,88±0,09	16,9±0,30 ^{x,y}	N.D	0,16±0,04 ^a	0,72±0,23 ^a	0,02±0,004	0,06±0,08	7,9±3,5 ^a
	(5,3-12,09)	(3,8-3,9)	(16,6-17,2)		(0,12-0,20)	(0,53-0,9)	(0,02-0,03)	(0,01-0,16)	(5,3-12,09)
	112,38±7,3 ^y	4,62±0,03 ^x	25,8±0,87 ^b	N.D	0,36±0,02 ^{x,y}	1,6±0,03 ^{x,y}	0,03±0,006 ^x	0,07±0,02	112,38±7,3 ^y
	(105-119)	(4,60-4,66)	(25-26)		(0,34-0,39)	(1,60-1,6)	(0,03-0,04)	(0,05-0,1)	(105-119)
Fabrika	13,9±4,4 ^a	6,03±1,16 ^{a,b}	19,6±2,87 ^a	0,04±0,001 ^{a,b}	0,23±0,07 ^a	0,54±0,35 ^a	0,03±0,007	0,04±0,36	13,9±4,4 ^a
	(8,9-17,3)	(4,6-6,7)	(16,5-22,2)	(0,04-0,04)	(0,19-0,32)	(0,21-0,9)	(0,03-0,04)	(0,01-0,07)	(8,9-17,3)
	326,07±165,32 ^y	7,25±2,24 ^x	22±1,27 ^x	0,18±0,07 ^x	0,71±0,33 ^{x,y,z,t}	0,9±0,1 ^a	0,01±0,006 ^x	0,04±0,17	326,07±165,32 ^y
	(136-440)	(4,8-9,2)	(21-23)	(0,10-0,23)	(0,34-0,99)	(0,8-1,0)	(0,01-0,02)	(0,04-0,06)	(136-440)

^{a, b, c} harfleri kaslar arasındaki bölgesel farklılıkları, ^{x,y, z, t} harfleri iç organlar arasındaki bölgesel farklılıkları gösterir. P<0,05 altındaki değerler

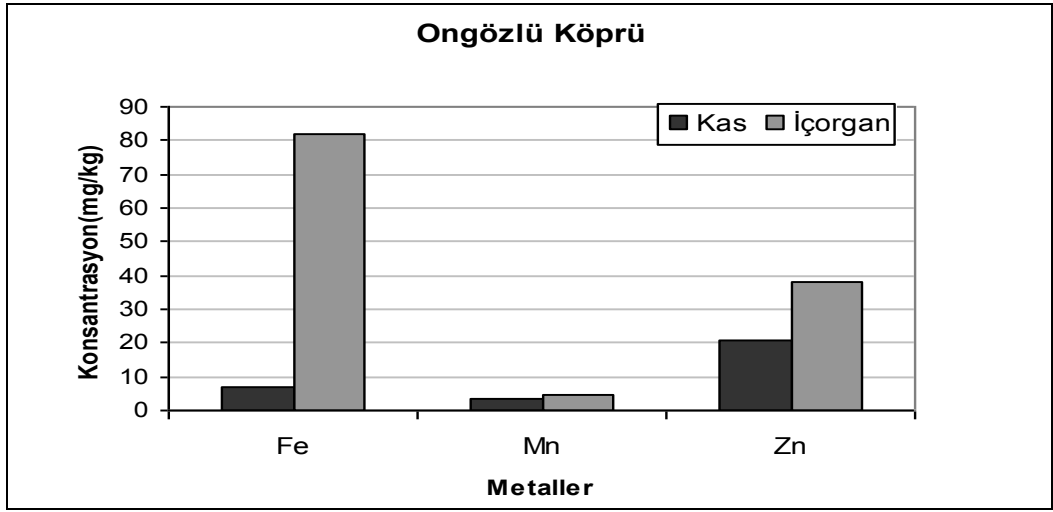
önemli farklılıklar gösterir (Çoklu karşılaştırma testi olarak Duncan testi uygulandı)



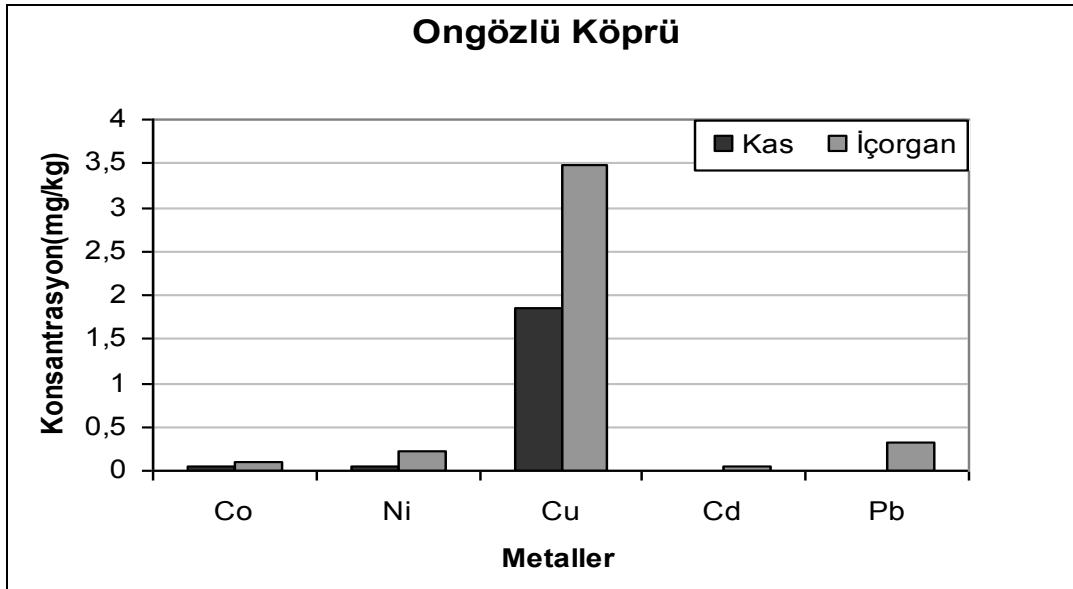
Şekil 4.1. Dicle nehrindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'daki ağır metal konsantrasyon değişimi



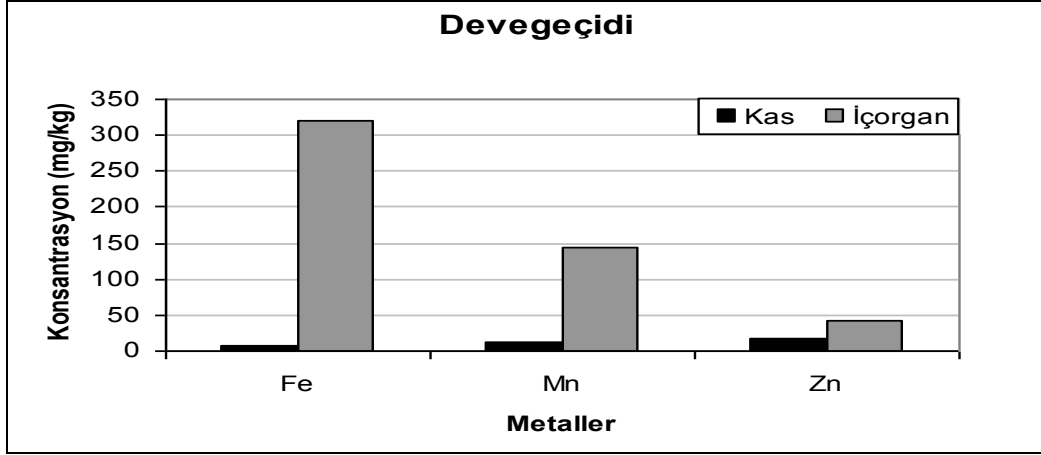
Şekil 4.2. Dicle nehrindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



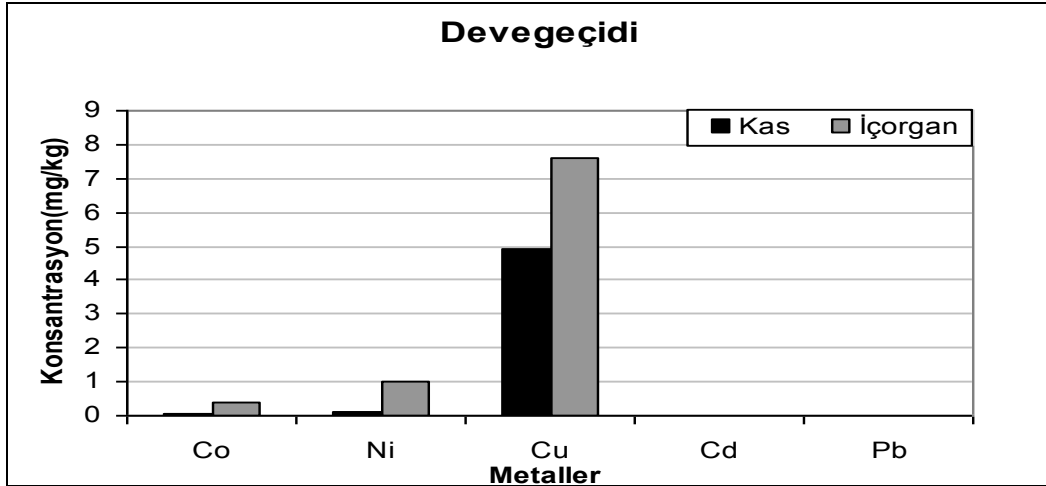
Şekil 4.3. Ongözlüdeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



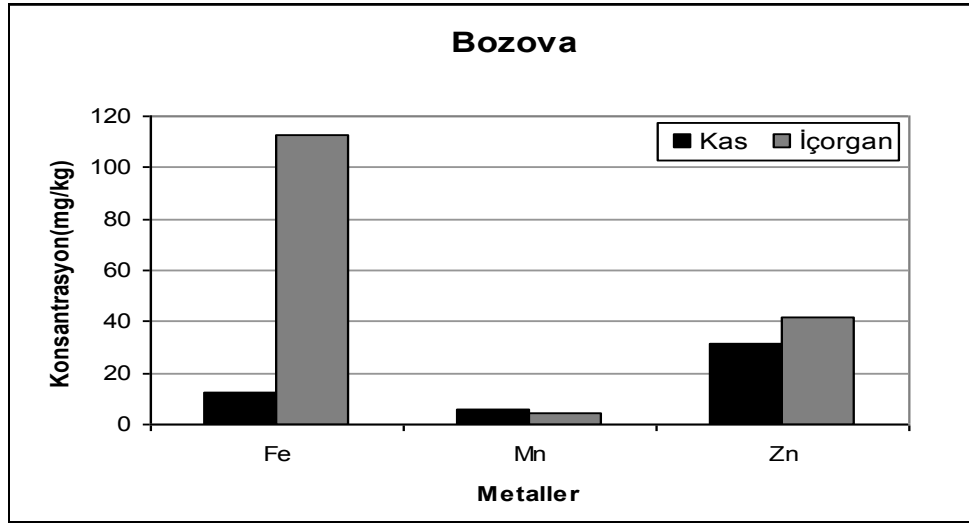
Şekil 4.4. Ongözlü'deki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



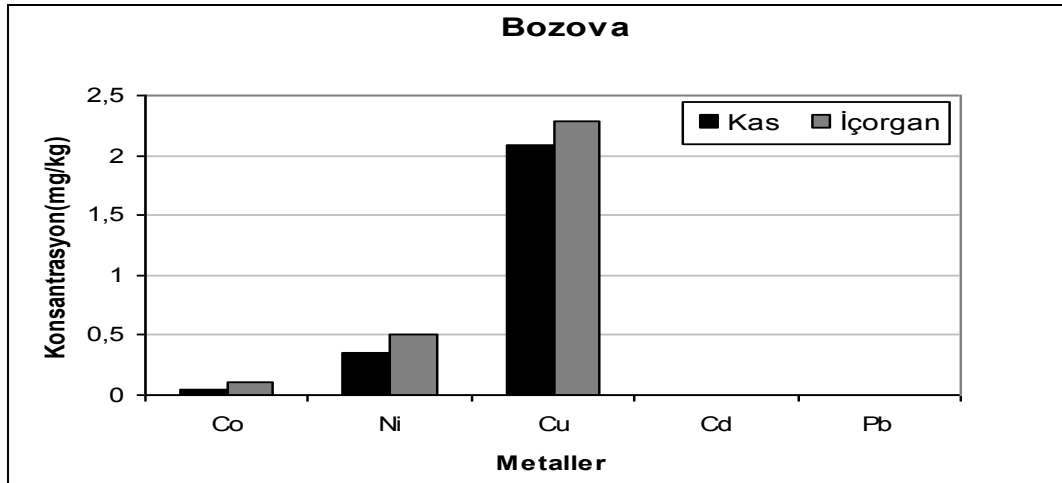
Şekil 4.5. Devegeçidindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



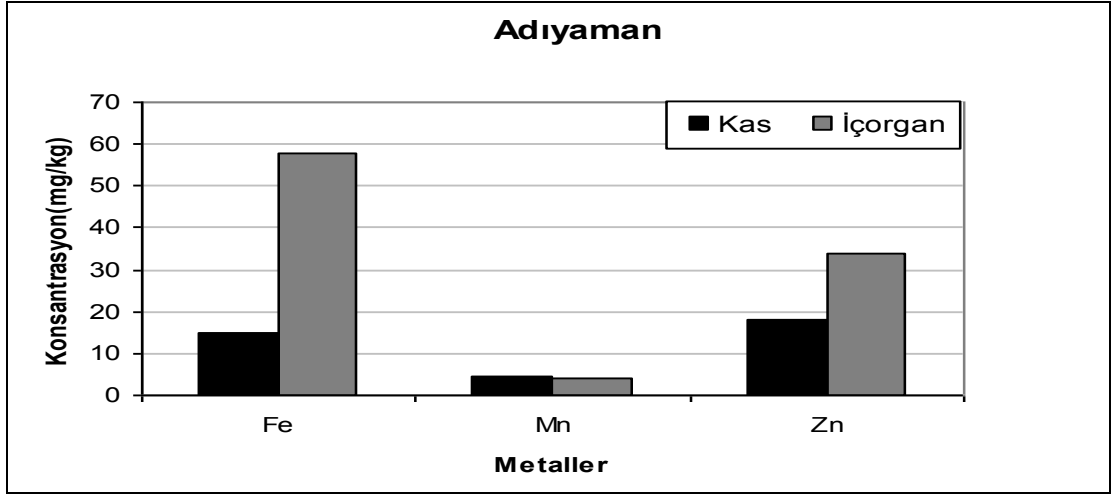
Şekil 4.6. Devegeçidindeki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



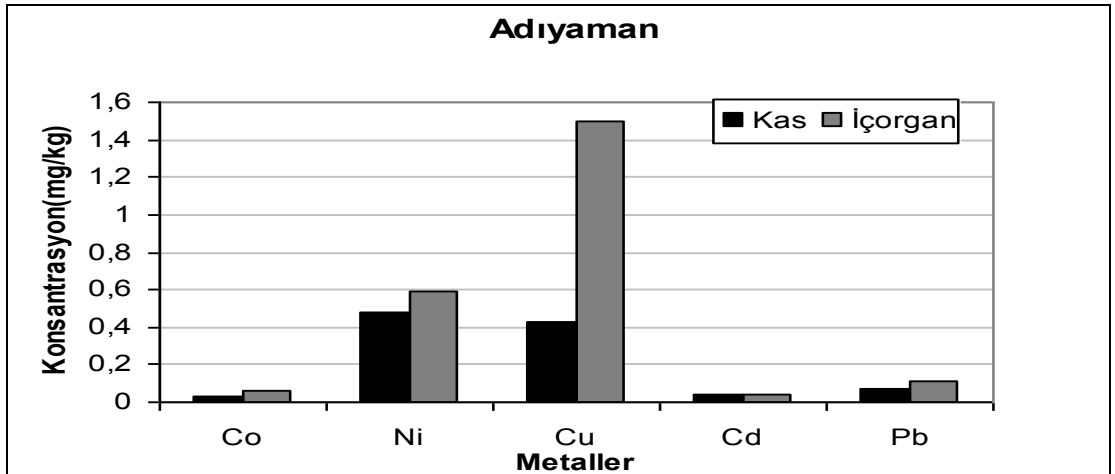
Şekil 4.7. Bozovadaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



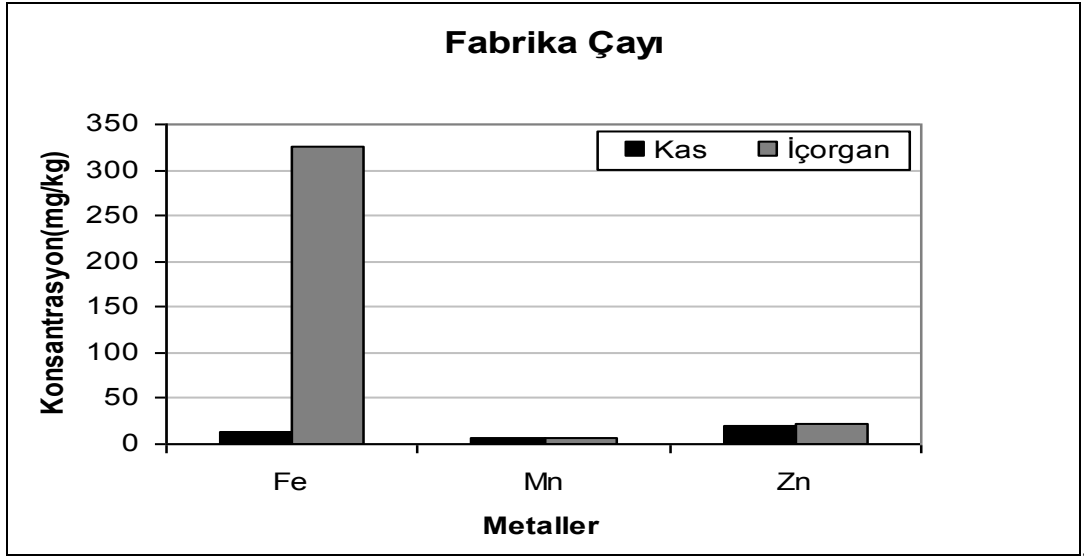
Şekil 4.8. Bozovadaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



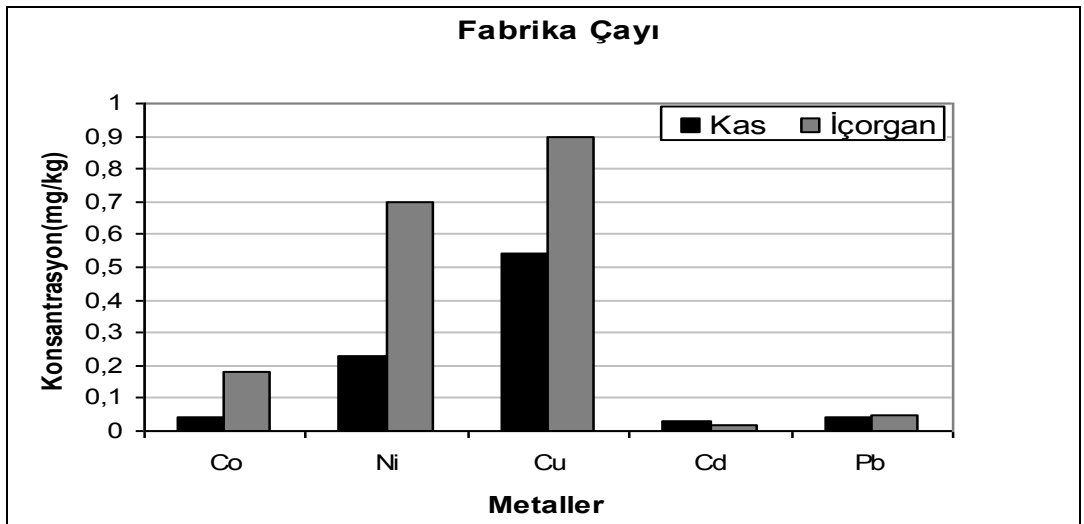
Şekil 4.9. Adıyaman'daki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



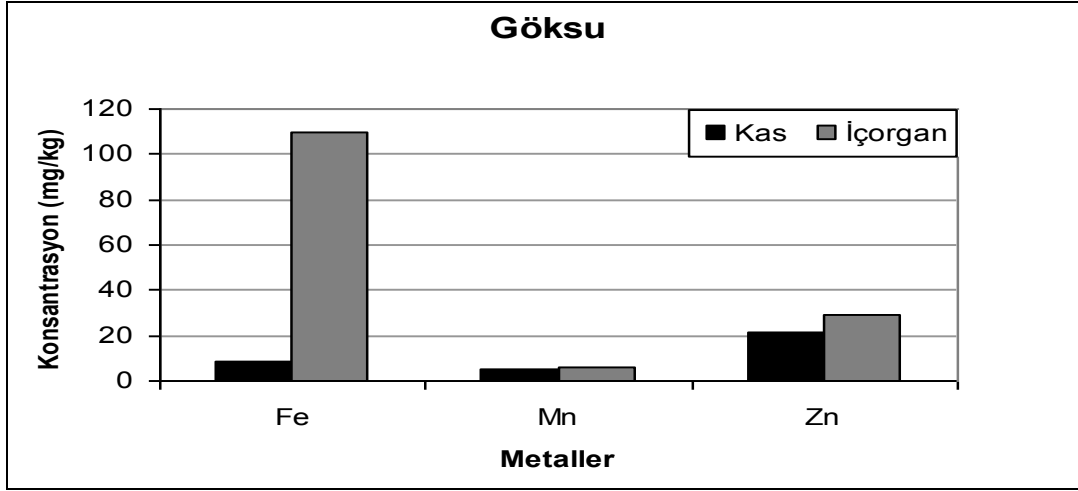
Şekil 4.10. Adıyaman'daki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



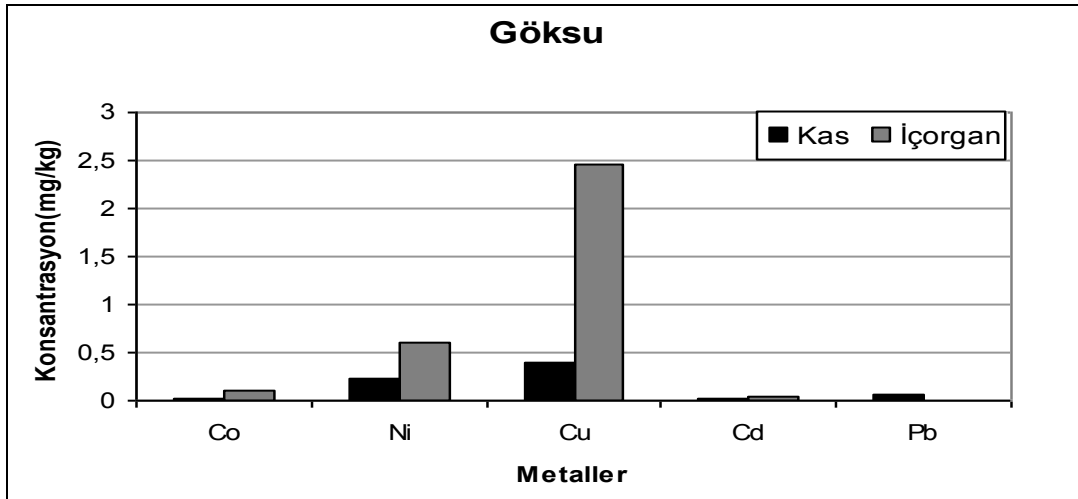
Şekil 4.11. Fabrika çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



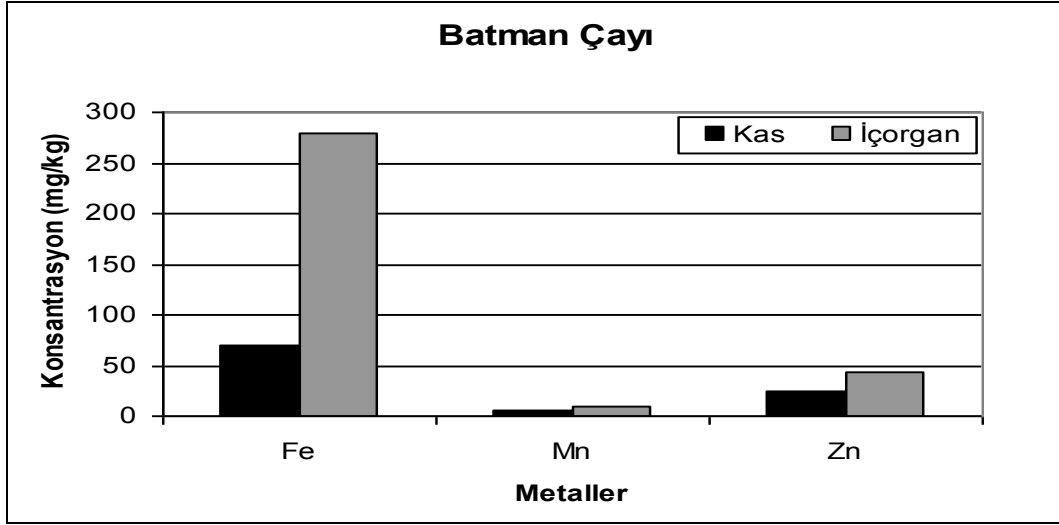
Şekil 4.12. Fabrika çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



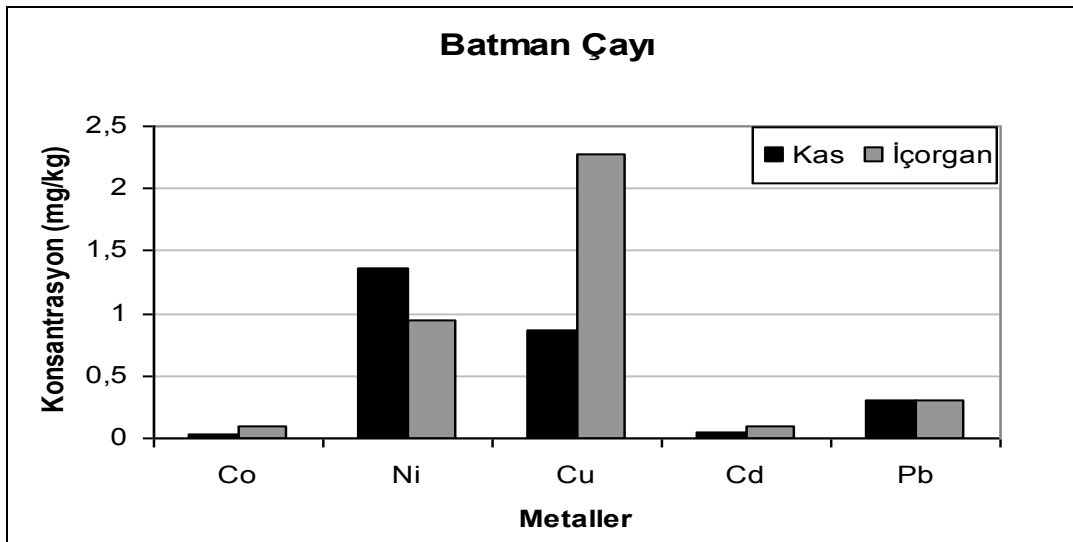
Şekil 4.13. Göksu çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



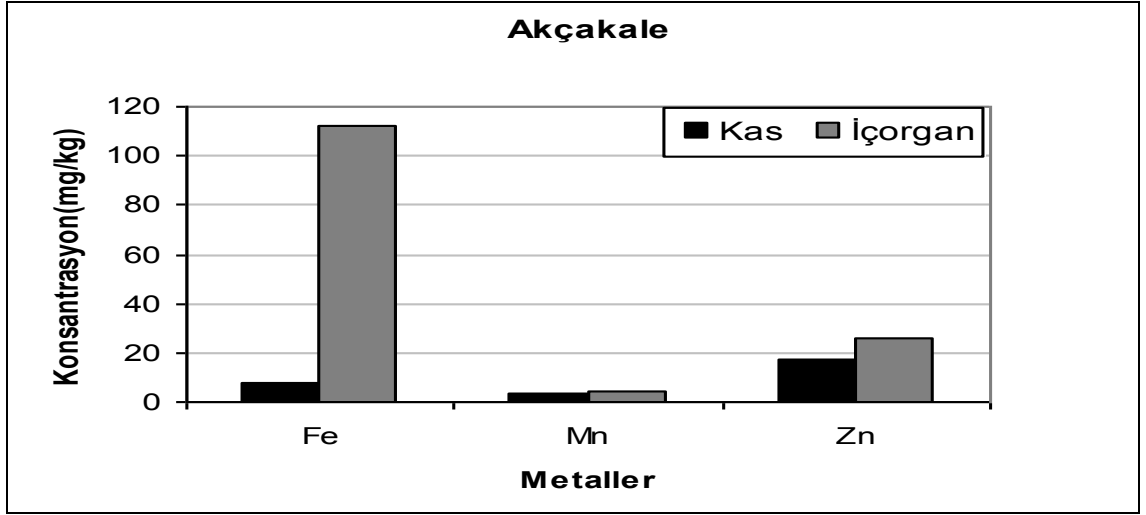
Şekil 4.14. Göksu çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



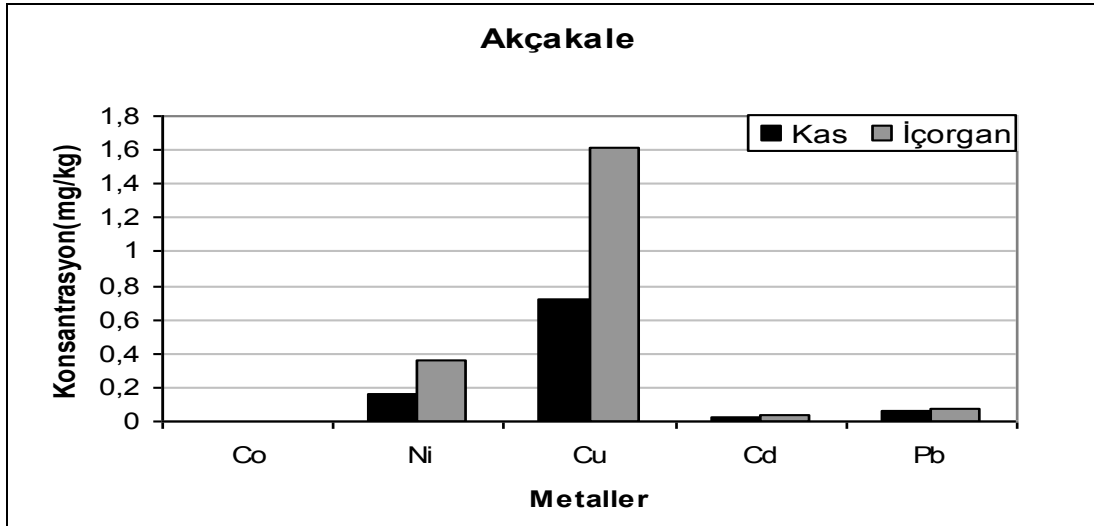
Şekil 4.15. Batman çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



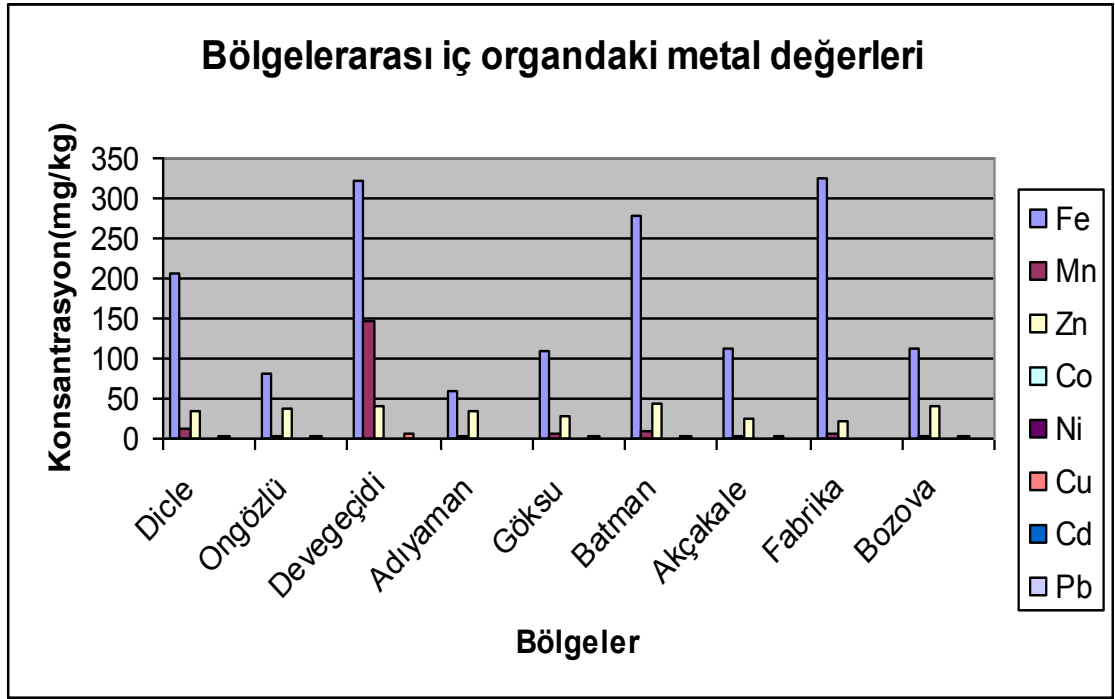
Şekil 4.16. Batman çayındaki *Gambusia affinis*'in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb'deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



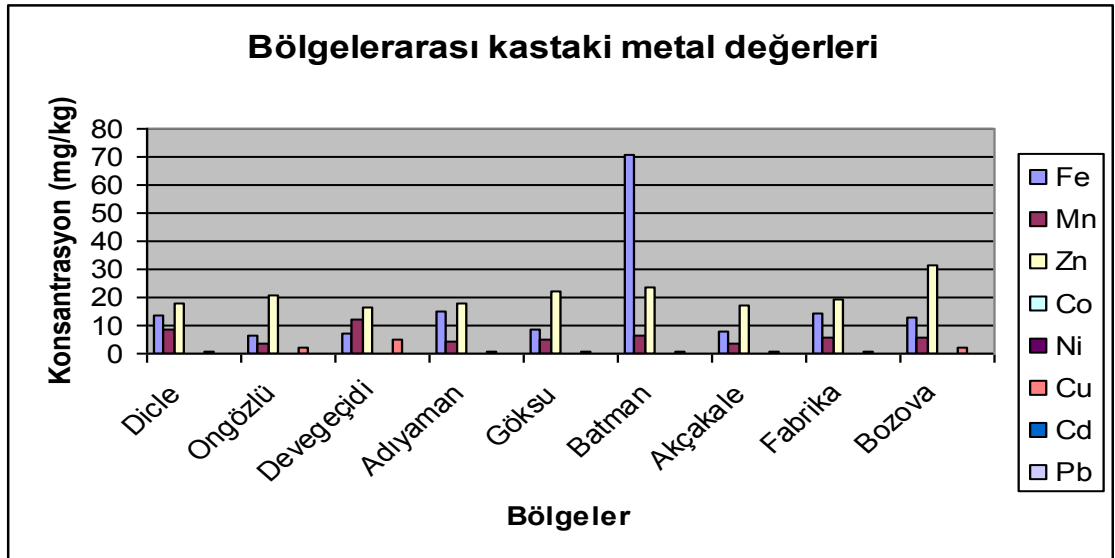
Şekil 4.17. Akçakale’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki Fe, Mn ve Zn’deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.18. Akçakale’de *Gambusia affinis*’in kas ve iç organındaki Co, Ni, Cu, Cd ve Pb’deki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.19. Bölgelerarası *Gambusia affinis*'in iç organındaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi



Şekil 4.20. Bölgelerarası *Gambusia affinis*'in kastaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

4.3.KAYNAKLAR

1. TS 266 *Türkiye İçme Su Standartları*, 1984, Ankara
2. Karadede, H.; Ünlü, E. *Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species From The Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere, 2000, 41, 1371-1376*
3. Alhas, E.; Oymak S. A.; Karadede, H. *Heavy metal concentrations in two barb, Barbus xanthopterus and Barbus rajanorum mystaceus from Atatürk Dam Lake, Turkey Environ. Monitor. Assess. 2008, 148 11-18.*
4. Martin M. H.; Coughtrey P. J. *Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution. Applied Science Publishers, London 1982.*
5. Karadede, H.; Oymak, S. A.; Ünlü, E. *Heavy metalsin mullet, Liza abu, and catfish, Silurus triostegus, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Environ. Int. 2004, 30, 183–188.*
6. Widianarko, B.; C. A. M.; Van Gestel.; R. A. Verweij.; N. M. Van Straalen *Associations between Trace Metals in Sediment, Water, and Guppy, Poecilia reticulata (Peters), from Urban Streams of Semarang, Indonesia Ecotox. Environ. Safe. 2000, 46, 101-107.*
7. Gill, S. T.; Bianchi, C. P.; Epple, A. *Trace metal (Cu and Zn) Adaptation of organ systems of the American Eel, Anguilla rostrata, to external concentrations of cadmium. Comp. Biochem. Physiol, 1992, 102, 361-37.*
8. Ashraf, M.; Jaffar, M. *Correlation Between Some Selected Trace Metal Concentrations in Six Species of Fish From The Arabian Sea. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1988, 41, 86-93.*

9. Lourdes, M.; Cuvin-Aralar, A. *Survival and Heavy Metal Accumulation of Two Oreochromis niloticus (L.) Strains Exposed to Mixtures of Zinc, Cadmium and Mercury. Sci. Total. Environ., 1994, 148, 31-38.*

10. Uysal, K.; Köse, E .; Bülbül, M.; Dönmez, M.; Erdoğan, Y.; Koyun M.; Ömeroğlu, Ç.; Özmal, F. *The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kütahya/Turkey Environ. Monit. Assess. 2008, 90, 67-70.*

11. Mendil, D.; Uluözlü, Ö. D.; Hasdemir, E.; Tüzen, M.; Sarı, H. ve Suiçmez, M. *Determination of Trace Metal Levels in Seven Fish Species in Lakes in Tokat, Turkey. Food Chem. 2005, 175-179.*

12. Van den Broek, J. L.; Gledhill, K. S.; Morgan, D. G. *Heavy Metal Concentrations in the Mosquito Fish, Gambusia holbrooki, in the Manly Lagoon Catchment. In: UTS Freshwater Ecology Report, Department of Environmental Sciences, University of Technology, Sydney . 2002.*

13. Çalta, M.; Canpolat, Ö. *Hazar Gölü'nden yakalanan Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843)'da bazı ağır metal miktarlarının tespiti, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2002, 14 (1), 225-230.*

14. Canbek, M.; Yetim, M.; Uyanoğlu, M.; Emiroğlu, Ö.; Bayramoğlu, G., *Porsuk Çayındaki Bazı Canlılarda Ağır Metal Birikimleri ve Bunların Toksik Etkilerinin Arastırılması, T.C.Osmangazi Üniversitesi Arastırma Fonu Başkanlığı, Fen Bilimleri Proje, 2002, 67.*

15. Al-Yousuf, M. H.; El-Shahawi, S. M.; Al-Ghais, M. S. *Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex, sci. Total. Environ.* **2000**, 256, 87-94.
16. Tekin-Ozan, S.; Kir, İ. *Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (Cyprinus carpio L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey) Environ. Monit. Assess.* **2008**, 138, 201–206.
17. Yılmaz, F.; Özdemir, N.; Demirak, A.; Tuna, A. L. “*Heavy metal levels in two fish species Leuciscus cephalus and Lepomis gibbosus*”, *Food Chem.* **2007**,100, 830-835.
18. Türkmen, A.; Tepe Y.; Türkmen, M.; Mutlu, E. *Heavy Metal Contaminants in Tissues of the Garfish, Belone belone L., 1761, and the Bluefish, Pomatomus saltatrix L., 1766, from Turkey Waters Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **2008**, 82 ,70 – 74.
19. Göksu, L, Z. M.; Çevik, F.; Fındık, Ö.; Sarıhan, E. *Seyhan Baraj Gölü’ndeki Aynalı sazan (Cyprinus carpio L., 1758) ve Sudak (Sizostedion lucioperca L., 1758)’larda Fe, Zn, Cd düzeylerinin belirlenmesi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **2003**, 20 (1-2), 69-74.
20. Miller, P. A.; Munkittrick, K. R.; Dixon, D. G. *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.* **1992**, 49, 978–85.

21. Vanparys, C.; Dauwe, T.; Van Campenhout, K.; Bervoets, L.; Coen, W. D.; Blust, R.; and Eens, M. *Metallothioneins (MTs) and δ -aminolevulinic acid dehydratase (ALAd) as biomarkers of metal pollution in great tits (*Parus major*) along a pollution gradient scienci of the total environment*, **2008**, 401, 184-193.

22. Langston, W. J.; Chesman, B. S.; Burt, G. R.; Pope, N. D. and McEvoy, J. *Metallothionein in liver of eels *Anguilla anguilla* from the Thames Estuary: an indicator of environmental quality*. *Mar. Environ. Res.* **2002**, 263–293.

23. Kalay, M.; Erdem, C. *Bakırın *Tilapia nilotica* (L)'da karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametraleri üzerine etkileri*, *Tr. J. Of Zoology*, **1995**, 19, 27-33.

24. Göksu, L, Z. M.; Çevik, F.; Fındık, Ö.; Sarıhan, E. *Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Sizostedion lucioperca* L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd düzeylerinin belirlenmesi*, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **2003**, 20 (1-2), 69-74.

25. Yap, C. K.; Edward, F. B. *Determination of contamination and bioavaiability of heavy metals in serdang urban lake by using guppy fish *poecilia reticulata* trends in applied sciences research*, **2008**, 69-75.

26. River Sediment-Extractable Metals Reference Material LGC6189

27. DOLT-3 Dogfish Liver Certified Reference Material For Trace Metals
National Research Council Canada

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

GAP bölgesinin 9 farklı istasyon suyundaki ağır metal değerleri TS 266 Türk standartları ¹ tarafından belirlenen değerlerin altında bulunmuştur. Bu durum GAP bölgesindeki sucul bölgelerin kirletici bir kaynağa sahip olmadığını göstermektedir. Çalışılan istasyonlardaki sediment örnekleri incelendiğinde ise istasyonlar arasında lokal varyasyonların olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada GAP bölgesinin sucul bölgelerinde yaşayan *Gambusia affinis*'lerin ağır metal birikimi incelenmiş, istasyonlar arasında farklılıklar ortaya konulmuştur. Sedimentteki en yüksek metal değerleri incelendiğinde Fe, Mn, Devegeçidi; Zn Ongözlü; Co, Cu, Ni, Pb Adıyaman; Cd Bozova'da olduğu görülmüştür.

Yapılan bu çalışmada GAP bölgesinin sucul bölgelerinde yaşayan *Gambusia affinis*'lerin ağır metal birikimi incelenmiş, istasyonlar arasında farklılıklar ortaya konulmuştur. Kas için ağır metal birikimi incelendiğinde Fe, Ni, Cd Batman çayında; Co, Cu ve Mn Devegeçinde; Zn ise Bozovada yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. İç organda ise Co, Cu, Fe ve Mn Devegeçinde; Zn Batmanda; Ni Dicle Nehrinde; Cd Batmanda; Pb ise Ongözlü'de yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Kasta Fe için Batman istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel farklılıkların olduğu görülmektedir (P <0,05). İç organda Fe için Batman, Devegeçidi, Fabrika ile diğer istasyonlar arasında arasındaki farklılık önemlidir (P <0,05). Mangan için kasta İstatistiksel olarak Akçakale ve Ongözlü arasında önemli bir fark bulunmazken (P > 0,05), Devegeçidi ile diğer istasyonlar arasındaki fark önemlidir (P <0,05). İç organda ise Devegeçidi istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli istatistiksel

farklılık bulunmuştur ($P < 0,05$). Çinko için iç organda Fabrika ile Batman Çayı arasında farklılık önemlidir ($P < 0,05$). Dicle nehri, Göksu, Adıyaman ve Ongözlü Köprü arasındaki farklılık önemsizdir ($P > 0,05$). Kadmiyum ve Kurşun için kas ve iç organda İstasyonlar arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır ($P > 0,05$).

Bulduğumuz değerler Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)² ve Tarım köy işleri bakanlığının³ vermiş olduğu değerlerle (Fe hariç) karşılaştırıldığında uyum içinde olduğu görülmektedir.

Bu alandaki çalışmalar gösteriyor ki dokulardaki birikim suyun tuzluluk, pH, sertlik ve sıcaklık gibi özelliklerine bağlı olmakla birlikte esas olarak suyun içindeki metal konsantrasyonuna ve metale maruz kalma süresine görede değişmektedir^{4,5}

Son yıllarda nanoteknolojinin ortaya çıkmasıyla birlikte nanotoksikoloji veya nanoekotoksikoloji çalışarak nanometalik yapıların çevreye ve canlılara verdiği zararlar araştırılmalıdır.

Ağır metal kirliliğini azaltmak için tarımsal faaliyetlerin bilinçli bir şekilde yapılmalı ayrıca kanalizasyonların su kaynaklarına karışması önlenmelidir. Sanayi kuruluşlarının atık sularının ve evsel atıkların sulara karışması önlenmeli ve düzenli kontroller yapılmalıdır.

Özellikle Ongözlü Köprü bölgesindeki çöp yığınları kaldırılmalı ve Fabrika çayına evsel atıkların boşaltılması engellenmeli daha temiz bir çevre sağlanmalıdır

5.1. KAYNAKLAR

1. TS 266 *Türkiye İçme Su Standartları*, 1984, Ankara

2. Sankar, T. V.; Zynudheen, A. A.; Anandanand, R.; Viswanathan Nair, P. G. *Distribution of organochlorine pesticides and heavy metal residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India. Chemosphere*, **2006**, 65(4), 83-90.

3. Anonim, “*Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği*”, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara, **2002**, 63-78

4. Heath, A. G., “*Water Pollution and Fish Physiology*”, CRP Press Inc., Florida, **1987**, 245

5. Kalay, M.; Erdem, C. *Bakırın Tilapia nilotica (L)'da karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametraleri üzerine etkileri, Tr. J. of Zoology*, **1995**, 19, 27-33

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : MEHMET NURİ AKTÜRK

Doğum Yeri: MARDİN

Doğum Tarihi: 29.05.1983

Medeni Hali: BEKAR

Yabancı Dili: İNGİLİZCE

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : MARDİN İMAM-HATİP LİSESİ 2000

Lisans : DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ BİYOLOJİ BÖLÜMÜ 2006

Yüksek Lisans : DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ 2009

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: ŞİŞLİ ETİFAL EĞİTİM VE ARAŞTIRMA
HASTANESİ KAN MERKEZİ 2009

Yayımları (SCI ve diğer):