

T.C  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

114369

HAZAR GÖLÜ'NDE YAKALANAN *CAPOETA CAPOETA UMBLA*  
(HECKEL, 1843)'DA BAZI AĞIR METAL MİKTARLARININ  
TESPİTİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Özgür CANPOLAT

114369

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLERİ  
ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

2001

T.C  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAZAR GÖLÜ'NDE YAKALANAN *CAPOETA CAPOETA UMBLA*  
(HECKEL, 1843)'DA BAZI AĞIR METAL MİKTARLARININ  
TESPİTİ**

**Özgür CANPOLAT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLERİ  
ANABİLİM DALI**

Bu tez ...../...../..... tarihinde, aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Metin ÇALTA

Üye  
Doç. Dr. Dursun ŞEN

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Mustafa DÖRÜCÜ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve .....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**ÖZET**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZAR GÖLÜ'NDE YAKALANAN *CAPOETA CAPOETA UMBLA* (HECKEL, 1843)'DA BAZI AĞIR METAL MİKTARLARININ TESPİTİ

Özgür CANPOLAT

Fırat Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı  
2001, Sayfa 50

Bu çalışmada Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan 200 adet *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreğinde bazı ağır metallerin (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb) birikim düzeyleri araştırılmıştır. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile yapılan analiz sonuçlarına göre Co, Cr, Cd ve Pb Spektrofotometrenin tayin sınırları arasında hiçbir doku ve organda belirlenememiştir. Tüm ağır metallerin en yüksek düzeyinin karaciğerde en düşük düzeyinin ise kas dokusunda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Cu, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarının doku ve organlara göre farklılık gösterdiği bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar WHO, FAO ve Tarım Bakanlığı'nca belirtilen ağır metaller için kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılmış ve bu balığın besin olarak tüketildiğinde insan sağlığı açısından bir risk oluşturmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Capoeta capoeta umbla*, ağır metal, akümülyasyon, Hazar Gölü.

**ABSTRACT**

Masters Thesis

THE DETERMINATION OF SOME HEAVY METAL LEVELS IN *CAPOETA*  
*CAPOETA UMBLA* (HECKEL, 1843) CAUGHT IN HAZAR LAKE

Özgür CANPOLAT

Firat University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Basic Aquatic Sciences  
2001, Page 50

In this study, the levels of some heavy metals (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co and Pb) in muscle, gill, skin, liver, gonad and kidney of 200 of *Capoeta capoeta umbla* caught in Hazar Lake (Elazığ) have been investigated. Co, Cr, Cd and Pb were not found in detectable levels in any organs and tissues according to results obtained by Atomic Absorption Spectrophotometer. The level of all heavy metals were the highest in liver and the lowest in the muscle. In addition, it has been found that the concentrations of Cu, Fe, Mn and Zn were different according to tissues and organs.

The results were compared with the other tolerable values for heavy metals provided from WHO, FAO and Ministry of Agriculture and it was determined that there was not any risk for humans healthy when this fish species was consumed as food.

**Key Words:** *Capoeta capoeta umbla*, heavy metal, accumulation, Hazar Lake.

**TEŞEKKÜR**

Çalıőmam süresince yardım ve desteğini esirgemeyen Su Ürünleri Fakóltesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Bülent ŞEN'e ve danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Metin ÇALTA'ya, yaş tayinlerindeki yardımlarından dolayı Sayın Doç. Dr. Dursun ŞEN ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Rahmi AYDIN'a, kimyasal analizlerde yardımcı olan Kimya Mühendislięi Bölümü personeli Sayın Atilla ARSLAN'a, tez çalıőmamı 413 No'lu proje olarak destekleyen Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu (FÜNAF)'na, ayrıca manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET .....	I
ABSTRACT .....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİSİ.....	4
3. MATERYAL VE METOT .....	7
4. BULGULAR.....	11
4.1. <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'nın Farklı Doku ve Organlarında Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri.....	13
4.2. <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'nın Doku ve Organlarında Tespit Edilen Farklı Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri .....	19
4.3. <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'nın Doku ve Organlarında Birikim Gösteren Ağır Metallerin Mevsimlere Bağlı Olarak Değişimi.....	19
4.4. <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'da Vücut Ağırlığına Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri.....	22
4.5. <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'da Total Uzunluğa Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri.....	30
4.6. <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'da Yaş Gruplarına Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri.....	33
4.7. <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'da Cinsiyete Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri .....	36
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	46

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

- Şekil 3.1. Balık örneklerinin alındığı Hazar Gölü (Elazığ)'nın coğrafik konumu..... 8
- Şekil 4.1.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen bakır (Cu) düzeyi..... 15
- Şekil 4.1.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen demir (Fe) düzeyi..... 16
- Şekil 4.1.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen mangan (Mn) düzeyi..... 17
- Şekil 4.1.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen çinko (Zn) düzeyi..... 18
- Şekil 4.2.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin kas dokusunda (kas 1 ve kas 2) belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri..... 23
- Şekil 4.2.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin solungacında belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri..... 23
- Şekil 4.2.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin derisinde belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri..... 24
- Şekil 4.2.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin gonadında belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri..... 24
- Şekil 4.2.5. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin böbreğinde belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri..... 25

Şekil 4.2.6. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'nin karaciğerinde belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri. ....	25
Şekil 4.3.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Cu birikiminin mevsimsel değişimi. ....	26
Şekil 4.3.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Fe birikiminin mevsimsel değişimi. ....	26
Şekil 4.3.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Mn birikiminin mevsimsel değişimi. ....	27
Şekil 4.3.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Zn birikiminin mevsimsel değişimi. ....	27
Şekil 4.4.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Cu birikimi. ....	28
Şekil 4.4.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Fe birikimi. ....	28
Şekil 4.4.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Mn birikimi. ....	29
Şekil 4.4.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Zn birikimi. ....	29
Şekil 4.5.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Cu birikimi. ....	31
Şekil 4.5.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Fe birikimi. ....	31
Şekil 4.5.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Mn birikimi. ....	32
Şekil 4.5.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Zn birikimi. ....	32

Şekil 4.6.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Cu birikimi.....	34
Şekil 4.6.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Fe birikimi.....	34
Şekil 4.6.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Mn birikimi. ....	35
Şekil 4.6.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Zn birikimi. ....	35
Şekil 4.7.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Cu birikimi. ....	37
Şekil 4.7.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Fe birikimi. ....	37
Şekil 4.7.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Mn birikimi. ....	38
Şekil 4.7.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Zn birikimi. ....	38

## TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 4.1. Hazar Gölü'nün Sivrice ilçesine yakın bölgesinden alınan su numunelerinde belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin aylık değişimi. ....	12
Tablo 4.2. Hazar Gölü'nün Sivrice ilçesine yakın bölgesinden alınan su numunelerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık değişimi.....	12
Tablo 4.1.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan <i>Capoeta capoeta umbla</i> 'nın doku ve organlarında belirlenen ağır metal düzeyleri. ....	14



## 1. GİRİŞ

Yeryüzünde hayatın başlamasından bu yana büyük uygarlıklar hep su kaynaklarına yakın kurulmuş, bu su kaynakları uygarlıkların politik önemlerini arttırmasının yanı sıra ekonomik gelişmelerinde de büyük rol oynamışlardır. Bütün bu sağladıkları yararlar rağmen, bu etkileşimden en çok zarar gören yine su kaynakları olmuştur.

Yeryüzündeki sular güneşin sağladığı enerji ile sürekli bir döngü içinde bulunur. Bu döngüye “hidrolojik çevrim” adı verilir. İnsanlar yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için, suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu süreçler sırasında suya karışan maddeler, suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek “su kirliliği” olarak adlandırılan olguyu ortaya çıkarır. Söz konusu bu özellik değişimleri, aynı zamanda sularda yaşayan çeşitli canlı varlıkları da etkiler. Böylece su kirlenmesi akuatik ekosistemlerin etkilenmesine, dengelerinin bozulmasına ve giderek doğadaki tüm suların sahip oldukları kendi kendilerini temizleme kapasitesinin azalmasına veya yok olmasına yol açabilir. Su kirliliği, evsel ve endüstriyel atıkların akuatik ortamlara arıtmaksızın boşaltılmaları, tarımda verimi artırma amacıyla kullanılan doğal ve yapay maddelerin akuatik ortamlara taşınmaları gibi sebeplerle gerçekleşir (Anonim, 1991). Endüstriyel ve evsel atık sular ile bir milyon kadar farklı kirleticinin doğal sulara girdiği tahmin edilmektedir (Förstner ve Witmann, 1983). Bu kirleticilerden endüstriyel atık sular çok değişik karakterde olmaları, toksik etki meydana getirmeleri ve ihtiva ettikleri bazı maddelerin (özellikle ağır metaller) besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını da tehdit etmelerinden dolayı büyük önem taşımaktadırlar (Dölek, 1998).

Genel olarak kirleticiler, kalıcılıkları, zehirlilik dereceleri ve biyoakümülatif kapasitelerine göre sınıflandırılırlar. Bütün bu özelliklerin hepsine sahip maddeler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından “Kara Liste” maddeleri olarak nitelendirilmektedir. Bu “Kara Liste”de, 114’ü organik bileşikler, 13’ü de ağır metaller olmak üzere toplam 127 öncelikli kirletici bulunmaktadır (Dölek, 1998).

Genelde çevrede metal kirliliği meydana getiren beş kaynak vardır; (1) jeolojik olaylar, (2) maden filizleri ve metallerin endüstriyel üretimi, (3) metal ve metal bileşiklerinin kullanımı, (4) çöp ve katı atıkların boşaltılması, (5) ağır metal içeren hayvan ve insan atıkları (Förstner ve Prosi, 1979; Förstner ve Wittmann, 1983; Perry ve Vanderklein, 1996).

Metallerden bahsedildiği zaman sık sık “iz element” ifadesi kullanılır (Heath, 1995). Ancak “iz metaller”, “iz inorganikler”, “ağır metaller”, “mikroelementler” ve “mikronutrientler” de iz element ifadesinin sinonimi olarak kullanılmaktadır (Förstner ve Wittmann, 1983).

Vücuttaki esansiyel elementlerin esas fonksiyonu, iskelet yapısının formasyonu, koloidal sistemin (osmotik basınç, viskozite, difüzyon) devamı ve asit-baz dengesinin düzenlenmesidir. Onlar, hormonlar, enzimler ve enzimleri aktive eden önemli bileşenlerdir. Spesifik iz metaller (Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Mo ve Se gibi) metalloenzimlerde, tek bir katalitik fonksiyonu yürüten spesifik bir protein ile birleşirler ve birçok enzim sisteminde kofaktör olarak görev yaparlar (Lall, 1989; Ginneken ve diğ., 1999). Bunlardan bir veya birkaç tanesi hücrede yüksek konsantrasyonlara eriştiğinde fizyolojik fonksiyonları değiştirir (Heath, 1995). Özellikle kadmiyum, civa, kurşun ve krom gibi ağır metaller, besin zinciriyle girdikleri canlı bünyelerinden doğal fizyolojik mekanizmalarla atılamadıkları için birikime uğrar ve bünyede belirli konsantrasyonların aşılması halinde toksik etki yaparlar. Bu birikim sonucunda sularda yaşayan balıklar ve diğer canlılar ölebilir. Hatta bu tür su ürünleriyle beslenen insanların yaşamı da tehlikeye girebilir. Toksik maddeler suda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları halinde bile (örneğin 1mg/L) insan sağlığına zarar vererek hastalıklara ve hatta ölüme sebep olur (Anonim, 1991).

Balıklarda metallerin alımı, besinlerle ve çevre ile temasda olan vücut yüzeyi boyunca olur. Hem pasif hem de aktif mekanizmalar metallerin absorpsiyon ve transferini karıştırır ve bu mekanizmalar, su kalitesi, besin seçimi, metabolik aktivite, gelişme evresi ve diğer metallere maruz kalma durumuna bağlıdır (Olsson, 1998).

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrilmiş olduğundan deniz ortamıyla iç içe bir coğrafik konumdadır. Gerek nüfusu gerekse yaşam standartları hızla artan Türk toplumu, her geçen gün artan su tüketim ihtiyacı göstermektedir. Diğer taraftan

endüstrileşme süreci içinde artan endüstriyel kullanma ve soğutma suyu ihtiyacı da dikkate değer boyutlardadır. Turizm ve balıkçılık açısından önemli bir kaynak teşkil eden denizlerin ve içsuların kalitesinin korunması ise estetik ve ekolojik tartışmaların ötesinde, yaşamsal önem taşıyan bir ekonomik unsurun korunması olarak da anlaşılmalıdır (Anonim, 1991).

Elazığ ili ve çevresi için önemli bir su potansiyeline sahip Hazar Gölü hem turistik açıdan hem de su ürünleri potansiyeli bakımından bölge için önemli bir yere sahip olup “mavi bayrak” kapsamına alınmış tektonik bir göldür. Çevresinde 25’e yakın kamu kurum ve kuruluşuna ait eğitim ve dinlenme tesisleri ile Turizm Bakanlığı’ndan belgeli otel, motel, dinlenme tesisleri, günübirlik piknik alanı, ayrıca özel kuruluşlar tarafından işletilen balık evleri bulunmaktadır. Son zamanlarda çevresinde çok sayıda konut ve yazlık ile tatil siteleri yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, tarımsal ve hayvansal kökenli atıkların göle karışması, Sivrice ilçesi ve merkez köylerinin planlı bir kanalizasyon sisteminin olmaması nedeniyle göle karışan kanalizasyon suları, yaz turizmi sırasında kıyılarda kurulan çadırlar gölün kirlenmesinde rol oynayan faktörlerdir. Bu durum gölün gelecekte doğal güzelliklerini yitirmesine neden olabileceği gibi gölde yaşayan canlı populasyonlarının azalmasına veya yok olmasına da neden olabilir.

Bu çalışmada Hazar Gölü’nde yakalanan ve ekonomik bir öneme sahip olan *Capoeta capoeta umbla*’nın bazı doku ve organlarında bazı ağır metallerin birikim düzeyleri ile bu birikimlerin balıkların ağırlık, uzunluk, yaş, cinsiyet ve mevsimlere bağlı olarak değişimleri incelenmiştir.

Bu tez çalışması Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu (FÜNAF) tarafından 413 No’lu proje olarak desteklenmiştir.

## 2. LİTERATÜR BİLGİSİ

En az 11 ağır metalin, canlı organizmalar için esansiyel olduğu biliniyor ve bunlar Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mo, V, Se, Ni ve Sn'dir. Esansiyel metaller genellikle organik moleküllerle yaygın olarak da proteinler ile birleşir. Ayrıca metallo-proteinlere sıkıca bağlanma veya metal-protein komplekslerine çok zayıf bağlanma fonksiyonu vardır. Hemoglobin (Fe) ve hemosiyanin (Cu) gibi oksijen taşıyan metallo-proteinler ve daha birçok enzim vardır. Metal-protein yani metal-enzim bileşiklerine de çeşitli örnekler verilebilir. Karbonik anhidraz, karboksi peptidaz, A ve B<sub>1</sub> vitamin enzimleri ve çeşitli dehidrogenazlar Zn; privat karboksilaz Mn; vitamin B<sub>12</sub> enzimleri Co; vantina oksidaz Fe ve Cu gibi metalleri ihtiva ederler. Ayrıca metal-enzim bileşikleri çoğunlukla zayıf bağlı olduklarından enzimlerin geniş yayılım alanları vardır ve enzimler bu metallerin yokluğunda fonksiyonlarını yerine getiremezler (Johnston, 1976).

Bazı ağır metaller uygun konsantrasyonlarda enzimatik aktiviteler için esansiyel olmalarına rağmen, normal konsantrasyonları geçtiklerinde enzimlerin önemli gruplarını inhibe ederler. Ag, Hg, Cu, Cd ve Pb gibi metaller özellikle toksiktir ve genellikle katalitik aktivitelerden sorumlu enzimleri inhibe ederler (Johnston, 1976; Förstner ve Prosi, 1979; Moss, 1980).

Kırsal ve yerleşim alanı içerisindeki akarsu sistemlerinde Pb konsantrasyonunun omnivor balık türlerinde predatör balıklardan daha fazla olduğu bulunmuştur (Förstner ve Prosi, 1979).

Farklı ağır metaller, vücutta farklı doku ve organlarda birikirler. Zn esas olarak kemik, deri ve kas dokusunda birikir, karaciğer, böbrek ve testislerde ise daha az miktarda birikir. Cu ise karaciğer ve böbrekte birikir, bunlar Cd içinde hedef organlardır. (Olsson, 1998).

Windom ve diğ. (1973), bazı kemikli ve kıkırdaklı balıkların bazı doku ve organlarında Cd birikimini; Pentreath (1973) ise *Pleuronectes platessa*'da Co ve Fe'in kemik, deri, karaciğer, dalak, kas ve kan hücrelerindeki birikimini incelemişlerdir (Johnston, 1976).

Timmermans ve diğ. (1989), Maarseveen Gölü'nde yaşayan bazı balık türlerinde, suda ve sedimentte, Pb, Cd, Zn ve Cu birikimini; Harnung ve Kress (1990), Akdeniz kıyılarında yaşayan *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus* ve *Upeneus moluccensis*'de Hg, Cd, Cu ve Zn birikimini; Ashraf ve diğ. (1991), Indus Nehri (Pakistan)'nde ve üç tatlı su rezervuarında yaşayan 11 balık türü ile suda ve sedimentte As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn ve Hg birikimini; Van-den Heever ve Frey (1994), *Clarias gariepirus*'un karaciğer, böbrek ve kas dokusunda Zn ve Cu birikimini; Vogt ve Qunitio (1994), *Penaeus monodon*'u Cu, Fe ve Ca'a maruz bırakarak metal granüllerinin eksreksiyonu ile bu metallerin birikim düzeylerini; Biney ve diğ. (1994), Afrika'daki akuatik çevrelerin ağır metal durumunu; McCoy ve diğ. (1995), yılın farklı zamanlarında yakalanan *Ictalurus punctatus*'un büyüklük ve mevsime bağlı olarak karaciğer ve böbreğinde Zn, Cu ve Cd birikimini; Evtushenko (1996), *Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella* ve *Salmo gairdneri*'nin doku ve organlarında Mn, Zn, Cu ve Fe'in birikim düzeylerini; Jeng ve diğ. (1999), *Cyprinus carpio*'nun doku ve organlarında Zn birikimini; Linde ve diğ. (1999), *Salmo trutta* ve *Anguilla anguilla*'da bazı ağır metallerin birikimini ve metallothionein düzeyini; Olsvik ve diğ. (2000), Norveç'in Roros şehri yakınlarındaki iki drenaj alanında (Rugla Cu ile kontamine olmuş, Naustebekken Cd ve Zn ile kontamine olmuş) yaşayan *Salmo trutta*'nın solungaç, karaciğer ve böbreğinde Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları ile bu dokulardaki Metallothionein (MT) düzeylerini incelemişlerdir.

Son yıllarda doğal su kaynaklarında çeşitli nedenlerden dolayı meydana gelen kirliliğe paralel olarak biyolojik çevrimin bir halkasını oluşturan ve insanlar için önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda giderek artan ağır metal kirliliğinin etkilerinin de araştırılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle akuatik ortamlarda ağır metallerin balıklar ve diğer organizmalardaki birikimleri üzerine önemli çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle son yıllarda ülkemiz sularında yaşayan birçok balık türünde de ağır metal birikimleri araştırılmıştır. Ünlü ve Gümgüm (1993), Dicle Nehri'nde yaşayan *Capoeta capoeta umbla*'da ve sedimentteki Cu ve Zn birikimini; Ünlü ve diğ. (1994), Dicle Nehri'nde yaşayan *Acanthobrama marmid*'in doku ve organlarında bazı ağır metallerin birikim düzeylerini; Ünlü ve diğ. (1995), Dicle Nehri'nde yaşayan *Capoeta trutta*'da ağır metal birikimini; Öztürk ve diğ. (1995), Altınkaya Barajı'nda yaşayan *Cyprinus carpio*'nun çeşitli organ ve dokularındaki bazı ağır metallerin birikimini;

Ünlü ve diğ. (1996), Dicle Nehri'nde yaşayan *Liza abu*'da ağır metal düzeyini; Özkan ve diğ. (1997), Mersin yöresinde ekonomik değere sahip çipura (*Sparus aurata*), barbun (*Mullus barbatus*) ve kefal (*Mugil cephalus*) türlerinin solungaç, karaciğer ve kas dokusundaki Zn, Cu ve Cd birikimini; Karadede ve Ünlü (1998), Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Cyprinion macrostomus*'da ağır metal birikimini araştırmışlardır. Elazığ ili sınırları içerisinde ise Elazığ şehir kanalizasyonunun Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü bölgeden yakalanan *Barbus capito pectoralis*'de ağır metal birikimi (Sarıyyüpoğlu ve Say, 1991); Keban Baraj Gölü ova bölgesi balıklarından *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'da ağır metal birikimi (Yılmaz, 1998); Elazığ Hazar Gölü'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla*'da bazı ağır metallerin birikimi (Şeker ve diğ. 1998); Keban Baraj Gölü'ndeki tatlisu midyesi *Unio elongatulus eucirrus*'da ağır metal birikimi (Şeker ve diğ. 2000); Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta trutta*'da bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi (Çalta ve diğ. 2000) çalışmaları mevcuttur.



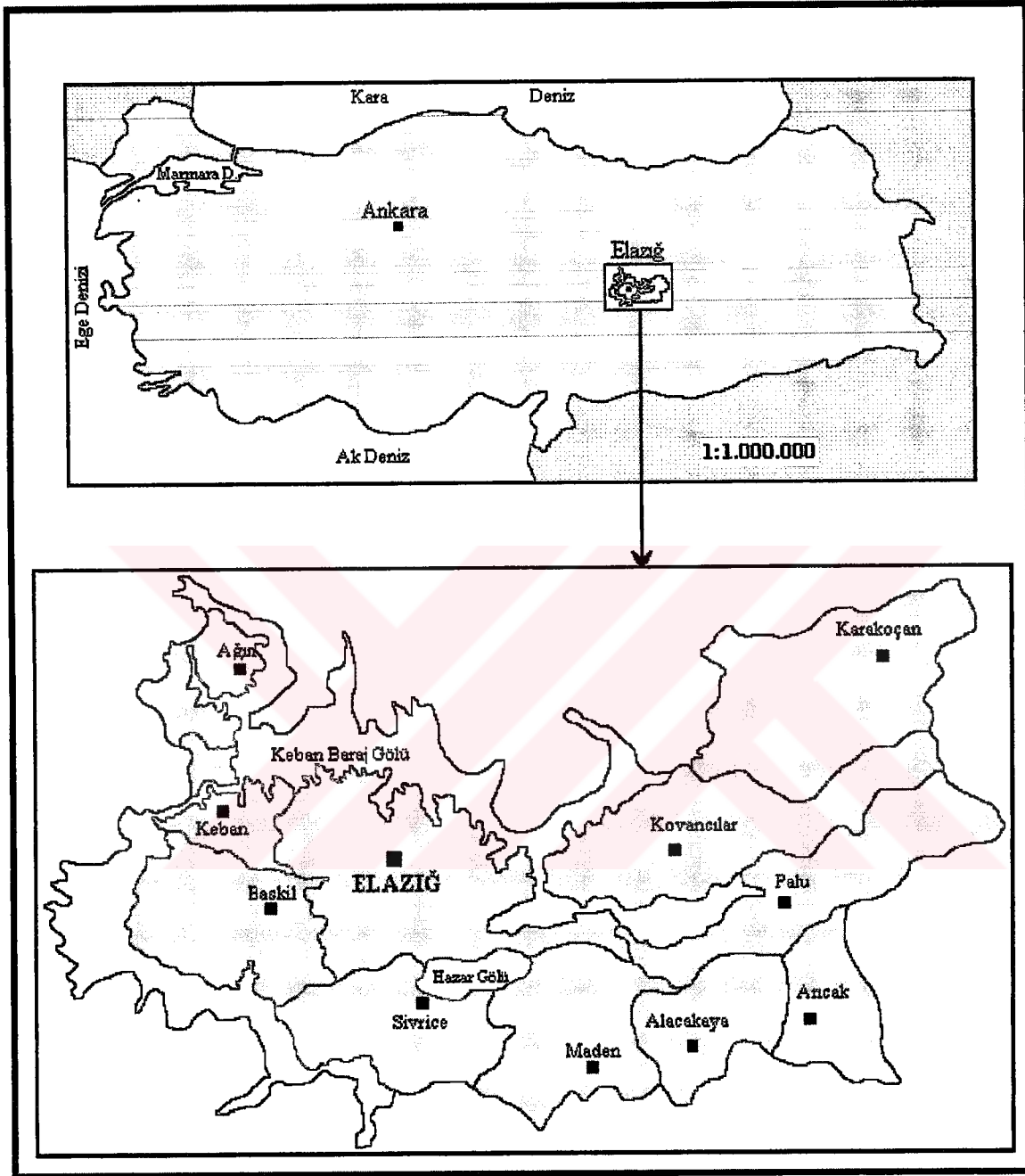
### 3. MATERYAL ve METOT

Elazığ ilinin güneydoğusunda bulunan ve il merkezine 26 km uzaklıkta Elazığ-Diyarbakır karayoluna paralel olan Hazar Gölü tektonik bir göldür. Güneyinde Hazar Baba Dağı bulunan göl, ortalama 4 km genişliğinde, 20-25 km uzunluğunda, 100-200 m derinliğinde olup ortalama 90 km<sup>2</sup> lik alana sahip ve “mavi bayrak” kapsamına alınmış bir göldür (Şekil 3.1).

Çalışma Aralık 1999-Kasım 2000 tarihleri arasında 1 yıl süre ile Hazar Gölü'nün Sivrice ilçe merkezine yakın kıyısı olan alanda yapılmıştır. Bu sürede toplam 200 adet *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin kas, solungaç, deri, böbrek, gonad ve karaciğerinde bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) elementlerinin birikim düzeyleri tespit edilmiştir. Ayrıca, balıkların yakalandığı bölgeye yakın olarak belirlenen istasyondan su numunesi alınmış, bu numunelerde aynı elementlerin analizlerinin yanı sıra, sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve toplam sertlik analizleri de yapılmıştır.

Hazar Gölü'nde balıkların yakalandıkları bölgeye yakın olarak belirlenen istasyondan alınan su numunelerinde şu analizler gerçekleştirilmiştir:

1. Sıcaklık, pH ve elektriksel iletkenlik HANNA HI 8314 Model pHmetre ile ölçülmüştür.
2. Çözünmüş oksijen YSI 52 Model Oksijenmetre ile ölçülmüştür.
3. Toplam sertlik titrimetrik metotla laboratuvarında analiz edilmiştir.
4. Ağır metal analizi için 50 ml su numunesi alınarak kjeldahl balonlarına konulmuş, içine Nitrik asit ve Sülfürik asit (6/1) karışımından 1 ml ilave edilerek mineralizasyon işlemine tabi tutulmuş ve 25 ml'ye deriştirilmiştir. Analize hazır duruma getirilen su numunesi Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Perkin Elmer Model 370) ile uygun standartları hazırlanarak analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu okunan değerler mg/L cinsinden hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Balık örneklerinin alındığı Hazar Gölü (Elazığ)'nın coğrafik konumu.

Hazar Gölü'nden yakalanan balıklar, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi laboratuvarına getirilerek aşağıdaki işlemler yapılmıştır:

1. Balıkların total boyları  $\pm 1$  hassasiyetli ölçme tahtasında ölçülmüştür.
2. Balıkların suyu bir havlu ile kurutulduktan sonra 1 gr hassasiyetli terazide tartılarak ağırlıkları tespit edilmiştir.
3. Balıkların yaşını tespit etmek için dorso-lateralden pullar alınarak zarf içine yerleştirilmiştir. Pullar zarftan alınarak %3'lük NaOH çözeltisi bulunan küçük cam şişelere konulduktan sonra pul üzerindeki mukus, pigment ve yabancı maddeleri temizlemek için 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra pullar saf su ile yıkanmış ve sularını almak için %96'lık etil alkolde 15-20 dakika bekletildikten sonra yaş tayini için uygun pullardan 10-15 tanesi iki lam arasına konularak kenarları bantlanmıştır. Hazırlanan pullardan binoküler mikroskopta yaş tayinleri yapılmıştır. Yaş tayinlerinde 3 ve 3<sup>+</sup> yaşındakiler III. yaş grubuna, 4 ve 4<sup>+</sup> yaşındakiler IV. yaş grubuna, 5 ve 5<sup>+</sup> yaşındakiler V. yaş grubuna, 6 ve 6<sup>+</sup> yaşındakiler VI. yaş grubuna, 7 ve 7<sup>+</sup> yaşındakiler VII. yaş grubuna dahil edilmiştir.
4. Balıklar dissekte edilerek cinsiyet tespiti yapılmıştır.
5. Dissekte edilen balıktan 2-5 gram kas ve deri ile birlikte karaciğer, böbrek ve solungacın tümü ile gonadın bir kısmı alınarak tartılmış ve yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Örnekler, ısıya dayanıklı küçük cam şişeler içerisinde, kurutma fırınında 105 °C'de 24 saat bekletilerek kurutulmuş ve daha sonra kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Kuru ağırlıkları tespit edilen örneklere 3 ml derişik HNO<sub>3</sub> ilave edilerek 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra örnekler, sıcak madeni levha üzerinde çok düşük ısıda örneklerin renkli buharları kayboluncaya kadar yavaş yavaş ısıtılarak örneklerin tamamen mineralize olması sağlanmıştır. Örneklerin renkli buharları tamamen kaybolduktan sonra 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilmiştir. Çözünen örnekler 50 ml'lik balon jodelere aktarılmış ve distile su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Balon jodelerdeki örnekler, içerisine 1-2 damla HNO<sub>3</sub> ilave edilmiş cam tüplere bırakılarak analize hazır duruma getirilmiştir (Öztürk ve diğ., 1995). Ayrıca yukarıdaki işlemler aynı şekilde uygulanarak kör numunesi de hazırlanmıştır.

Yukarıda açıklandığı gibi hazırlanan örneklerde ağır metal miktarları Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Perkin Elmer Model 370) kullanılarak ölçülmüştür. Konsantrasyonu ölçülmesi istenen elementin önce bilinen farklı konsantrasyonlardaki

standartları hazırlanarak alette ölçülmesi sonucu elde edilen değerlerden kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Daha sonra örneklerden okunan absorban değerleri standartlardan elde edilen eğri ile karşılaştırılarak örneklerdeki element konsantrasyonları  $\mu\text{g/g}$  yaş ağırlık ve  $\mu\text{g/g}$  kuru ağırlık olarak hesaplanmıştır.

Verilerin istatistiksel analizinde t-testi ve varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır.



#### 4. BULGULAR

Bu araştırma süresince toplam 200 adet *Capoeta capoeta umbla* incelenmiştir. Balıkların öncelikle ağırlık, uzunluk (total boy), cinsiyet ve yaşları belirlenmiştir. Daha sonra balıkların gövde bölgesinin ön (kas1) ve arka (kas 2) kısımlarından alınan kas dokusu, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreğinde ve balıkların yakalandığı bölgeye yakın olarak belirlenen istasyondan alınan su numunelerinde Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb elementlerinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca su numunelerinde sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik ve toplam sertlik değerleri de belirlenmiştir.

Hazar Gölü'nün Sivrice ilçe merkezine yakın kısmında belirlenen istasyonda sudaki bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin aylık değişimi Tablo 4.1'de verilmiştir.

Suda en düşük sıcaklık 5.8°C ile Şubat 2000 ayında en yüksek sıcaklık ise 26.2°C ile Ağustos 2000 ayında kaydedilmiştir. Sudaki çözünmüş O<sub>2</sub> değerinin 6.90-10.86 mg/L arasında değişiklik gösterdiği ve en düşük (6.90 mg/L) Mayıs 2000 ayında en yüksek (10.86 mg/L) Aralık 1999 ayında; pH'nin en düşük (8.02) Aralık 1999 ayında en yüksek (9.26) Haziran 2000 ayında; elektriksel iletkenliğin en düşük (68 mV) Aralık 1999 ayında en yüksek (135 mV) Haziran 2000 ayında olduğu; toplam sertlik analizi Şubat-Ağustos aylarında yapılmış olup 400-460 mg CaCO<sub>3</sub>/L arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Hazar Gölü'nden alınan su numunesinde yapılan ağır metal analizlerinde Cd, Cr, Co ve Pb ölçüm duyarlılığının altında olup hiçbir ayda tespit edilememiştir. Cu, Fe, Mn ve Zn elementlerinin aylara göre belirlenen düzeyleri Tablo 4.2'de görülmektedir. Cu sadece Haziran 2000 ayında tespit edilmiştir. Fe ise Eylül 2000 ve Kasım 2000 aylarında sıfır olup en düşük düzeyi 0.0056 mg/L ile Ağustos 2000 ayında en yüksek düzeyi ise 0.041 mg/L ile Temmuz 2000 ayında; Mn ise sadece Ocak 2000, Şubat 2000 ve Temmuz 2000 aylarında tespit edilmiş olup en düşük düzeyi 0.0089 mg/L ile Ocak 2000 ayında en yüksek düzeyi ise 0.0125 mg/L ile Temmuz 2000 ayında tespit edilmiştir. Zn ise bütün aylarda tespit edilmiş ve en düşük düzeyi 0.0112 mg/L ile Kasım 2000 ayında en yüksek düzeyi ise 0.0975 mg/L ile Ocak 2000 ayında tespit edilmiştir.

**Tablo 4.1.** Hazar Gölü'nün Sivrice ilçesine yakın bölgesinden alınan su numunelerinde belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin aylık değişimi.

Aylar	Sıcaklık (°C)	pH	Çözülmüş Oksijen (mg/L)	Elekt. İletkenlik (mV)	Toplam Sertlik (mg CaCO <sub>3</sub> /L)
Aralık	8.2	8.02	10.86	68	-
Ocak	-	-	-	-	-
Şubat	5.8	9.17	8.20	122	460
Mart	11.6	9.25	10.40	130	400
Nisan	15.8	9.21	7.23	130	420
Mayıs	18.7	9.25	6.90	133	425
Haziran	23.5	9.26	7.25	135	425
Temmuz	25.6	9.20	7.02	133	460
Ağustos	26.2	9.23	7.76	126	460
Eylül	21.6	9.21	8.04	124	-
Ekim	16.5	9.24	9.14	122	-
Kasım	9.6	9.12	10.24	121	-

**Tablo 4.2.** Hazar Gölü'nün Sivrice ilçesine yakın bölgesinden alınan su numunelerinde belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının aylık değişimi.

Aylar	Metal Konsantrasyonları (mg/L)							
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Co	Pb
Aralık	*	0.0223	*	0.0755	*	*	*	*
Ocak	*	0.0153	0.0089	0.0975	*	*	*	*
Şubat	*	0.0323	0.0112	0.0289	*	*	*	*
Mart	*	0.0091	*	0.0282	*	*	*	*
Nisan	*	0.0058	*	0.0371	*	*	*	*
Mayıs	*	0.0075	*	0.0246	*	*	*	*
Haziran	0.0031	0.0064	*	0.0566	*	*	*	*
Temmuz	*	0.0414	0.0125	0.0408	*	*	*	*
Ağustos	*	0.0056	*	0.0233	*	*	*	*
Eylül	*	*	*	0.0311	*	*	*	*
Ekim	*	0.013	*	0.0103	*	*	*	*
Kasım	*	*	*	0.0112	*	*	*	*

\*: Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre'nin ölçüm duyarlılığının altında olduğu için belirlenememiştir.

Bu çalışmada Hazar Gölü'nde yakalanan *Capoeta capoeta umbla*'nın doku ve organlarında bazı ağır metallerin birikim düzeyleri ile ağırlık, uzunluk, yaş, cinsiyet ve mevsimlere bağlı olarak bu ağır metallerin birikimlerinin önemli olup olmadığı araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

#### **4.1. *Capoeta capoeta umbla*'nın Farklı Doku ve Organlarında Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri**

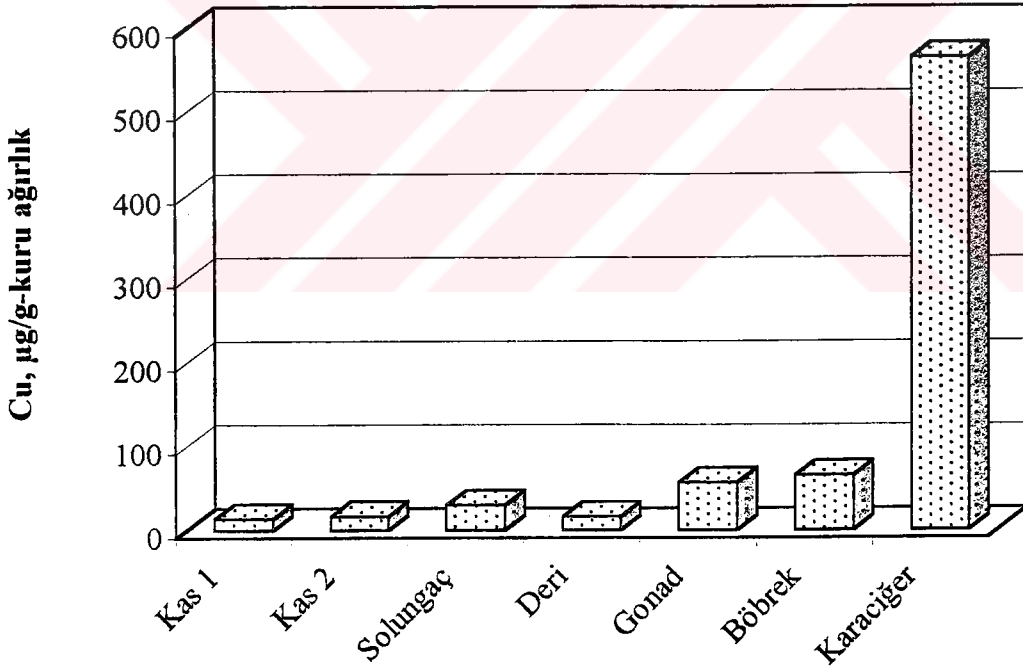
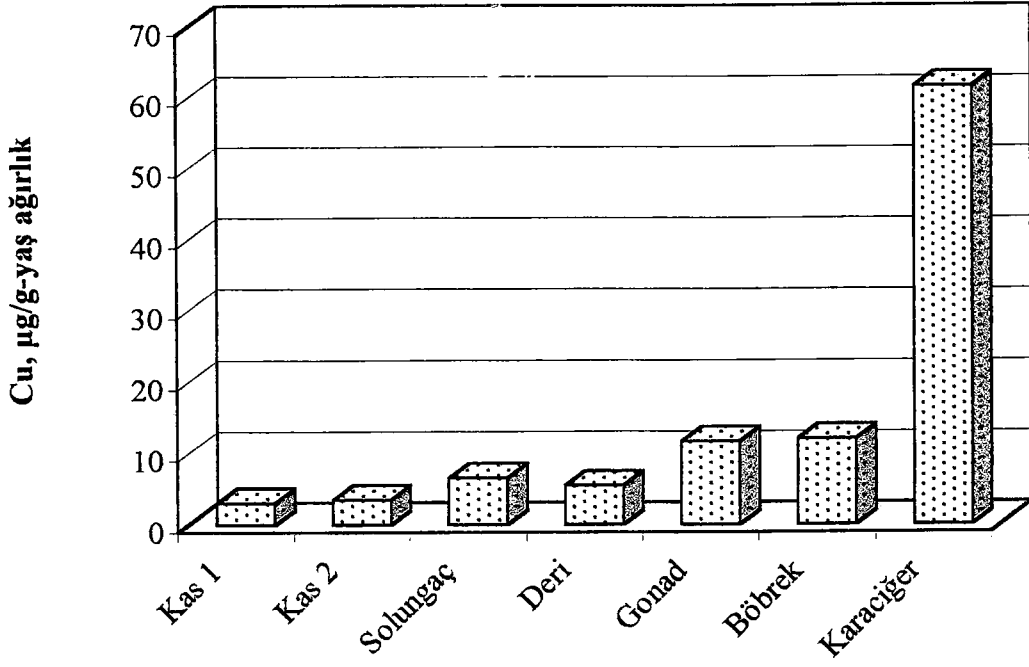
Farklı doku ve organlarda belirlenen ağır metallerin minimum, maksimum, ortalama ve standart hataları Tablo 4.1.1'de verilmiştir. Ayrıca, ortalama değerlere göre ağır metallerin birikim düzeyleri Şekil 4.1.1-4.1.4'de görülmektedir.

Co, Cr, Cd ve Pb konsantrasyonu ölçüm duyarlılığının altında olduğu için hiçbir doku ve organda belirlenememiştir. Cu, Fe, Mn ve Zn ise bütün doku ve organlarda tespit edilmiştir. Hem yaş hem de kuru ağırlık esas alındığında Cu'nun en fazla karaciğerde biriktiği bunu sırasıyla böbrek, gonad, solungaç, deri, kas 2 ve kas 1'in izlediği tespit edilmiştir (Şekil 4.1.1). Yaş ağırlık esas alındığında Fe'nin en fazla karaciğerde biriktiği bunu böbrek, solungaç, deri ve gonadın izlediği kas 1 ve kas 2'deki birikimin aynı düzeyde olduğu; kuru ağırlık esas alındığında ise yine en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu sırasıyla böbrek, solungaç, gonad ve derinin izlediği aynı şekilde kas 1 ve kas 2'deki birikimin aynı düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1.2). Mn'nin, yaş ağırlık esas alındığında en fazla karaciğerde biriktiği bunu solungacın izlediği, gonad ve böbrekteki birikimin aynı düzeyde olduğu ve bunları deri, kas 1 ve kas 2'nin izlediği; kuru ağırlık esas alındığında ise yine en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu sırasıyla solungaç, böbrek, gonad, deri, kas 1 ve kas 2'nin izlediği tespit edilmiştir (Şekil 4.1.3). Zn'un, yaş ağırlık esas alındığında ise yine en fazla karaciğerde biriktiği bunu sırasıyla böbrek, deri, solungaç, gonad, kas 2 ve kas 1'in izlediği; kuru ağırlık esas alındığında ise en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu böbreğin izlediği, solungaç ve gonaddaki birikimin aynı düzeyde olduğu bunları deri, kas 2 ve kas 1'in izlediği tespit edilmiştir (Şekil 4.1.4).

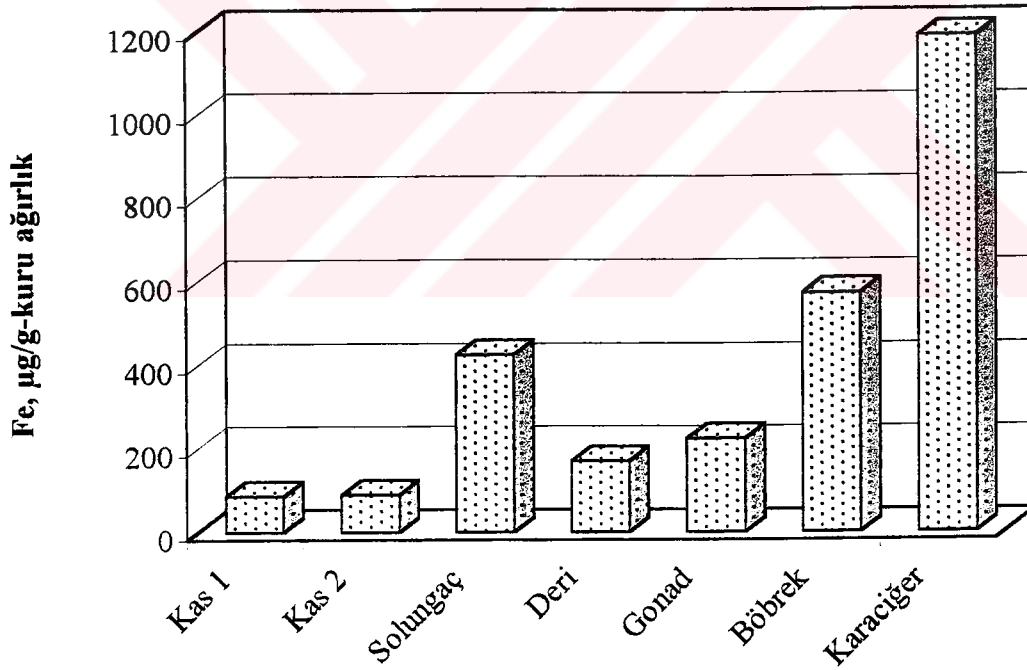
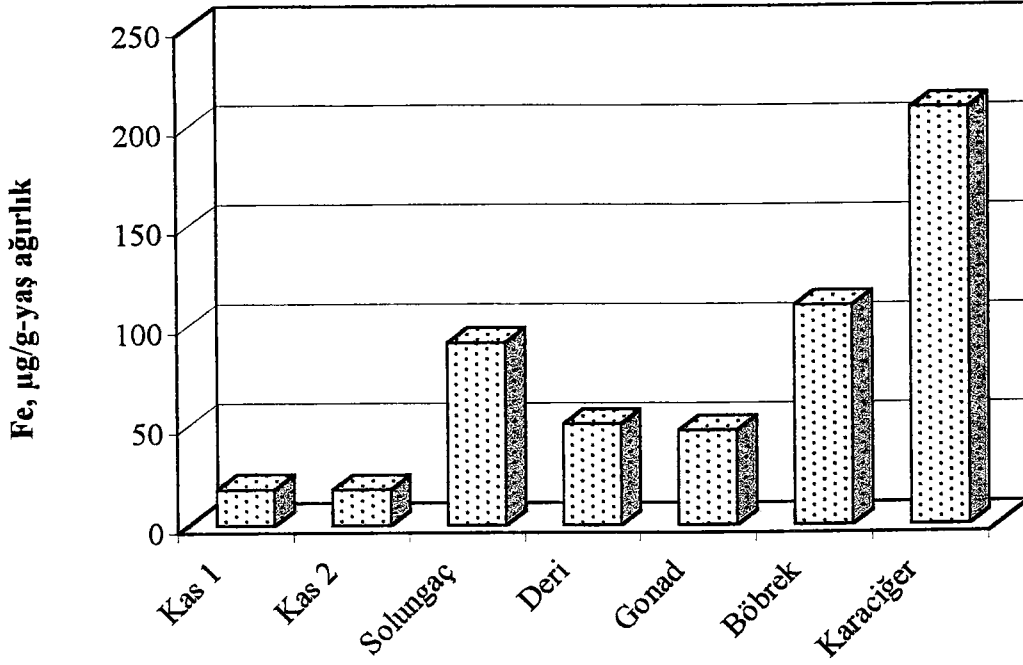
**Tablo 4.1.1.** Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbra*'nın doku ve organlarında belirlenen ağır metal düzeyleri.

Doku ve Organlar	Ağır Metaller ( $\mu\text{g/g}$ -yaş ağırlık)			
	Cu	Fe	Mn	Zn
Kas 1	Min:1	Min:3	Min:0.4	Min:7.6
	Max:5.92	Max:114	Max:5.98	Max:171
	Ort:3.02	Ort: 18.1	Ort:2.02	Ort:48.2
	S H:0.1	S H:11	S H: 0.19	S H:2.05
Kas 2	Min:1	Min:4.05	Min: 0.55	Min:8.79
	Max:15.5	Max:97.6	Max: 4.46	Max:168
	Ort:3 49	Ort:17.9	Ort: 1.76	Ort:50.8
	S H:0.15	S H:0.92	S H: 0.15	S H:2.06
Solungaç	Min:2.36	Min:13.4	Min: 1.08	Min:30.8
	Max:22.7	Max:708	Max: 30.3	Max:339
	Ort: 6.56	Ort:91.6	Ort:7.47	Ort:125
	S H:0.3	S H:6.61	S H:0.4	S H:4.26
Deri	Min:4.2	Min:4.84	Min:1.07	Min:41.1
	Max:16.3	Max:216	Max:19.4	Max:395
	Ort:5.44	Ort:50.7	Ort:5.8	Ort:153
	S H:27	S H:3	S H:0.4	S H:4.45
Karaciğer	Min:4.63	Min:17.1	Min:4.04	Min:41.4
	Max:227	Max:885	Max:32.9	Max:953
	Ort:61.6	Ort:210	Ort:13	Ort: 327
	S H:3.4	S H:12.3	S H:1.42	S H:15.9
Gonad	Min: 1.32	Min:7.09	Min:1	Min:17.3
	Max:149	Max:321	Max:46.3	Max:488
	Ort: 1.7	Ort:47.4	Ort:6.62	Ort:120
	S H: 0.67	S H:3.56	S H:1.09	S H:6.23
Böbrek	Min:2.37	Min:9	Min:1.13	Min:15.7
	Max:46.3	Max:356	Max: 23.1	Max:700
	Ort:12	Ort:110	Ort :6.6	Ort:174
	S H:0.69	S H:5.2	S H: 0. 66	S H:10.2

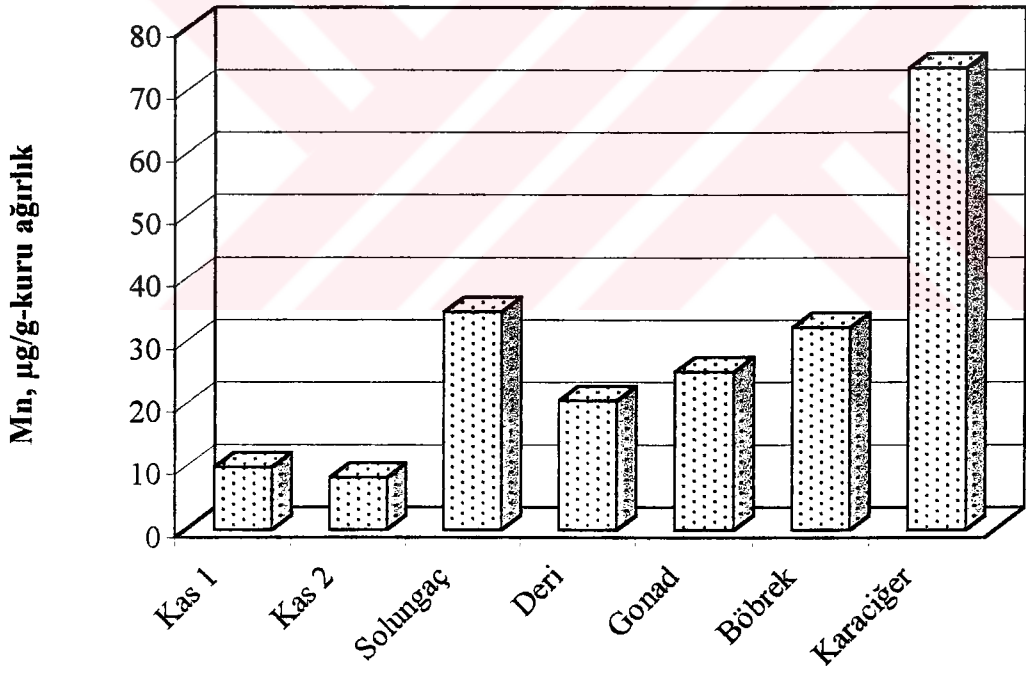
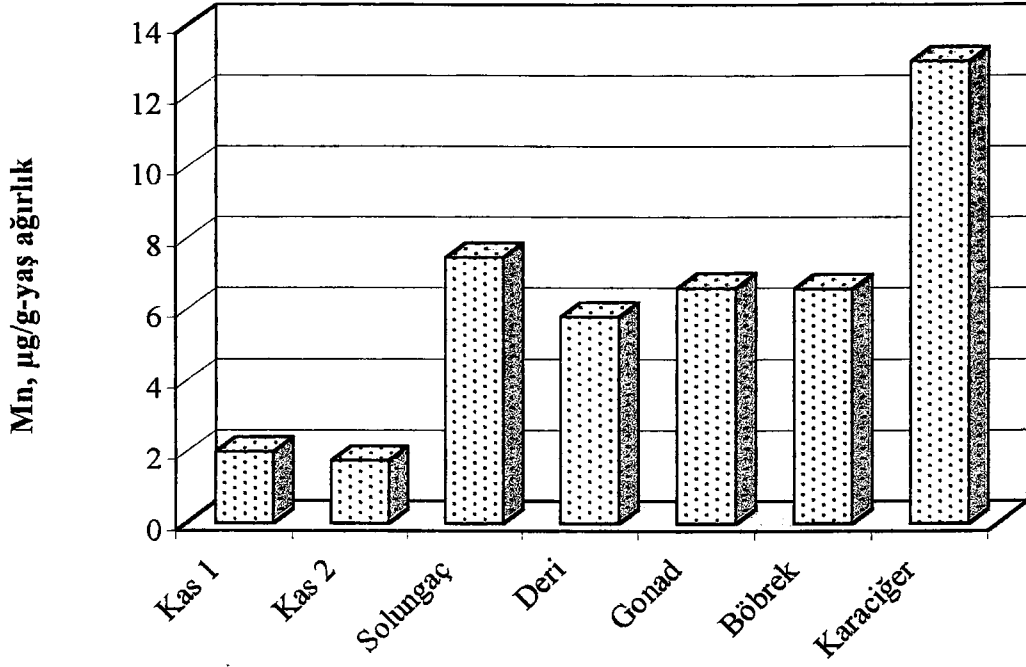
S H: Standart Hata



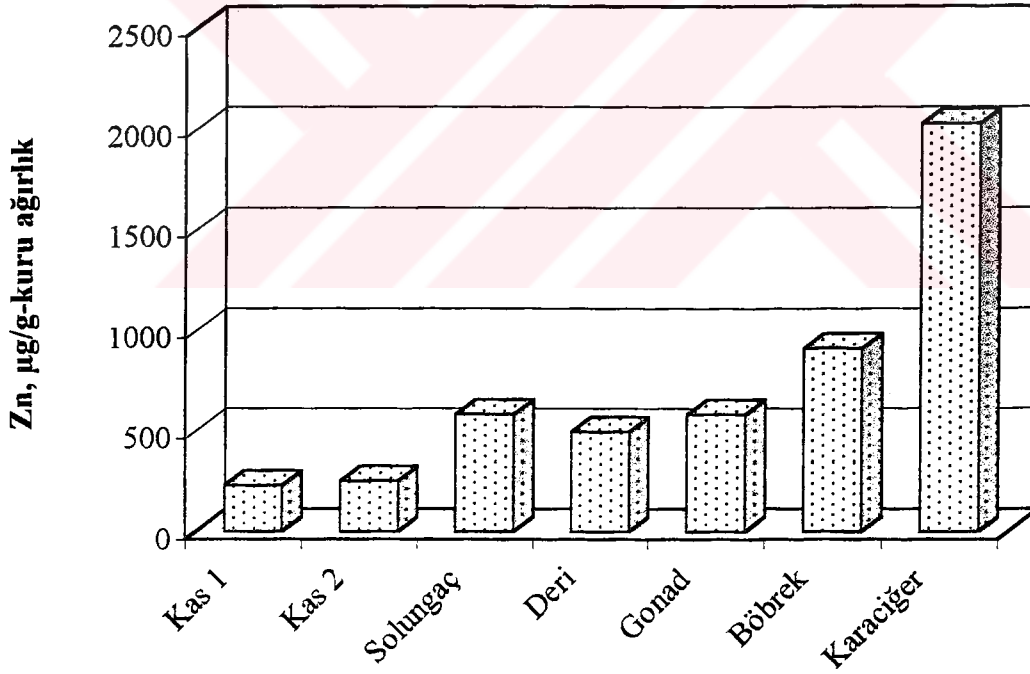
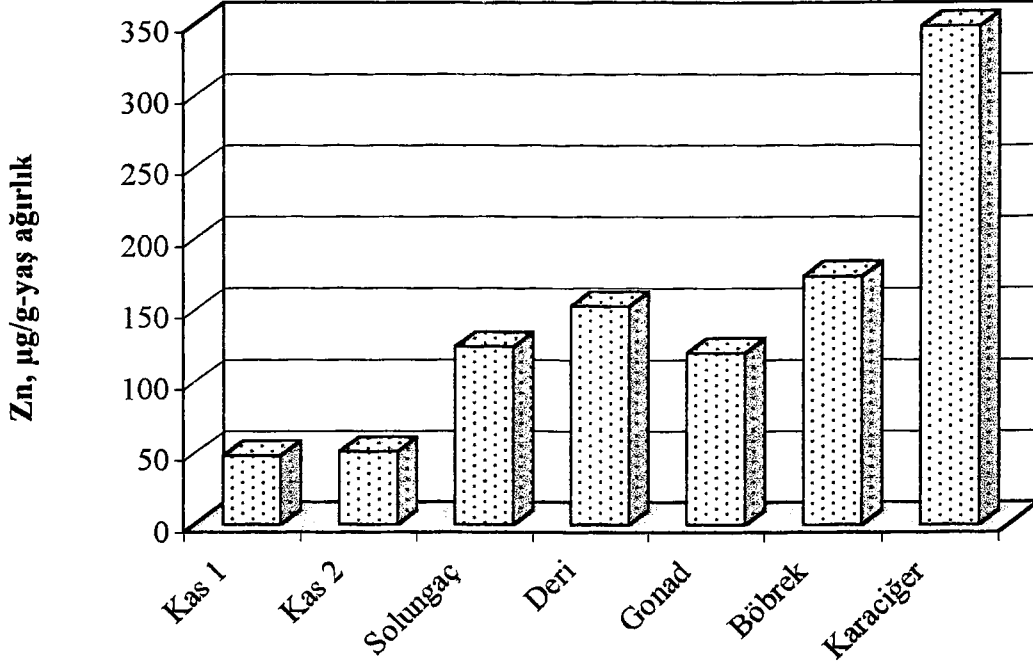
Şekil 4.1.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen bakır (Cu) düzeyi.



Şekil 4.1.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen demir (Fe) düzeyi.



Şekil 4.1.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen mangan (Mn) düzeyi.



Şekil 4.1.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın bazı doku ve organlarının yaş ve kuru ağırlıklarında belirlenen çinko (Zn) düzeyi.

#### 4.2. *Capoeta capoeta umbla*'nın Doku ve Organlarında Tespit Edilen Farklı Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri

Bu bölümde her bir doku ve organda, Cu, Fe, Mn ve Zn elementlerinin birikim düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) karşılaştırılmıştır (Şekil 4.2.1-4.2.6).

Kas 1 ve kas 2 birlikte değerlendirilmiştir. Fe ve Mn birikimi her iki dokuda da aynı düzeyde olup Cu ve Zn'un kas 2'de kas 1'e göre biraz daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.2.1). Fakat bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P>0.05$ ). Analizi yapılan iz elementlerin konsantrasyonlarına bağlı olarak sıralaması; solungaçta  $\text{Zn}>\text{Fe}>\text{Mn}>\text{Cu}$  (Şekil 4.2.2); deride  $\text{Zn}>\text{Fe}>\text{Mn}>\text{Cu}$  (Şekil 4.2.3); gonadda  $\text{Zn}>\text{Fe}>\text{Cu}>\text{Mn}$  (Şekil 4.2.4); böbrekte  $\text{Zn}>\text{Fe}>\text{Cu}>\text{Mn}$  (Şekil 4.2.5) ve karaciğerde  $\text{Zn}>\text{Fe}>\text{Cu}>\text{Mn}$  (Şekil 4.2.6) şeklinde olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre tüm doku ve organlarda en fazla Zn birikmiş olup bunu Fe takip etmiştir.

#### 4.3. *Capoeta capoeta umbla*'nın Doku ve Organlarında Birikim Gösteren Ağır Metallerin Mevsimlere Bağlı Olarak Değişimi

Bu bölümde her bir ağır metalin, incelenen doku ve organlardaki birikim düzeylerinin mevsimlere bağlı olarak değişimi ( $\mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) (Şekil 4.3.1-4.3.4) ve bu değişimin önemli olup olmadığı varyans analizi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir

Cu'un mevsimlere bağlı olarak değişimi Şekil 4.3.1'de görülmektedir. Cu'un, sonbaharda en fazla karaciğerde biriktiği bunu sırasıyla böbrek, solungaç, gonad, deri, kas 2 ve kas 1'in izlediği; kış mevsiminde en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu böbrek ve solungacın izlediği, gonad ve derideki birikim düzeyinin aynı olduğu bunları kas 2 ve kas 1'in izlediği; ilkbaharda yine en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu sırasıyla böbrek, gonad, solungaç, deri, kas 2 ve kas 1'in izlediği; yaz mevsiminde ise en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu gonad, böbrek, deri, solungaç, kas 2 ve kas 1'in izlediği tespit edilmiştir.

Cu'un aynı doku ve organda mevsimlere bağlı olarak değişimi ise şu şekildedir; karaciğerde en fazla sonbaharda biriktiği bunu ilkbahar, yaz ve kış mevsiminin izlediği;

böbrekte en fazla birikimin ilkbaharda olduğu bunu sonbahar, kış ve yaz mevsiminin izlediği; gonadda en fazla birikimin yazın olduğu bunu ilkbahar, sonbahar ve kış mevsiminin izlediği; solungaçta en fazla birikimin sonbaharda olduğu bunu ilkbahar, kış ve yaz mevsiminin izlediği; deride en fazla birikimin sonbaharda olduğu bunu yaz, ilkbahar ve kışın izlediği, kas 1 ve kas 2’de ise bütün mevsimlerde hemen hemen aynı düzeyde birikim olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3.1). İstatistiksel olarak incelendiğinde mevsimlere bağlı olarak, Cu birikiminin solungaç, deri, karaciğer ve gonadda önemli olduğu ( $P<0.05$ ) buna karşılık kas 1, kas 2 ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

Fe’in mevsimlere bağlı olarak değişimi Şekil 4.3.2’de verilmiştir. Fe’in sonbaharda en fazla karaciğerde biriktiği bunu sırasıyla böbrek, solungaç, deri, gonad, kas 1 ve kas 2’nin izlediği; kışın en fazla böbrekte biriktiği bunu karaciğer, solungaç, deri, gonad, kas 2 ve kas 1’in izlediği; ilkbaharda en fazla birikimin böbrekte olduğu bunu karaciğer, solungaç, gonad, deri, kas 2 ve kas 1’in izlediği; yazın ise en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu böbrek, gonad, solungaç ve derinin izlediği kas 1 ve kas 2’deki birikimin ise hemen hemen aynı düzeyde olduğu bulunmuştur.

Fe’in aynı doku ve organdaki mevsimlere bağlı olarak değişimi ise şu şekildedir, karaciğerde en fazla birikimin ilkbaharda olduğu bunu sonbaharın izlediği kış ve yaz mevsiminde ise birikimin hemen hemen aynı düzeyde olduğu; böbrekte en fazla birikimin ilkbaharda olduğu bunu sırasıyla kış, yaz ve sonbaharın izlediği; gonadda en fazla birikimin yazın olduğu bunu ilkbahar, sonbahar ve kışın izlediği; solungaçta en fazla birikimin ilkbaharda olduğu kış ve yazın birikimin hemen hemen aynı düzeyde olduğu bunu sonbaharın izlediği; deride bütün mevsimlerdeki Fe birikiminin birbirine çok yakın değerler gösterdiği ve sıralamanın yaz, ilkbahar, kış, sonbahar şeklinde olduğu; kas 1 ve kas 2’de Fe’in mevsimlere bağlı olarak değişiminin hemen hemen aynı olduğu ve sıralamanın ilkbahar, yaz, sonbahar, kış şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3.2). İstatistiksel olarak incelendiğinde mevsimlere bağlı olarak Fe birikiminin kas 1, kas 2, solungaç, karaciğer ve gonadda önemli olduğu ( $P<0.05$ ), deri ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

Mn’in mevsimlere bağlı olarak değişimi Şekil 4.3.3’de verilmiştir. Mn’in sonbaharda sadece solungaçta biriktiği diğer organlarda ise birikim göstermediği tespit edilmiştir. Kışın en fazla karaciğerde biriktiği bunu böbrek, solungaç, deri, gonad, kas 1

ve kas 2'nin izlediği; ilkbaharda en fazla birikimin karaciğer ve böbrekte olduğu bunları solungaç ve derinin izlediği, kas 1 ve kas 2'deki birikim düzeyinin ise aynı olduğu; yazın en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu gonad, deri ve böbreğin izlediği, kas 1 ve kas 2'deki birikimin ise aynı düzeyde olduğu bulunmuştur.

Mn'in aynı doku ve organdaki mevsimlere bağlı olarak değişimi ise şu şekildedir: karaciğerde Mn birikiminin en fazla yaz mevsiminde olduğu bunu ilkbahar ve kışın izlediği tespit edilmiş sonbaharda ise birikimin olmadığı belirlenmiştir. Böbrekte en fazla birikimin yaz mevsiminde olduğu bunu ilkbahar ve kışın izlediği sonbaharda ise birikim olmadığı; gonadda en fazla birikimin yazın olduğu bunu ilkbahar ve kışın izlediği sonbaharda birikim olmadığı; solungaçlarda en fazla birikimin sonbaharda olduğu bunu sırasıyla yaz, ilkbahar ve kış mevsiminin izlediği; deride en fazla birikimin yaz mevsiminde olduğu bunu ilkbahar ve kışın izlediği sonbaharda ise birikim olmadığı; kas 1 ve kas 2'de ise Mn birikiminin mevsimlere bağlı olarak değişiminin hemen hemen aynı olduğu ve sıralamanın yaz, ilkbahar ve kış şeklinde olduğu sonbaharda ise birikim olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.3.3). İstatistiksel olarak incelendiğinde mevsimlere bağlı olarak Mn birikiminin kas 1, kas 2, solungaç, deri, gonad ve böbrekte önemli olduğu ( $P < 0.05$ ), karaciğerde ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P > 0.05$ ).

Zn'un mevsimlere bağlı olarak değişimi Şekil 4.3.4'de görülmektedir. Zn'un sonbaharda en fazla karaciğerde biriktiği bunu sırasıyla deri, böbrek, solungaç, gonad, kas 2 ve kas 1'in izlediği; kışın en fazla birikimin karaciğerde olduğu bunu böbrek, deri, solungaç, gonad, kas 2 ve kas 1'in izlediği; ilkbaharda en fazla birikimin böbrekte olduğu bunu karaciğer, deri, gonad ve solungacın izlediği kas 1 ve kas 2'deki birikim düzeyinin aynı olduğu; yaz mevsiminde ise en fazla birikimin karaciğer ve deride olduğu bunu gonad, solungaç, kas 2 ve kas 1'in izlediği tespit edilmiştir.

Zn birikiminin aynı doku ve organda mevsimlere bağlı olarak değişimi ise şu şekildedir: karaciğerde en fazla ilkbaharda biriktiği bunu kış, yaz ve sonbaharın izlediği; böbrekte en fazla birikimin ilkbaharda olduğu bunu sırasıyla kış, yaz ve sonbaharın izlediği; gonadda en fazla birikimin yazın olduğu bunu ilkbahar, kış ve sonbaharın izlediği; solungaçta en fazla birikimin ilkbaharda olduğu kış ve yaz mevsiminde birikim düzeyinin aynı olduğu bunu sonbaharın izlediği, Zn birikiminin kas 1 ve kas 2'de mevsimlere bağlı olarak değişiminin birbirine çok yakın değerlerde olduğu ve

sıralamanın ilkbahar, kış, yaz ve sonbahar şeklinde olduğu bulunmuştur (Şekil 4.3.4). İstatistiksel olarak incelendiğinde mevsimlere bağlı olarak Zn birikiminin kas 1, kas 2, solungaç, karaciğer, gonad ve böbrekte önemli olduğu ( $P<0.05$ ), deride ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

#### **4.4. *Capoeta capoeta umbla*'da Vücut Ağırlığına Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri**

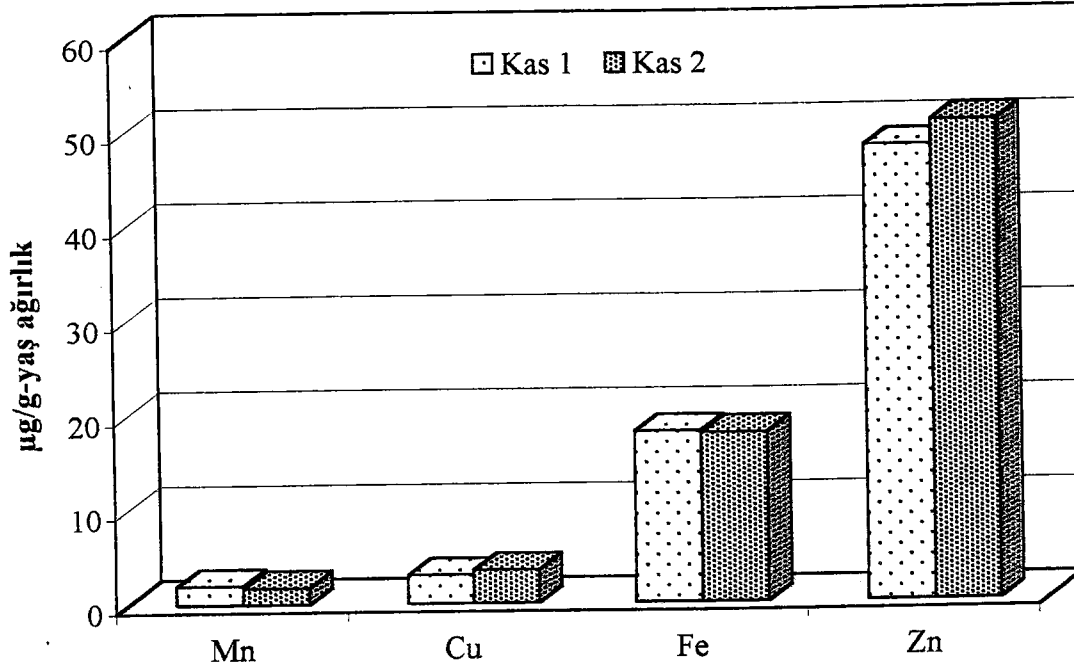
Araştırma süresince incelenen 200 adet *Capoeta capoeta umbla*'nın ağırlığı 44-634 g arasında olup balıklar 0-99 g, 100-199 g, 200-299 g ve  $\geq 300$  g şeklinde dört farklı ağırlık grubuna ayrılarak ağırlık gruplarına bağlı olarak ağır metallerin birikim düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) karşılaştırılmıştır (Şekil 4.4.1-4.4.4)

Cu'nun ağırlık gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikimi Şekil 4.4.1'de verilmiştir. İncelenen bütün doku ve organlarda ağırlık gruplarına bağlı olarak Cu birikiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

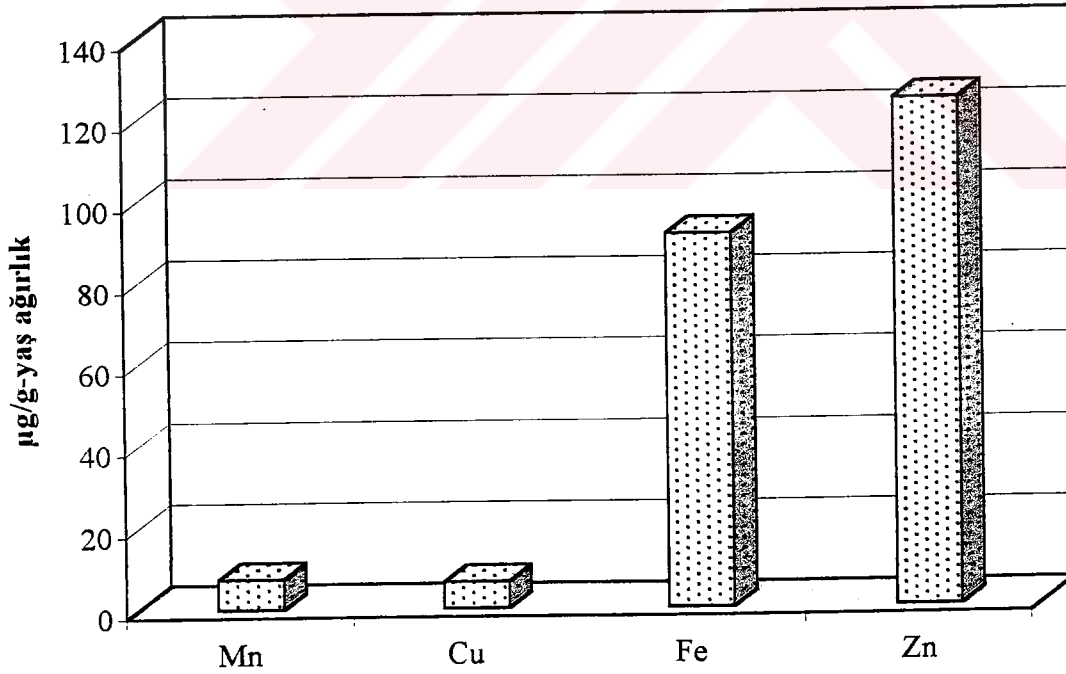
Fe'nin ağırlık gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyleri Şekil 4.4.2'de verilmiştir. Ağırlık gruplarına bağlı olarak Fe birikiminin sadece karaciğerde önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2, solungaç, deri, gonad ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

Mn'nin ağırlık gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyleri Şekil 4.4.3'de verilmiştir. Ağırlık gruplarına bağlı olarak Mn birikiminin solungaç, deri ve karaciğerde önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2, gonad ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

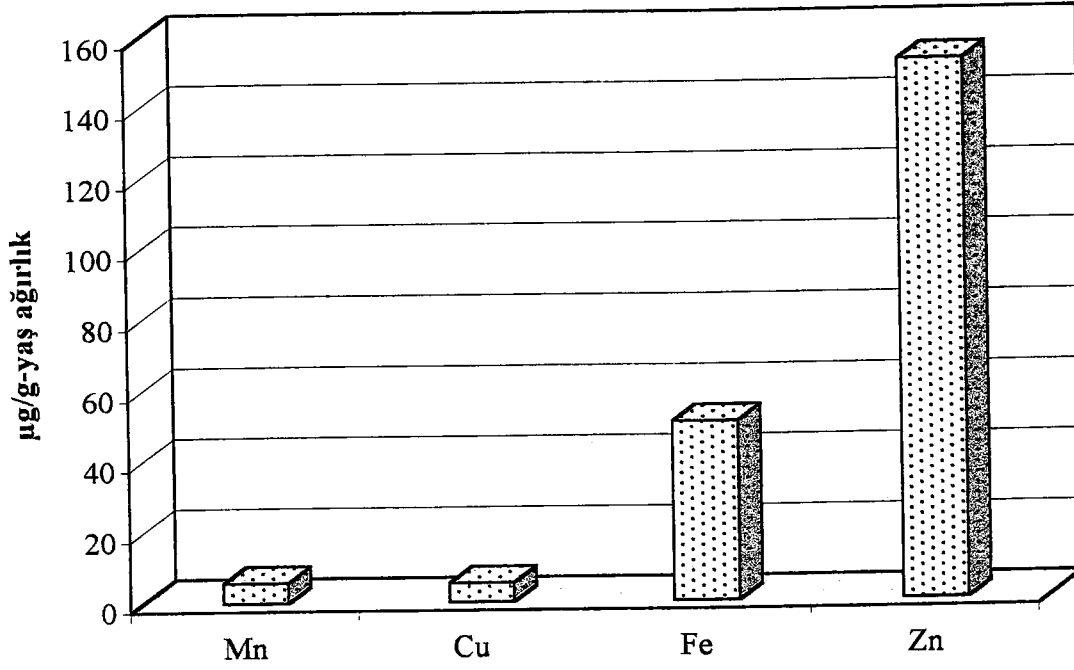
Zn'un ağırlık gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyleri Şekil 4.4.4'de verilmiştir. Ağırlık gruplarına bağlı olarak Zn birikiminin solungaç ve karaciğerde önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2, deri, gonad ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).



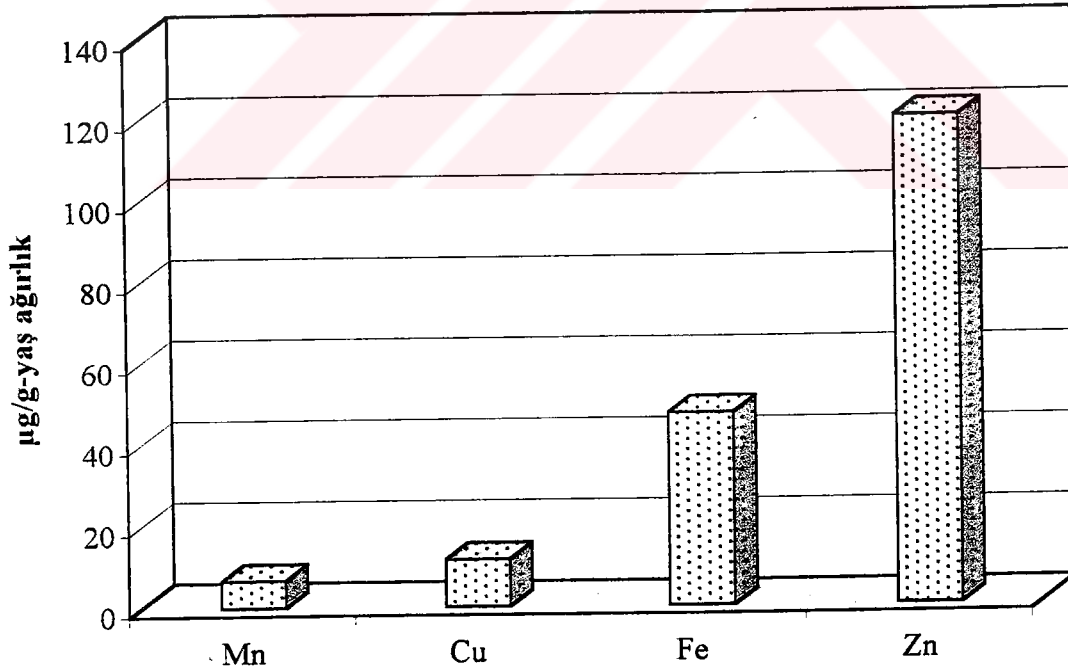
Şekil 4.2.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin kas dokusunda (kas 1 ve kas 2) belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri.



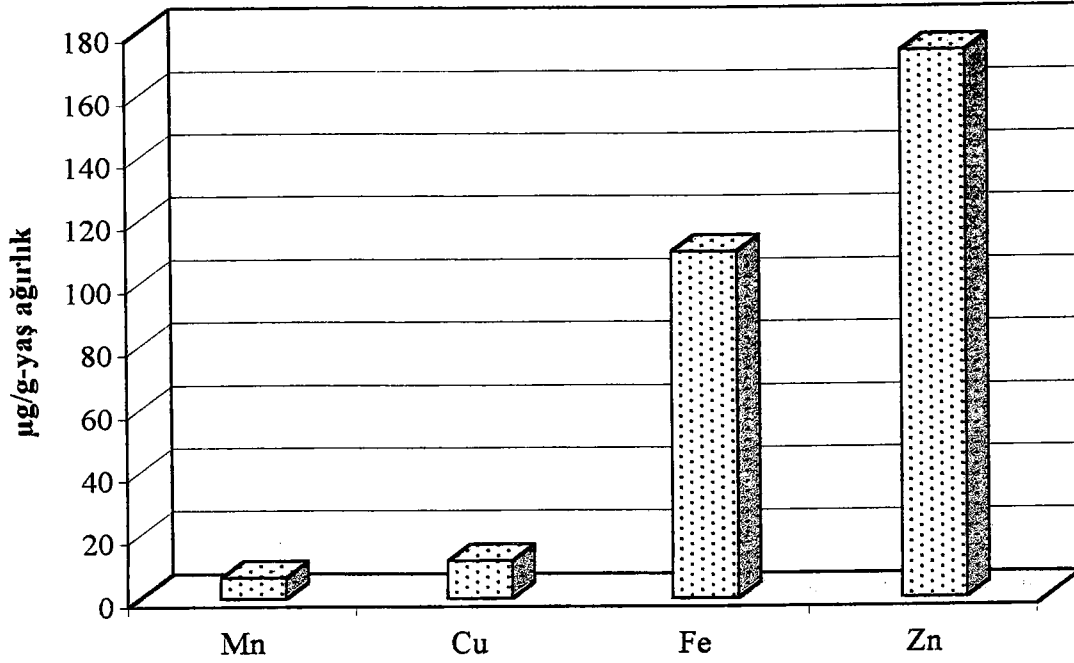
Şekil 4.2.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin solungacında belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri.



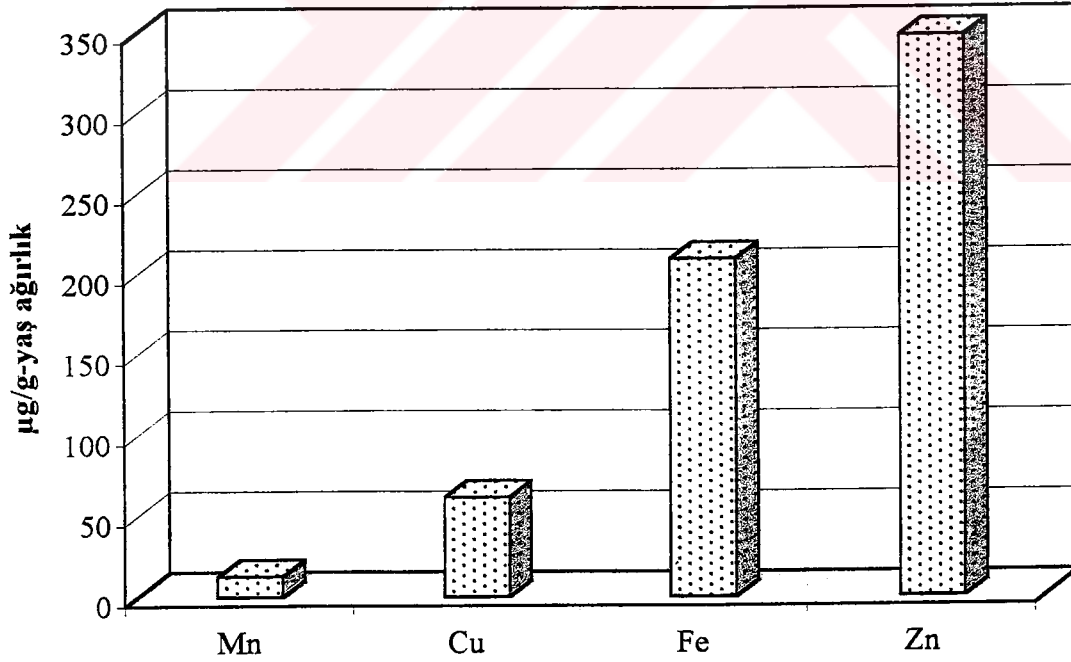
Şekil 4.2.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin derisinde belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri.



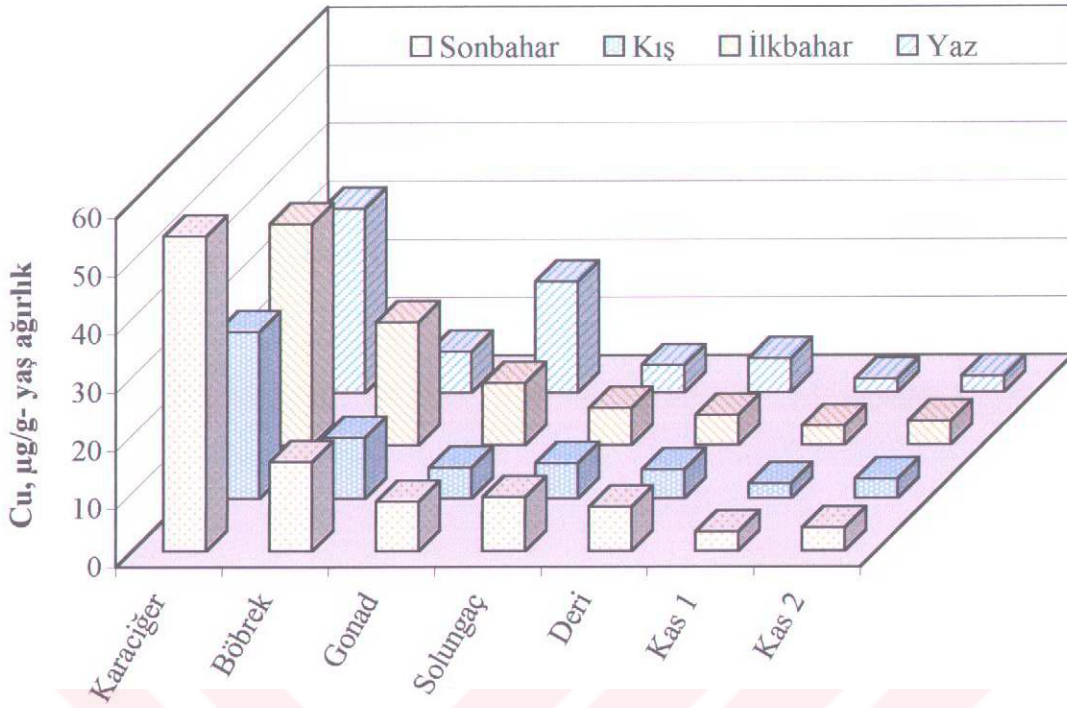
Şekil 4.2.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin gonadında belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri.



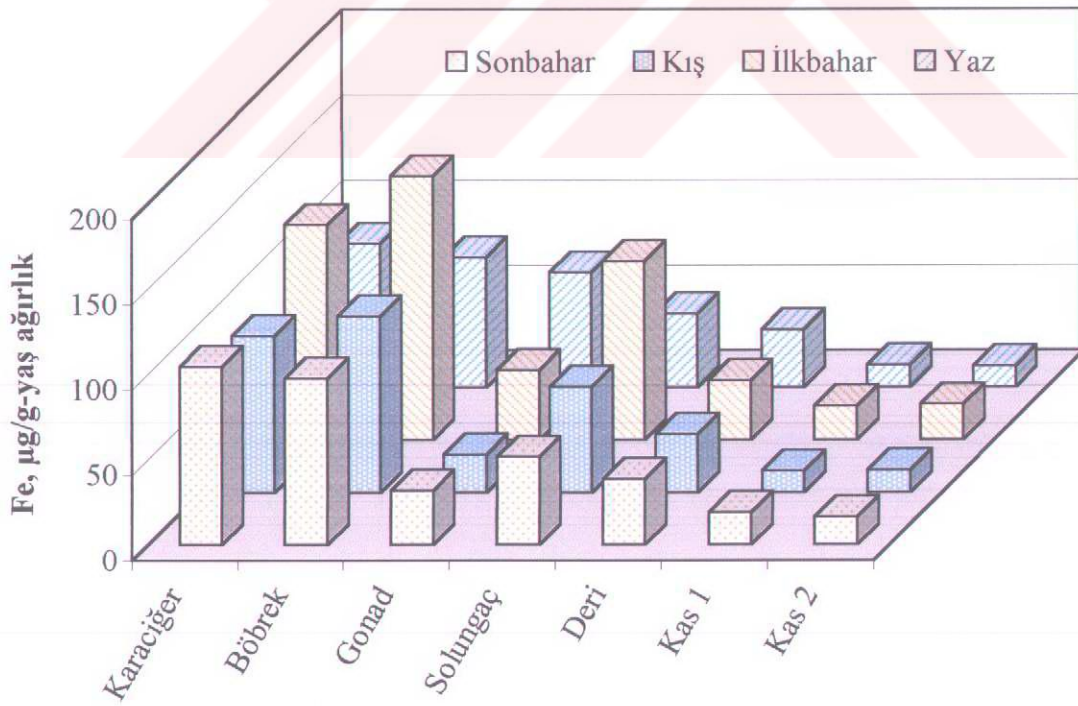
Şekil 4.2.5. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin böbreğinde belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri.



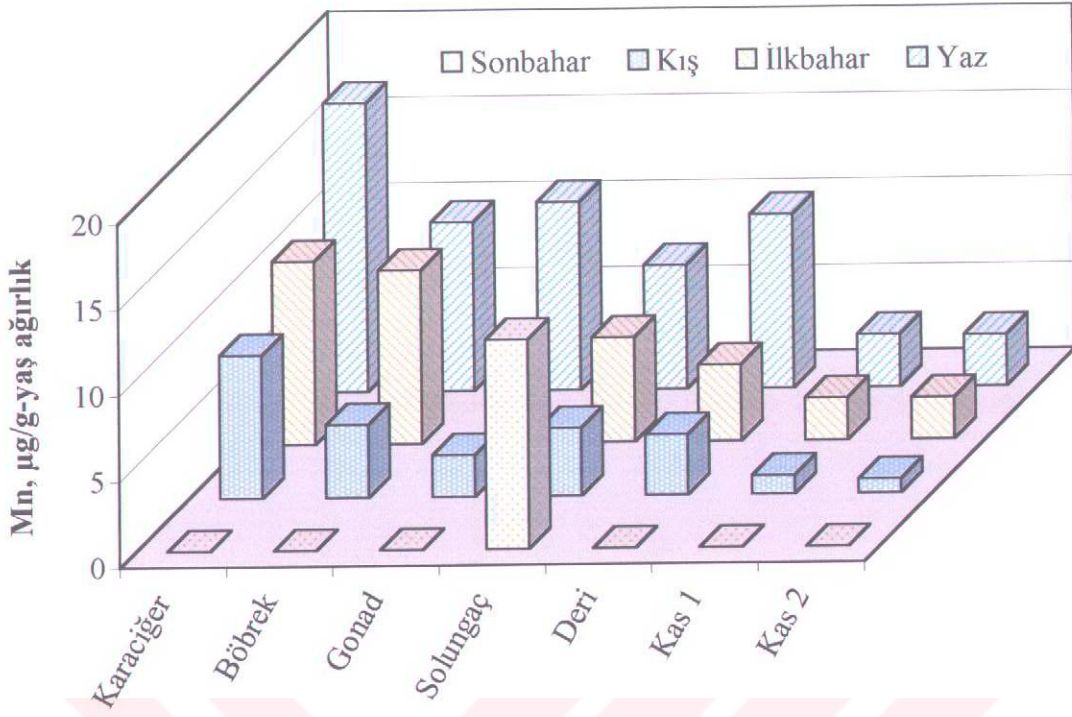
Şekil 4.2.6. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin karaciğerinde belirlenen ağır metaller ve birikim düzeyleri.



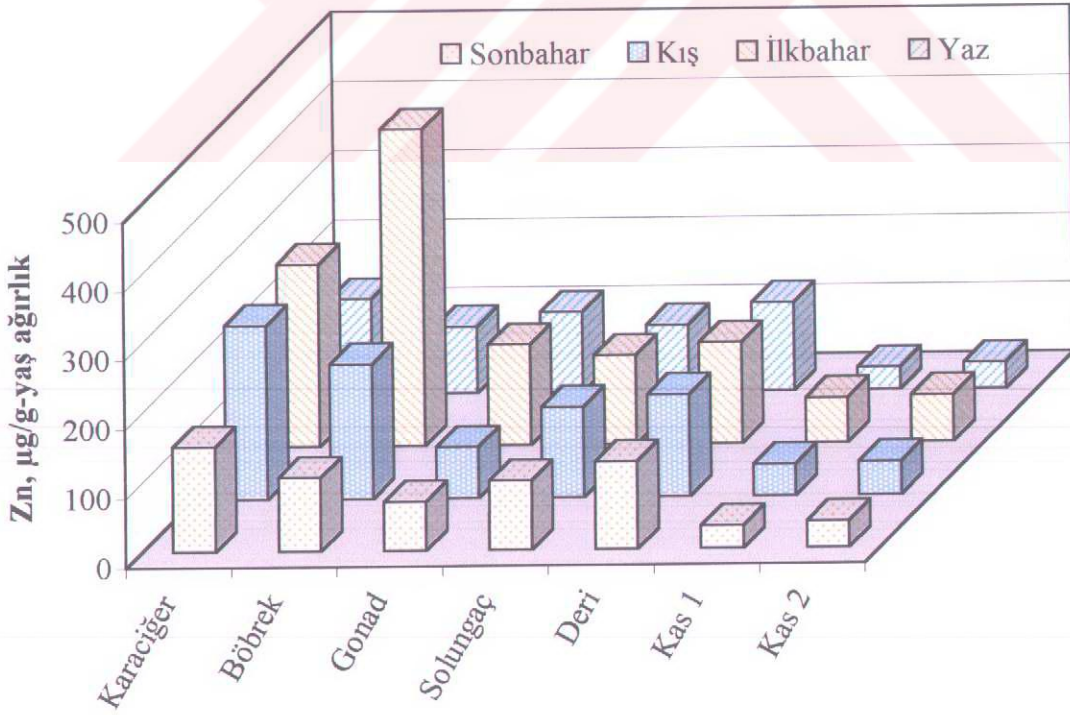
Şekil 4.3.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Cu birikiminin mevsimsel değişimi.



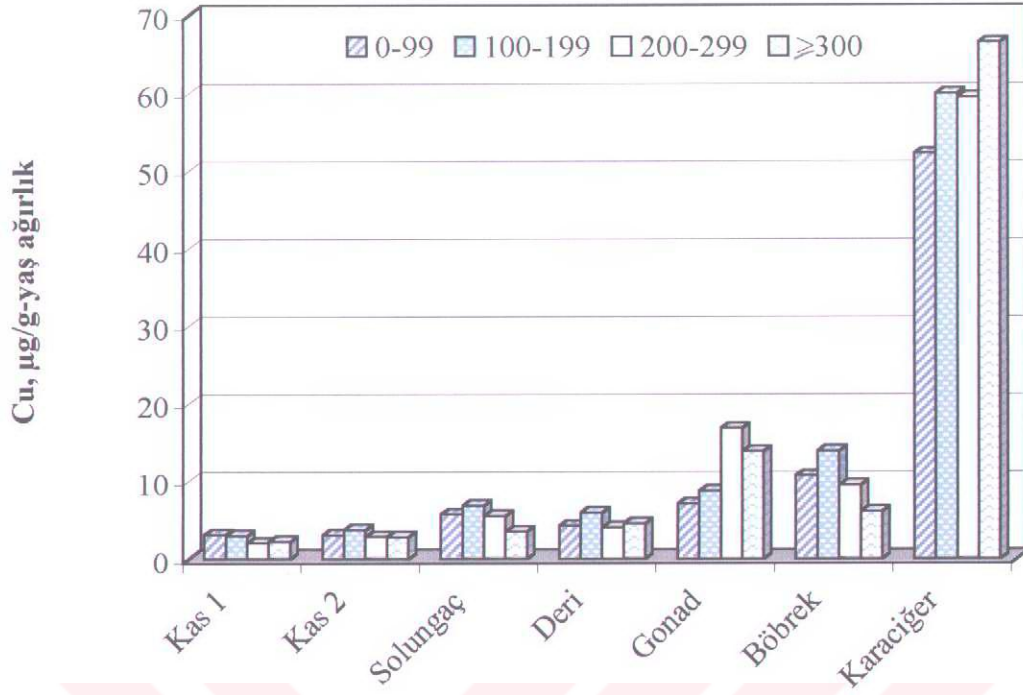
Şekil 4.3.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Fe birikiminin mevsimsel değişimi.



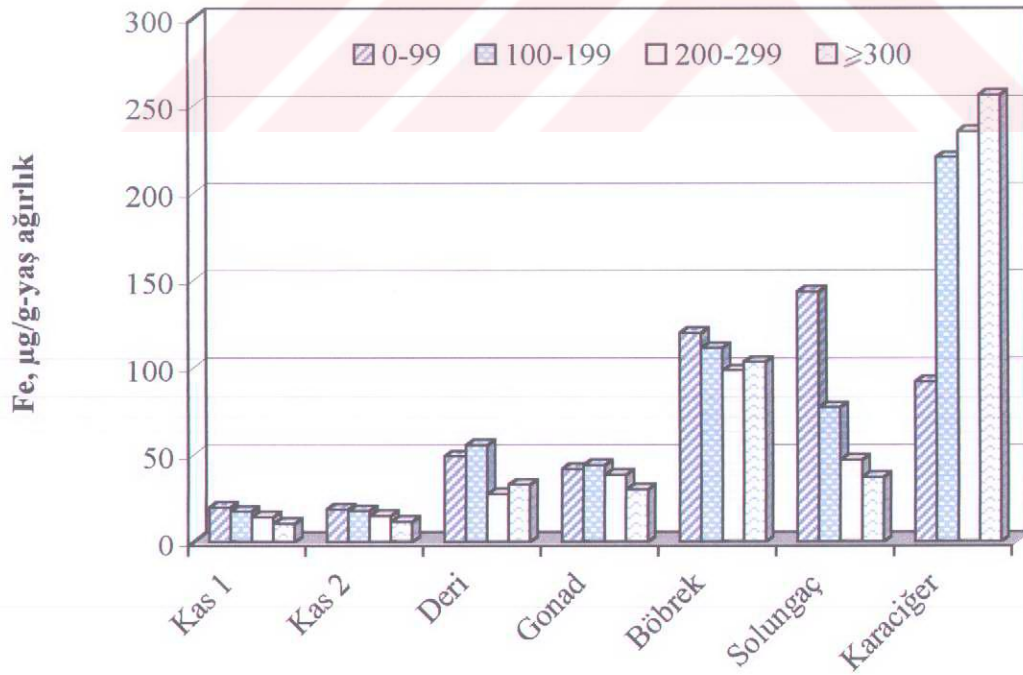
Şekil 4.3.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Mn birikiminin mevsimsel değişimi.



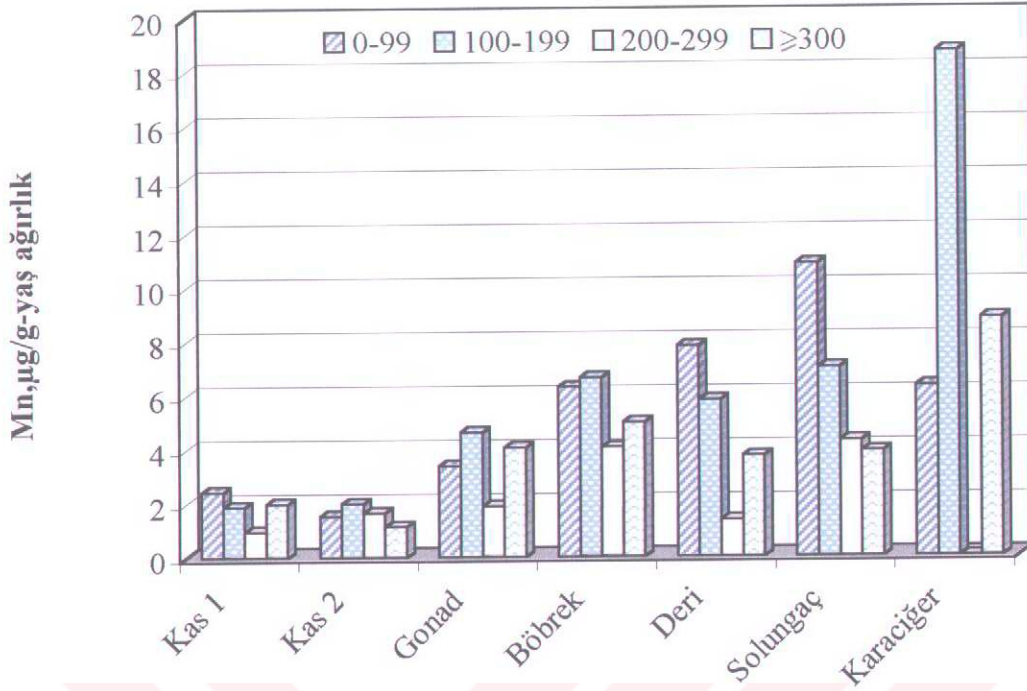
Şekil 4.3.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nin bazı doku ve organlarında Zn birikiminin mevsimsel değişimi.



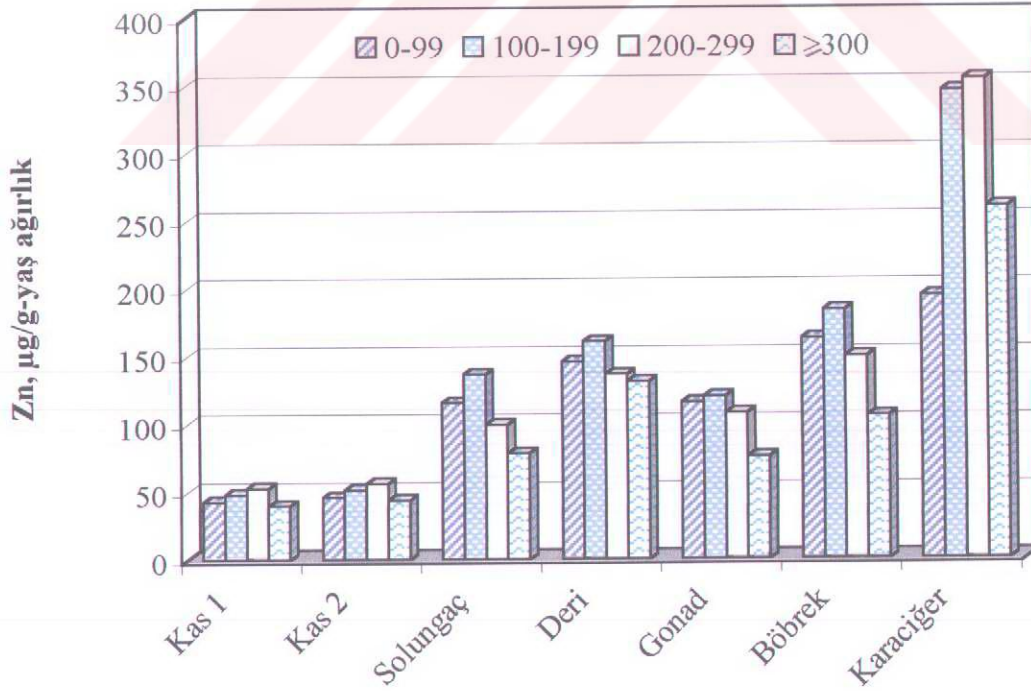
Şekil 4.4.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Cu birikimi.



Şekil 4.4.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Fe birikimi.



Şekil 4.4.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Mn birikimi.



Şekil 4.4.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da ağırlık gruplarına bağlı olarak Zn birikimi.

#### 4.5. *Capoeta capoeta umbla*'da Total Uzunluğa Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri

Araştırma süresince incelenen 200 adet *Capoeta capoeta umbla*'nın total uzunluğu 137-423 mm arasında olup balıklar 100-199 mm, 200-299 mm ve  $\geq 300$  mm olmak üzere uzunluk gruplarına ayrılmışlardır. Uzunluk gruplarına bağlı olarak ağır metallerin doku ve organlardaki birikim düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  yaş ağırlık) Şekil 4.5.1-4.5.4'de verilmiştir.

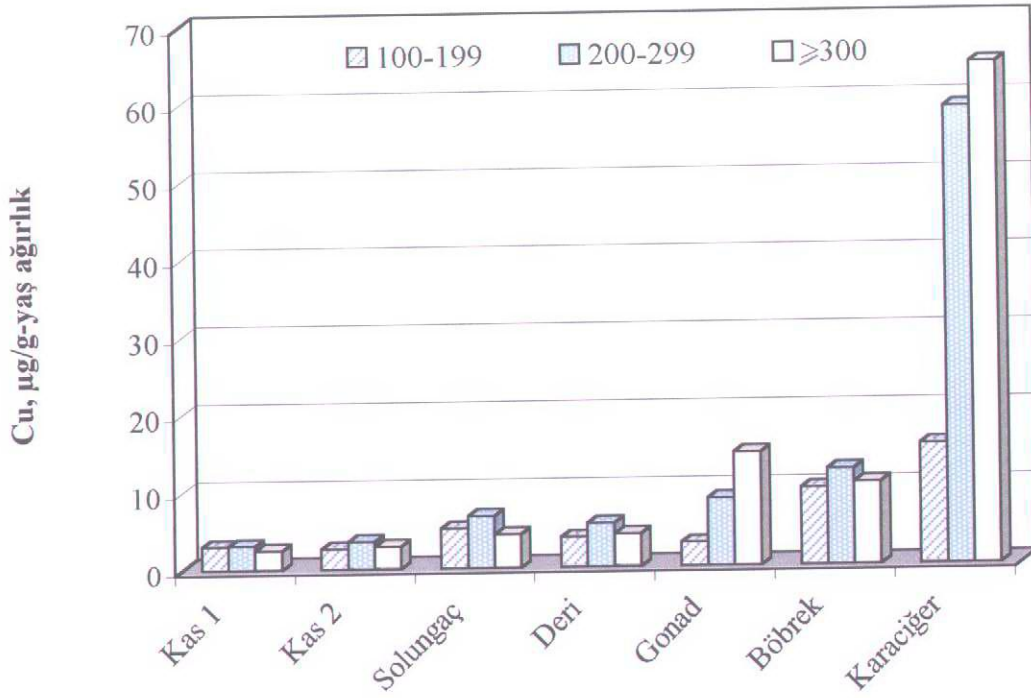
Cu'nun uzunluk gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyleri Şekil 4.5.1'de görülmektedir. Uzunluk gruplarına bağlı olarak Cu birikiminin sadece gonadda önemli olduğu ( $P < 0.05$ ), kas 1, kas 2, solungaç, deri, karaciğer ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P > 0.05$ ).

Fe'nin uzunluk gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyleri Şekil 4.5.2'de verilmiştir. Uzunluk gruplarına bağlı olarak Fe birikiminin solungaç ve deride önemli olduğu ( $P < 0.05$ ), kas 1, kas 2, karaciğer, gonad ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P > 0.05$ ).

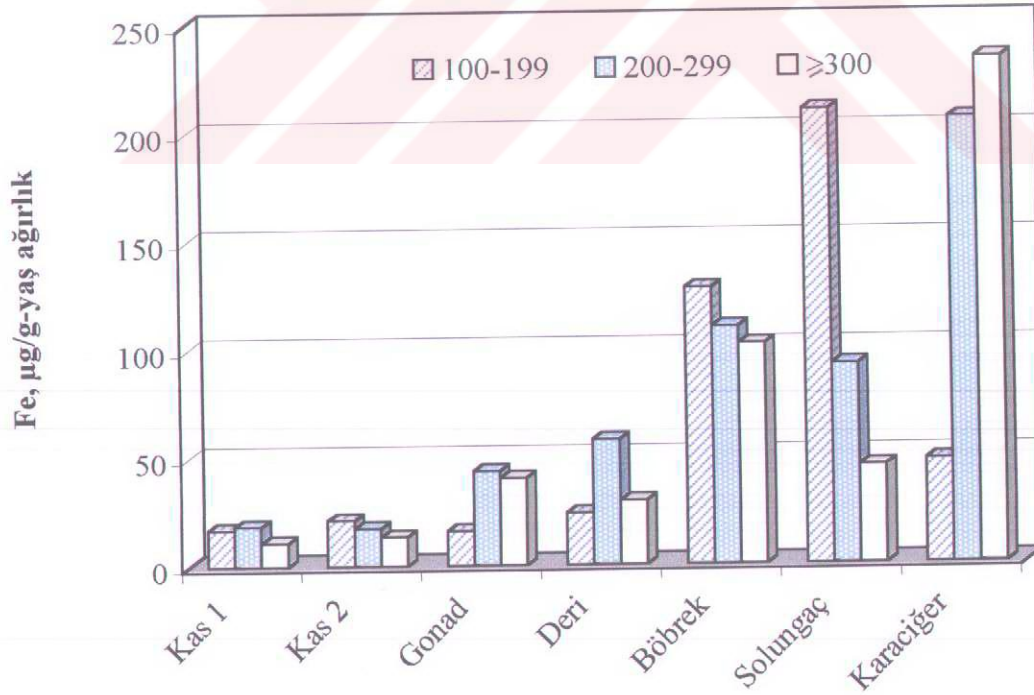
Mn'nin uzunluk gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.5.3'de verilmiştir. Uzunluk gruplarına bağlı olarak Mn birikiminin solungaç ve deride önemli olduğu ( $P < 0.05$ ), kas 1, kas 2, karaciğer, gonad ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P > 0.05$ ).

Zn'un uzunluk gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.5.4'de verilmiştir. Uzunluk gruplarına bağlı olarak incelenen bütün doku ve organlarda Zn birikiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ( $P > 0.05$ ).

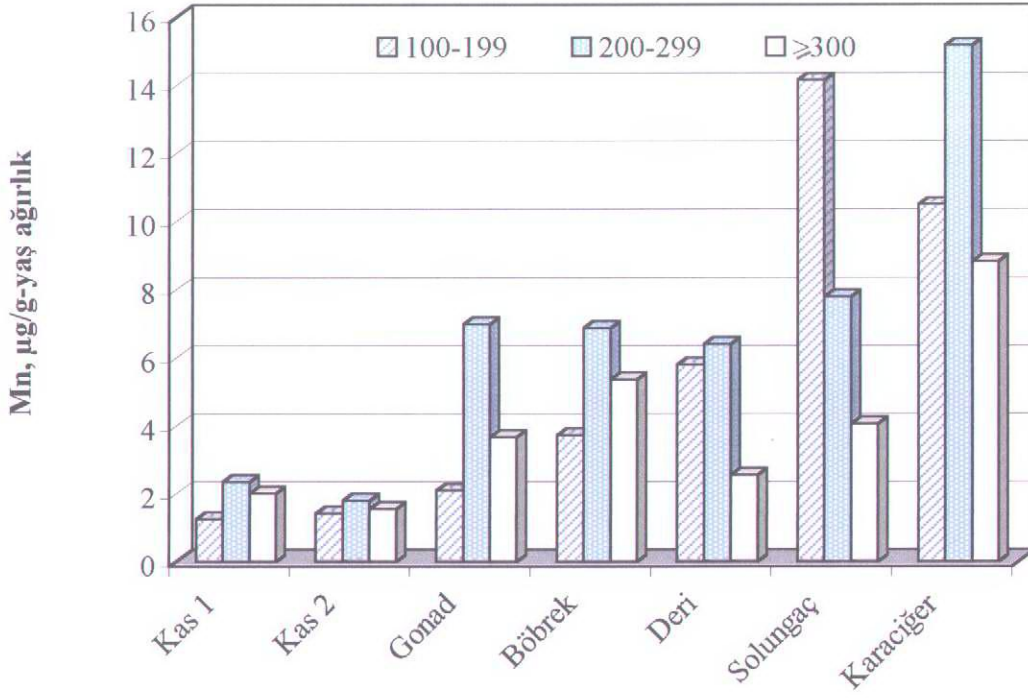
Her bir ağır metalin uzunluk gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikiminin istatistiksel olarak incelenmesinin yanı sıra yine uzunluk gruplarına bağlı olarak kas 1 ve kas 2'deki ağır metal birikiminin önemli olup olmadığı t-testi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre kas 1 ve kas 2 arasında birinci uzunluk grubunda (100-199 mm) ağır metal birikiminin önemli olmadığı ( $P > 0.05$ ), ikinci uzunluk grubunda (200-299 mm) sadece Cu birikiminin önemli olduğu ( $P < 0.05$ ), üçüncü uzunluk grubunda ( $\geq 300$ ) ise Fe ve Zn birikiminin önemli olduğu bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).



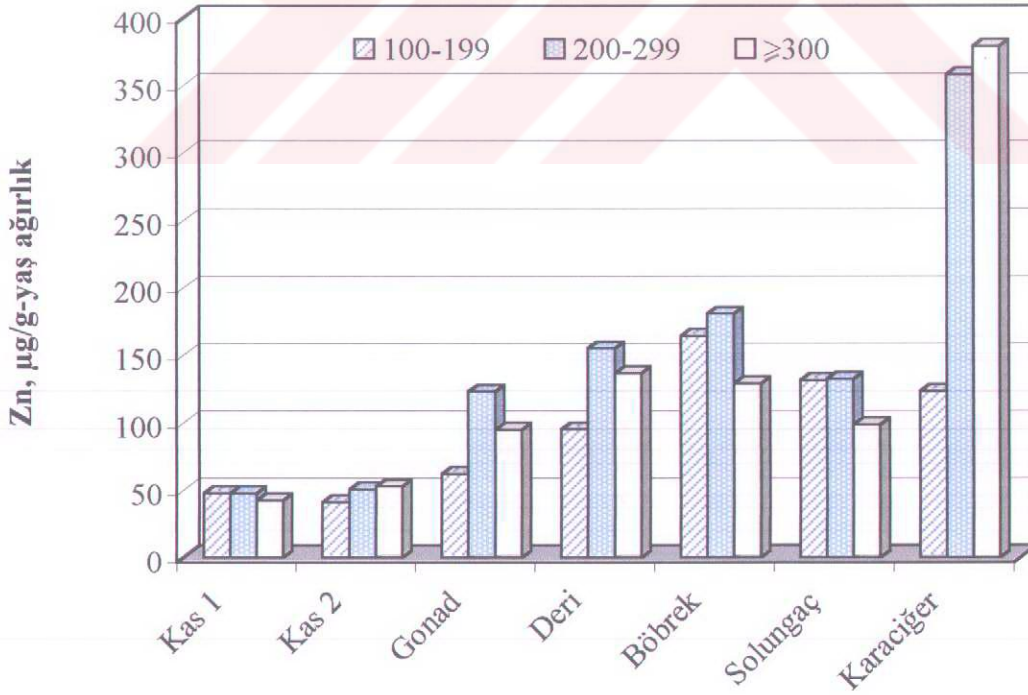
Şekil 4.5.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Cu birikimi.



Şekil 4.5.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Fe birikimi.



Şekil 4.5.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Mn birikimi.

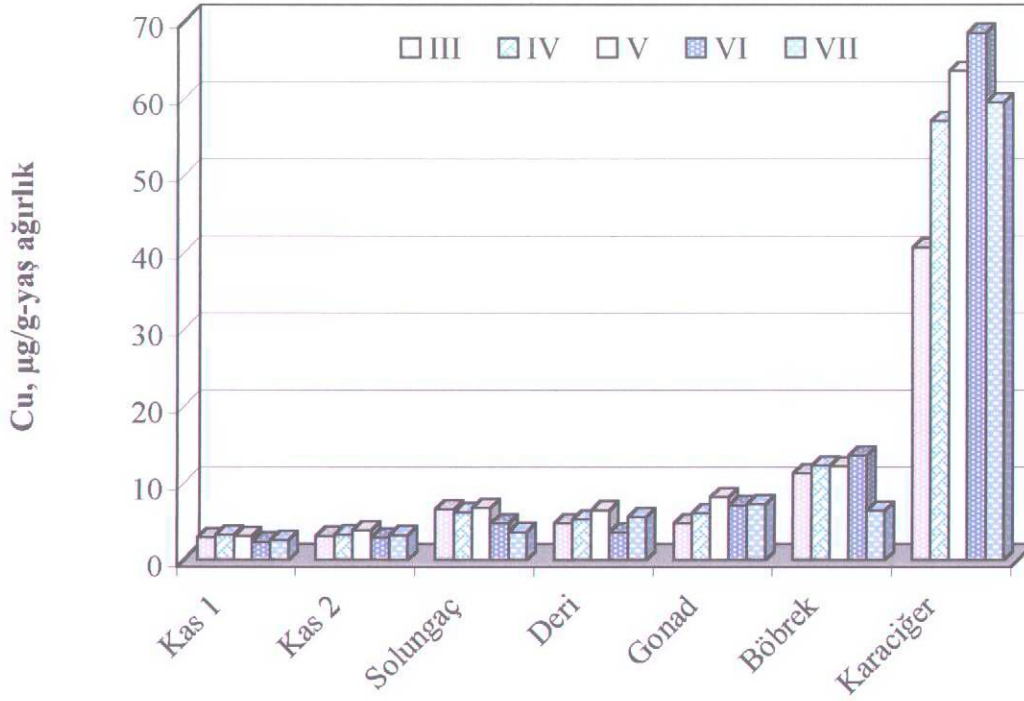


Şekil 4.5.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da uzunluk gruplarına bağlı olarak Zn birikimi.

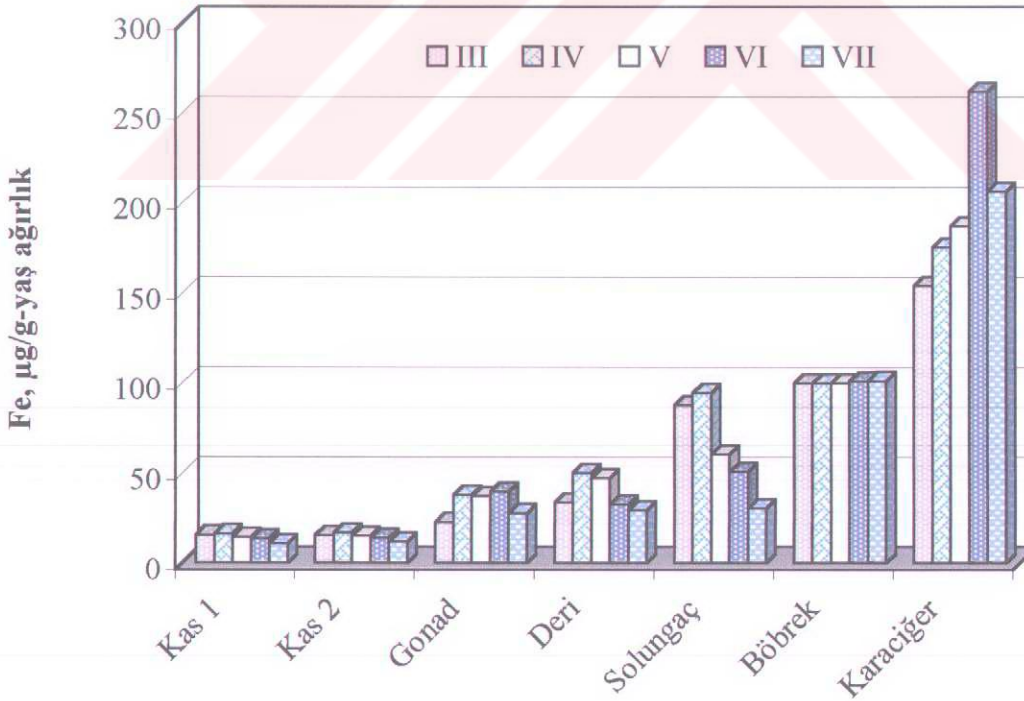
#### 4.6. *Capoeta capoeta umbla*'da Yaş Gruplarına Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri

Cu'ın yaş gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.6.1'de verilmiştir. Yaş gruplarına bağlı olarak incelenen bütün doku ve organlarda Cu birikiminin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Fe'in yaş gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.6.2'de verilmiştir. Yaş gruplarına bağlı olarak Fe birikiminin sadece solungaçta önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2, deri, karaciğer, gonad ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Mn'in doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.6.3'de verilmiştir. Yaş gruplarına bağlı olarak Mn birikiminin solungaç, deri ve böbrekte önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2, karaciğer ve gonada ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Zn'un yaş gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.6.4'de verilmiştir. Yaş gruplarına bağlı olarak Zn birikiminin solungaç, karaciğer, gonad ve böbrekte önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2 ve deride ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

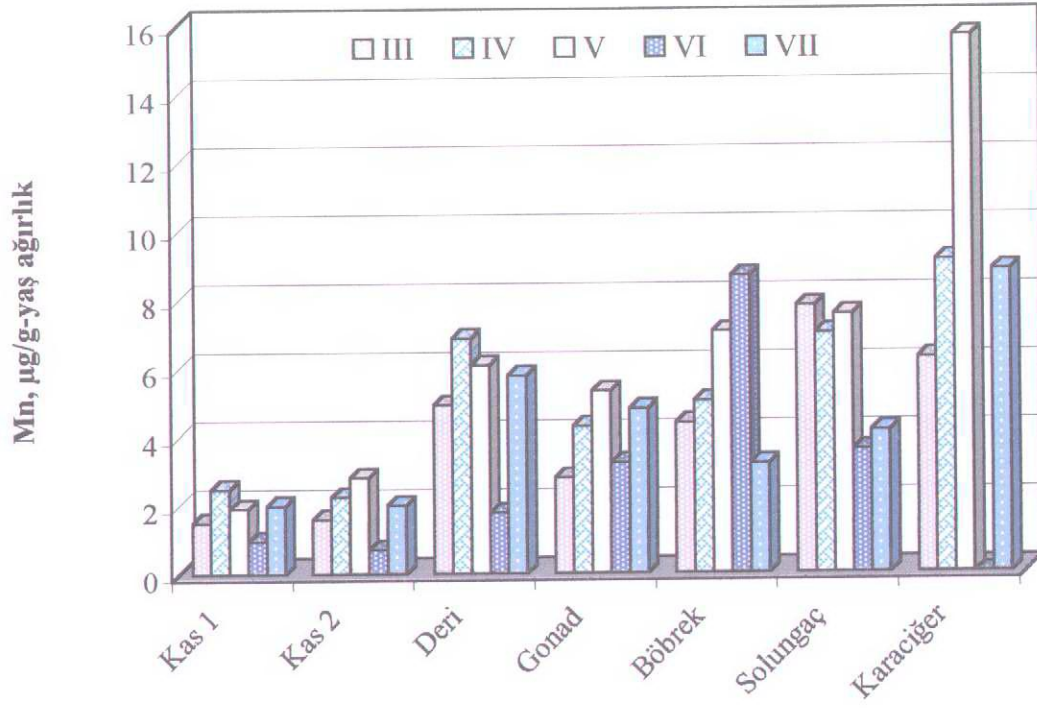
Her bir ağır metalin yaş gruplarına bağlı olarak *Capoeta capoeta umbla*'nın doku ve organlardaki birikiminin istatistiksel olarak incelenmesinin yanı sıra yine yaş gruplarına bağlı olarak kas 1 ve kas 2'deki ağır metal birikiminin önemli olup olmadığı t-testi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre III. ve IV. yaş grubunda Cu, Fe, Mn ve Zn birikiminin önemli olmadığı ( $P>0.05$ ), V. yaş grubunda Cu ve Mn birikiminin önemli olduğu ( $P<0.05$ ), Fe ve Zn birikiminin önemli olmadığı ( $P>0.05$ ), VI. ve VII. yaş grubunda ise Cu, Fe, Mn ve Zn birikiminin önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).



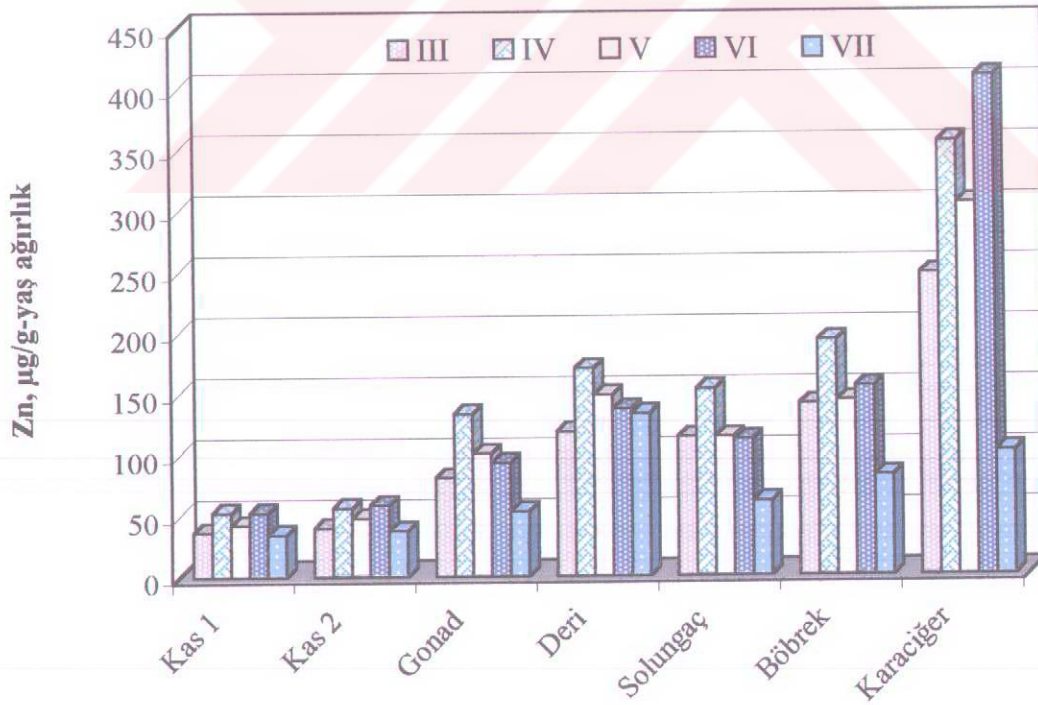
Şekil 4.6.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Cu birikimi.



Şekil 4.6.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Fe birikimi.



Şekil 4.6.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Mn birikimi.



Şekil 4.6.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da yaş gruplarına bağlı olarak Zn birikimi.

#### 4.7. *Capoeta capoeta umbla*'da Cinsiyete Bağlı Olarak Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri

Araştırma süresince incelenen 200 adet *Capoeta capoeta umbla*'dan 80 tanesinin dişi, 120 tanesinin erkek olduğu belirlenmiştir. *Capoeta capoeta umbla*'da cinsiyete bağlı olarak doku ve organlarındaki ağır metal birikim düzeyleri Şekil 4.7.1-4.7.4'de görülmektedir.

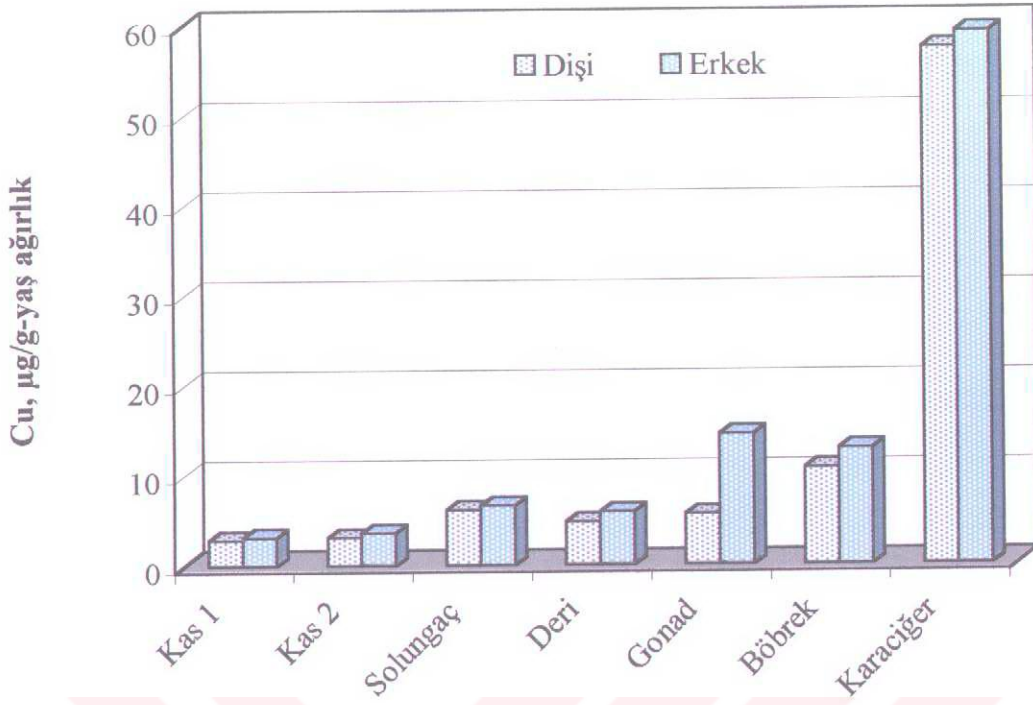
Cu'nun cinsiyete bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.7.1'de verilmiştir. Cinsiyete bağlı olarak Cu birikiminin sadece gonadda önemli olduğu ( $P<0.05$ ), incelenen diğer doku ve organlarda ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

Fe'nin cinsiyete bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.7.2'de verilmiştir. Cinsiyete bağlı olarak Fe birikiminin, solungaç ve gonadda önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2, deri, karaciğer ve böbrekte ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

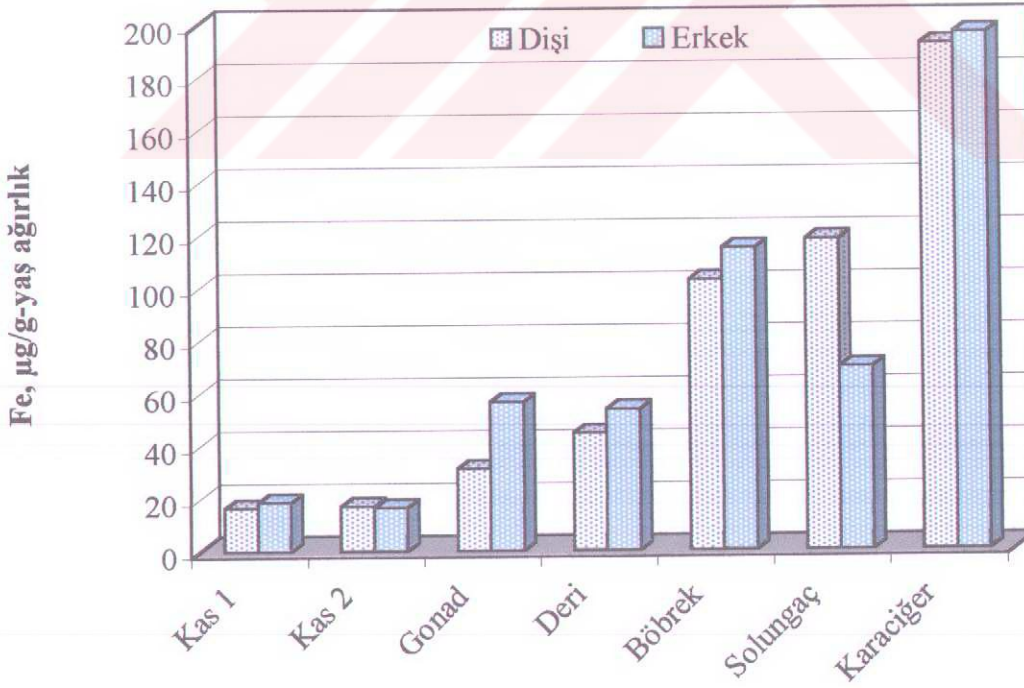
Mn'nin cinsiyete bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.7.3'de verilmiştir. Cinsiyete bağlı olarak Mn birikiminin gonad ve böbrekte önemli olduğu ( $P<0.05$ ), kas 1, kas 2, deri ve karaciğerde ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

Zn'un cinsiyete bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeyi Şekil 4.7.4'de verilmiştir. Cinsiyete bağlı olarak Zn birikiminin kas 1, kas 2, solungaç, gonad ve böbrekte önemli olduğu ( $P<0.05$ ), deri ve karaciğerde ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).

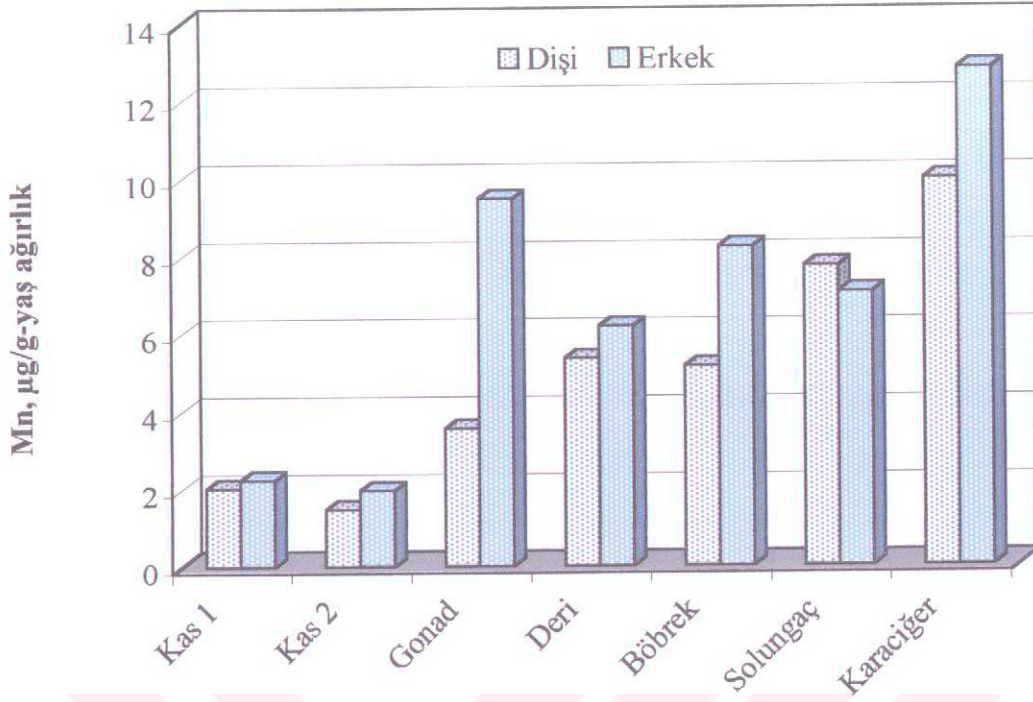
Ayrıca kas 1 ve kas 2'deki Cu, Fe, Mn ve Zn birikimi dişi ve erkek bireylerde ayrı ayrı karşılaştırılmış ve t-testi yapılarak istatistiksel olarak önemli olup olmadığı incelenmiştir. Buna göre dişi bireylerde kas 1 ve kas 2'deki Mn birikiminin önemli olduğu ( $P<0.05$ ), Cu, Fe ve Zn birikiminin ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Aynı şekilde erkek bireylerde kas 1 ve kas 2'deki Cu birikiminin önemli olduğu ( $P<0.05$ ), Fe, Mn ve Zn birikiminin ise önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ).



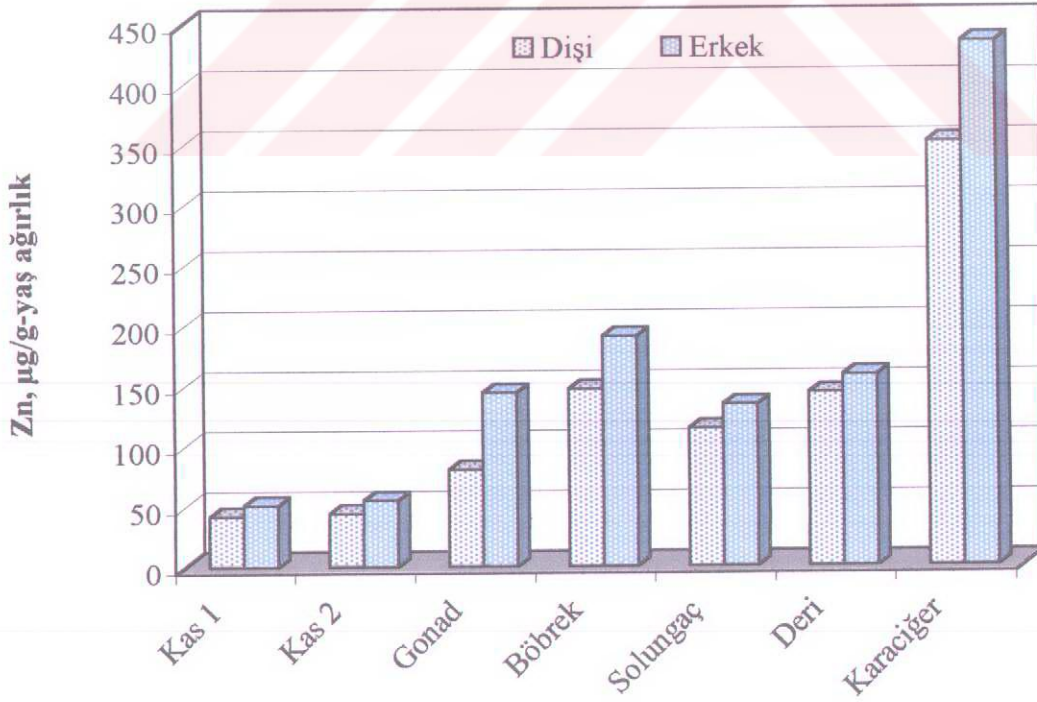
Şekil 4.7.1. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Cu birikimi.



Şekil 4.7.2. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Fe birikimi.



Şekil 4.7.3. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Mn birikimi.



Şekil 4.7.4. Hazar Gölü (Elazığ)'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da cinsiyete bağlı olarak Zn birikimi.

## 5.TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırmada, Hazar Gölü'nden aralık (1999)-kasım (2000) tarihleri arasında yakalanan 200 adet *Capoeta capoeta umbra*'nın kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreğinde; Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca mevsimlere, ağırlık, uzunluk, yaş grupları ve cinsiyete bağlı olarak ağır metallerin birikim düzeyleri ile balığın baş (kas 1) ve kuyruğa (kas 2) yakın bölgelerinden alınan kas dokusundaki ağır metal birikiminin önemli olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Bunun yanı sıra balıkların yakalandığı bölgeye yakın olarak belirlenen istasyondan alınan su numunelerinde Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb elementlerinin konsantrasyonları da belirlenmiştir.

Hazar Gölü'nde belirlenen istasyondan alınan su numunelerinde Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb elementlerinin analizi yapılmış ve bunlardan sadece Cu, Fe, Mn ve Zn tespit edilmiş olup bu elementlerin aylık değişimlerinin birbirine yakın olduğu bulunmuştur. Ayrıca bu ağır metal konsantrasyonları düşük düzeyde olup akuatik canlıların yaşaması için uygundur.

Bugüne kadar yapılan, balıklardaki ağır metal birikim çalışmalarında (Sarıyüpoğlu ve Say, 1991; Kargın ve Erdem, 1991; Kargın ve Erdem, 1992; Ünlü ve Gümgüm, 1993; Ünlü ve diğ., 1994; Ünlü ve diğ., 1995; Öztürk ve diğ., 1995; Ünlü ve diğ., 1996; Şeker ve diğ., 1996; Özkan ve diğ., 1997; Karadede ve diğ., 1997; Karadede ve Ünlü, 1998; Yılmaz, 1998; Çalta ve diğ., 2000) farklı doku ve organlarda farklı birikimlerin olabildiği gösterilmiştir.

Yaptığımız çalışma sırasında Co, Cr, Cd ve Pb konsantrasyonları ölçüm duyarlılığının altında olduğundan hiçbir doku ve organda tespit edilememiştir.

Balıklarda farklı ağır metaller farklı doku ve organlarda farklı oranlarda birikirler (Belinsky ve diğ., 1996; Olsson, 1998: Leatherland ve Woo'dan, 1998) ve belirli bir metalin hangi doku veya organda öncelikle depo edileceği türlere göre değişim göstermektedir (Kargın ve Erdem, 1991). Ağır metaller letal olmayan derişimlerde genellikle balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmektedir (Ünlü ve diğ., 1994). Yaptığımız çalışmada Cu, Fe, Mn ve Zn birikiminin en fazla karaciğerde olduğu tespit edilmiştir. *Cyprinus carpio*'daki Cu birikimi ile ilgili

birikimin karaciğerde olduğu bulunmuştur (Kargin ve Erdem, 1991). Gümgüm ve diğ. (1994), Dicle Nehri'nde yaşayan *Cyprinion macrostomus* ve *Garra rufa*'da bazı ağır metallerin birikimini incelemişler ve Cu, Zn ve Ni birikiminin en fazla karaciğerde, en az kas dokusunda olduğunu ve *Cyprinion macrostomus*'da *Garra rufa*'ya oranla daha fazla birikim olduğunu bulmuşlardır. Kalay ve Erdem (1995), Cu'nun *Tilapia nilotica*'nın karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametreleri üzerine etkilerini araştırmışlar ve incelenen dokulardaki Cu birikim düzeyinin Cu'nun sudaki miktarına ve canlının maruz kalma süresine bağlı olarak arttığını ve karaciğerdeki birikimin diğer organlara oranla daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Yapılan çalışmalarda Zn, Fe ve Mn'in yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu balık karaciğerinde metallothionein denilen bir proteinin bulunduğu görülmüştür. Karaciğerdeki yüksek metal konsantrasyonları bu kısmın metal detoxifikasyon yeri olmasından da kaynaklanmaktadır (Ünlü ve diğ.,1995; Olsson, 1998).

Yaptığımız çalışmada Cu birikiminin doku ve organlardaki sıralaması yaş ağırlık esas alındığında, karaciğer, gonad, böbrek, solungaç, deri, kas 2 ve kas 1 şeklinde olduğu; Fe birikiminin doku ve organlardaki sıralamasının karaciğer, böbrek, solungaç, deri, gonad, kas 2 ve kas 1 şeklinde olduğu; Mn birikiminin doku ve organlardaki sıralamasının karaciğer, solungaç, gonad, böbrek, deri, kas 1 ve kas 2 şeklinde olduğu; Zn birikiminin doku ve organlardaki sıralamasının ise karaciğer, böbrek, deri, solungaç, gonad, kas 2 ve kas 1 şeklinde olduğu bulunmuştur. Birikim gösteren ağır metallere Cu, Fe ve Zn'un karaciğerden sonra en fazla böbreklerde biriktiği bulunmuştur. Organizmalar gereksinim duymadıkları veya gereksinim fazlası olan iz elementleri depolamak veya atmak üzere böbreklerde biriktirmekte ve buna bağlı olarak bu dokuda oldukça yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Kalay ve Erdem, 1995). Karadede ve diğ. (1997) tarafından Atatürk Baraj Gölü'nde yakalanan *Mastacembelus simack* türü üzerinde ağır metal birikimi ile ilgili yapılan çalışmada; Cu, Fe ve Zn'un en fazla karaciğerde biriktiği, Zn'un incelenen doku ve organlardaki birikim sıralamasının gonad, karaciğer, kas, solungaç ve böbrek şeklinde olduğu bulunmuştur. Çalta ve diğ. (2000), Keban Baraj Gölü'nde yakalanan *Capoeta trutta*'da bazı ağır metallerin birikimini incelemişler ve Cu'nun sadece deri ve karaciğerde biriktiğini; Fe'in en fazla karaciğerde biriktiğini bunu sırasıyla böbrek, gonad, deri, solungaç ve kasın izlediğini;

Mn'in en fazla karaciğerde biriktiğini bunu gonad, böbrek, deri, solungaç ve kasın izlediğini; Zn'un ise yine en fazla karaciğerde biriktiğini bunu sırasıyla gonad, böbrek, solungaç, deri ve kasın izlediğini bulmuşlardır.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre kas 1 ve kas 2'de Cu ve Mn birikiminin her iki dokuda da hemen hemen aynı düzeyde olduğu, Cu ve Zn birikiminin kas 2'de kas 1'e göre biraz daha fazla olduğu bulunmuştur.

İncelenen doku ve organlardaki ağır metal birikim oranının solungaçlarda, Zn>Fe>Mn>Cu; deride Zn>Fe>Mn>Cu; gonadda Zn>Fe>Cu>Mn; böbrekte Zn>Fe>Cu>Mn; karaciğerde Zn>Fe>Cu>Mn şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Solungaçlarda en fazla biriken ağır metal Zn olup bunu Fe izlemektedir. Solungaçlardaki yüksek birikim bu organın solunum fonksiyonu, osmotik ve iyonik regülasyon gibi çok sayıda metabolik aktiviteyi yürütmesi sonucu dış çevre ile sürekli temas halinde olmasından kaynaklanmaktadır (Heath, 1995). Öztürk ve diğ. (1995), Altinkaya Barajı'nda yaşayan *Cyprinus carpio*'nun çeşitli organ ve dokularındaki Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Fe ve Mn birikimini incelemişler ve bu ağır metallerin konsantrasyonlarına bağlı olarak sıralamasını, kas dokusunda Zn>Fe>Cu>Mn>Ni>Pb>Cd; kemikte Fe>Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cd; yüzgeçte Zn>Fe>Mn>Cu>Ni>Pb>Cd; hava kesesinde, Zn>Fe>Cu>Mn>Ni>Pb>Cd; karaciğerde, Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Pb>Cd; mide+barsak, Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Pb>Cd; solungaçta, Fe>Zn>Mn>Cu>Pb>Ni>Cd ve yumurtada Fe>Zn>Mn>Cu>Mn>Ni>Pb>Cd şeklinde olduğunu bulmuşlardır. Karadede ve Ünlü (1998), Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinion macrostomus*'un solungaç, karaciğer ve kasında Co, Cd, Cu, Mo, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn birikimini incelemişler ve bu ağır metallerin konsantrasyonlarına bağlı olarak kasta, Zn>Fe>Cu>Mn; solungaçta, Fe>Zn>Cu>Mn; karaciğerde ise Fe>Zn>Cu>Mn şeklinde olduğunu bulmuşlardır

Bu çalışmada ağır metallerin mevsimlere bağlı olarak doku ve organlardaki birikim düzeylerinin farklı olduğu bulunmuştur. Bunun yanı sıra aynı ağır metalin aynı doku ve organdaki birikim düzeyinin de mevsimlere bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Cu birikiminin en fazla sonbaharda karaciğerde, en az yaz mevsiminde kas 1'de olduğu; Fe birikiminin en fazla ilkbaharda karaciğerde, en az ise yazın kas 1 ve kas 2'de olduğu; Mn birikiminin en fazla yazın karaciğerde olduğu, sonbaharda sadece solungaçlarda biriktiği; Zn birikiminin en fazla ilkbaharda böbrekte, en düşük birikimin

yazın kas 1 ve kas 2’de olduğu tespit edilmiştir. Mevsimlere bağlı olarak ağır metallerin doku ve organlardaki birikiminin önemli olup olmadığı varyans analizi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre Cu’ın, solungaç, deri, karaciğer ve gonadda; Fe’in kas 1, kas 2, solungaç, karaciğer ve gonadda; Mn’in kas 1, kas 2, solungaç, deri, gonad ve böbrekte; Zn’un kas 1, kas 2, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbrekte birikiminin önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Organizmalarda ağır metal birikim düzeyi, ortamdaki derişimlerinden yüzlerce kez daha yüksek olmakta ve birikimleri metalin cinsi ve konsantrasyonuna, su kalitesine, canlının türüne, mevsime, yaşa ve beslenme tiplerine göre farklılıklar göstermektedir (Biney ve diğ., 1994; Çalta, 1996; Özkan ve diğ., 1997). Ağır metallerin yüksek sıcaklıklarda daha hızlı absorbe edildiği tahmin edilmektedir. Unicellular alglerde ve polychaet’lerde sıcaklıktaki  $10^{\circ}\text{C}$ ’lik artışın Cu’ın alınma oranını iki katına çıkardığı bulunmuştur (Johnston, 1976). Bununla birlikte, Fowler ve Benayoun (1974),  $8-22^{\circ}\text{C}$ ’de *Mystilis edulis*’da Cd’un absorpsiyonu üzerinde sıcaklığın etkili olmadığını buna rağmen *Lysmata seticaudata*’da yüksek sıcaklıklarda alınma oranında bir artış olduğunu bulmuşlardır (Johnston, 1976). McCoy ve diğ. (1995), yılın farklı zamanlarında yakalanan *Ictalurus punctatus*’un büyüklük ve mevsimlere bağlı olarak karaciğer ve böbreğinde Zn, Cu ve Cd konsantrasyonunu incelemiştir. Mevsimsel farklılıkların sadece balığın büyüklüğündeki değişikliğe bağlı olmadığını, her bir metalin karaciğer ve böbrekteki konsantrasyonunu karşılaştırmışlar ve bütün mevsimlerde Cd’un karaciğerde daha düşük olduğunu, Cu’ın yüksek olduğunu Zn’un ise kışın ve ilkbaharda karaciğerde çok yüksek düzeyde olduğunu bulmuşlardır. Metal konsantrasyonunun, vücut ağırlığı ile Cd’un böbreklerde (bütün mevsimlerde), Cu’ın karaciğerde (yazın), Zn’un karaciğer ve böbrekte (bütün mevsimlerde) birikimi arasındaki korelasyon katsayısının önemli olduğunu bulmuşlardır. Zayed ve diğ. (1994), balıklarda ağır metallerin yaz mevsiminde diğer mevsimlere oranla daha fazla biriktiğini bulmuşlar ve bunun da balığın aktivitesinin yaz mevsiminde artmasına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

İncelenen 200 adet *Capoeta capoeta umbla*, ağırlık, uzunluk ve yaş gruplarına ayrılarak ağır metal birikimi ile ağırlık, uzunluk, yaş ve cinsiyet arasındaki ilişkinin önemli olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre ağırlık gruplarına bağlı olarak incelenen bütün doku ve organlarda Cu birikiminin önemli olmadığı ( $P>0.05$ ); Fe birikiminin sadece karaciğerde; Mn birikiminin solungaç, deri ve

karaciğerde; Zn birikiminin solungaç ve karaciğerde önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Uzunluk gruplarına bağlı olarak Cu birikiminin sadece gonadda; Fe birikiminin solungaç ve deride; Mn birikiminin solungaç ve deride önemli olduğu ( $P<0.05$ ); Zn birikiminin ise incelenen bütün doku ve organlarda önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Bunun yanı sıra aynı uzunluk grubundaki kas 1 ve kas 2'deki ağır metal birikiminin önemli olup olmadığı t-testi yapılarak istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre birinci uzunluk grubunda (100-199 mm) Cu, Fe, Mn ve Zn birikiminin önemli olmadığı ( $P>0.05$ ); ikinci uzunluk grubunda (200-299 mm) sadece Cu birikiminin; üçüncü uzunluk grubunda ( $\geq 300$  mm) ise Fe ve Zn birikiminin önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Doku ve organlardaki ağır metal birikiminin yaş gruplarına bağlı olarak değişiminin önemli olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre yaş gruplarına bağlı olarak, Fe'in solungaçta; Mn'in solungaç, deri ve böbrekte; Zn'un solungaç, karaciğer, gonad ve böbrekte önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Yaş gruplarına bağlı olarak doku ve organlardaki Cu birikiminin önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Ayrıca aynı yaş grubundan alınan kas 1 ve kas 2 örneklerindeki ağır metal birikiminin önemli olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre, III. ve IV. yaş grubunda Cu, Fe, Mn ve Zn birikiminin önemli olmadığı ( $P>0.05$ ); V. yaş grubunda Cu ve Mn birikiminin önemli olduğu ( $P<0.05$ ); VI. ve VII. yaş grubunda ise kas 1 ile kas 2 arasında ağır metal birikim düzeyi açısından önemli bir fark bulunamamıştır ( $P>0.05$ ).

Doku ve organlardaki ağır metal birikiminin cinsiyete bağlı olarak değişiminin önemli olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Buna göre cinsiyete bağlı olarak, Cu'nun gonadda; Fe'in solungaç ve gonadda; Mn'in gonad ve böbrekte, Zn'un kas 1, kas 2, solungaç, gonad ve böbrekteki birikimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Ayrıca kas 1 ve kas 2'deki Cu, Fe, Mn ve Zn birikimi erkek ve dişi bireylerde ayrı ayrı karşılaştırılmış dişi bireylerde kas 1 ve kas 2'de Mn birikiminin, erkek bireylerde Cu birikiminin önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Ziyadah (1999), Mısır Manzalah Gölü'ndeki *Tilapia zillii*'nin kas, solungaç, karaciğer ve gonadında Cu, Zn, Cd, Pb gibi ağır metallerin konsantrasyonlarını incelemiş ve organlardaki ağır metal yüzdeleri ile balık boyu ve cinsiyet arasında bir ilişki belirlemiştir. Dişilerdeki ağır

metal değerlerinin erkeklerdekinden yüksek olduğunu ve ağır metal konsantrasyonlarının küçük boy grubundaki (8-11 cm) balıklarda daha az, orta boy grubundaki (11-13 cm) balıklarda ise daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Gonadlarda metallerin yüksek düzeylerde birikmesi balığın üreme siklusu ile ilgili olabilir (Ünlü ve diğ., 1996).

*Capoeta capoeta umbla*'nın kas dokusundaki ağır metal birikiminin incelenen diğer doku ve organlara göre daha az olduğu bulunmuştur. Ayrıca, balığın gövde bölgesinin ön (kas1) ve arka (kas 2) kısımlarından kas dokusu alınarak ağır metallerin homojen bir birikim gösterip göstermediği incelenmiş, Fe ve Mn birikimi homojen bir dağılım gösterirken Cu ve Zn homojen bir dağılım göstermemiş ve kas 2'de biraz daha fazla biriktiği tespit edilmiştir. Bu nedenle daha sağlıklı sonuç elde etmek için kasta ağır metal analizi yapılırken tüm filetonun analiz edilmesi gerekir. Uysal ve diğ. (1986), tarafından *Cyprinus carpio* türü üzerinde yapılan çalışmada sadece yenebilen kas dokuları ele alınmıştır. Gölcük (Bozdağ-Ödemiş) Gölü'ndeki sazanlarda yapılan bu çalışmada kas dokusunda en yüksek oranda Fe'in bulunduğu ve bunu Zn'un izlediği bulunmuştur. Ağır metal birikim düzeyinin doku ve organların yanı sıra balık türüne bağlı olarak da değiştiği belirlenmiştir (Hornung ve Kress, 1990; Linde ve diğ., 1999). Van-den-Heever ve Frey (1994), *Clarias gariepinus*'un karaciğer, böbrek ve kas dokusunda Cu ve Zn birikimini ve sağlık yönünden bir risk oluşturup oluşturmadığını araştırmışlar, Cu ve Zn'un farklı doku ve organlarda birikiminin farklı olduğunu, karaciğer ve böbrekte kas dokusundan daha fazla biriktiğini bulmuşlardır. Şeker ve diğ. (1998), Hazar Gölü'nde yakalanan *Capoeta capoeta umbla*'nın deri, solungaç ve kas dokusunda Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Cd ve Cr birikimini incelemişler, Fe, Zn, Mn ve Cu birikiminin en fazla solungaçlarda en az ise kas dokusunda olduğunu bulmuşlardır. Sarıyüpoğlu ve Say (1991), Keban Baraj Gölü'nden avlanan *Barbus capito pectoralis*'in deri, kas ve solungacında ağır metal birikimini incelemişler ve aynı şekilde Fe, Cu, Mn ve Zn birikiminin en fazla solungaçlarda, en az kas dokusunda olduğunu bulmuşlardır. Yılmaz (1998), Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta trutta*'da bazı ağır metallerin birikimini incelemiş ve en az birikimin kas dokusunda olduğunu bulmuştur.

Bu çalışmada, insanlar tarafından yenen kasdaki birikim, WHO, FAO ve Tarım Bakanlığı'nın 1991 yılı ve 20884 sayılı Resmi Gazete'de yayınladığı balık ve yumuşakçalar için önerdiği kabul edilebilir ağır metal değerlerinin altında bulunmuştur.

Sonuç olarak yöre halkı tarafından sevilerek tüketilen ve bölge için ekonomik bir öneme sahip olan *Capoeta capoeta umbra*'da halk sağlığı açısından şimdilik toksik limitlerin altında ağır metal birikimi gözlenmiş olup gıda olarak tüketilmesinin insan sağlığı açısından bir tehlike oluşturmadığı söylenebilir.



## KAYNAKLAR

- Anonim, 1991, Türkiye'nin Çevre Sorunları. Türkiye'nin Çevre Sorunları Vakfı Yayını, 4-84.
- Ashraf, M., Tariq, J. and Jaffar, M., 1991, Contents of trace metals in fish, sediment and water from three freshwater reservoirs on the Indus River. Pakistan. Fisheries Research, 12 (4), 355-314.
- Belinsky, D. L., Kuhnlein, H. V., Yeboah, F., Penn, A. F. and Chan, H. M., 1996, Composition of fish consumed by the James Bay Cree. Journal of Food Composition and Analysis, 9, 2, 148-162.
- Biney, C., Amuzu, A. T., Calamari, D., Kaba, N., Mborne, I. L., Naeve, H., Ochumba, P. B. O., Osibanjo, O., Radegonde, V. and Saad, M. A. H., 1994, Review of heavy metals in the African aquatic environment. Ecotoxicology and Environmental Safety, 28, 2, 134-159.
- Çalta, M., 1996, Early development and gill function in freshwater fish. PH.D. Thesis. University of Nottingham. Nottingham, England, 192p.
- Çalta, M., Canpolat, Ö. ve Nacar, A., 2000, Elazığ Keban Baraj Gölü'nde yakalanan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'da bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu, (28-30 Haziran 2000), Erzurum, 799-811.
- Dölek, A., 1998, Endüstriyel Kirlilik ve Ağır Metaller. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Çevre Semineri, (8-12 Haziran 1998), Fethiye, 220-232.
- Evtushenko, N. Y., 1996, Microelements bioaccumulation in organs and tissues of fish of different nutrition type (under conditions of warm-water growing up). Hydrobiol J. 32, 3, 89-100.
- Förstner, U. and Prosi, F., 1979, Heavy metal pollution in freshwater ecosystems. In: O.Ravera (ed), Biological Aspect of Fish Water Pollution, 129-159.
- Förstner, U. and Wittmann, G. T. W. 1983, Metal Pollution in the Aquatic Environments. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 486p.

- Ginneken, L. V., Chowdhury, M. J. and Blust, R., 1999, Ability of cadmium and zinc to the common carp *Cyprinus carpio*, in complexing environments a test for the validity of the free ion activity model. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18, 2295-2304.
- Gümgüm, B., Ünlü, E., Tez, Z. and Gülsün, Z., 1994, Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris River in Turkey. *Chemosphere*, 29(1), 111-116.
- Harnung, H. and Kress, N., 1990, Trace metals in three species of fish of the Mullidae family from the Mediterranean Coast, Israel. *Israel J. Zool.*, 20, 1-39, 244.
- Heath, A. G., 1995, Water pollution and fish physiology. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 359p.
- Jeng, S. S., Wang, J. T. and Sun, L.T., 1999, Zinc and zinc binding substances in the tissues of common carp. *Comparative Biochemistry and Physiology (B)*, 122, 461-468.
- Johnston, R., 1976, Marine Pollution. Academic Press. London, 185-290.
- Kalay, M. ve Erdem, C., 1995, Bakırın *Tilapia nilotica* (L.)'da karaciğer, böbrek, solungaç kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametreleri üzerine etkileri. *Tr. J. of Zoology*, 19, 27-33.
- Karadede, H., Cengiz, E. ve Ünlü, E., 1997, Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Mastacembelus simack* (Walbaum, 1793)'da ağır metal birikiminin incelenmesi. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, (17-19 Eylül 1997), Eğirdir, Isparta, 399-407.
- Karadede, H. ve Ünlü, E., 1998, Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843, (Cyprinidae)'da ağır metal birikiminin incelenmesi. XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi, (7-10 Eylül 1998), Samsun, 181-190.
- Kargın, F. ve Erdem, C., 1991, *Cyprinus carpio*'da bakırın karaciğer, dalak, mide, barsak, solungaç ve kas dokularındaki birikimi. *Tr. J. of Zoology*, 15, 306-314.
- Kargın, F. ve Erdem, C., 1992, Bakır-çinko etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi. *Tr. J. of Zoology*, 16, 343-348.
- Lall, S. P., 1989, The Minerals. In: J. E. Halver., (ed), Fish Nutrition. Academic Press Inc. Sandiago, USA, 219-256.

- Linde, A. R., Sanchez- Galan, S., Klein, D., Garcia-Vazquez, E. and Summer, K. H., 1999, Metallothionein and heavy metals in brown trout (*Salmo trutta*) and european eel (*Anguilla anguilla*): A comparative study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 44, 2, 168-173.
- McCoy, C. P., O'Hara, T. M., Bennett, L. W., Boyle, C. R. and Lynn, B., 1995, Liver and kidney concentrations of zinc, copper, and cadmium in channel catfish (*Ictalurus punctatus*); variations due to size, season and health status. *Toxicol.*, 37, 1, 11-14.
- Moss, B., 1980, *Ecology of Freshwater*. Blackwell Scientific Publications, 332p.
- Olsson, P. E., 1998, Disorders associated with heavy metal pollution. In: J. F. Leatherland and P. T. K. Woo (eds), *Fish Diseases and Disorders*, CABI Publishing, Newyork, USA., 105-131.
- Olsvik, P. A., Gundersen, P., Andersen, R. A. and Zachariassen, K. E., 2000, Metal accumulation and metallothionein in two populations of brown trout, *Salmo trutta*, exposed to different natural water environments during a run-off episode. *Aquatic Toxicology*, 50 (4), 301-316.
- Özkan, F., Göçer, M., Karayakar, F., Koyuncu, E., Dönmez, E. ve Sağlamtimur, B., 1997, Mersin yöresinde ekonomik değere sahip çipura (*Sparus aurata* L., 1758), barbun (*Mullus barbatus* L., 1758) ve kefal (*Mugil cephalus* L., 1758) türlerinde bakır, çinko ve kadmiyum birikimi. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, (17-19 Eylül 1997), Eğirdir, Isparta, 419-425.
- Öztürk, M., Bat, L. ve Öztürk, M., 1995, Altınkaya Barajı'nda (Samsun) yaşayan *Cyprinus carpio* L., 1758 türünün çeşitli organ ve dokularındaki bazı ağır metallerin birikimi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri, (11-13 Eylül 1995), Ankara, 650-667.
- Perry, J. and Vanderklein, E., 1996, *Water quality management of a natural resource*. Blackwell Science, 639p.
- Sareyyüpoğlu, M. ve Say, H., 1991, Elazığ şehir kanalizasyonunun Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü bölgeden yakalanan *Barbus capito pectoralis*'de ağır metal birikimlerinin araştırılması. E. Ü. Su Ürünleri Sempozyum Kitabı, (12-14 Kasım 1991), İzmir, 121-130.

- Şeker, E., Özmen, H. ve Aksoy, Ş., 1998, Elazığ Hazar Gölü'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da ağır metal birikimlerinin araştırılması. F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 10(2), 13-20.
- Şeker, E., Köprücü, K., Ural, M., Gür, F. ve Sarıyüpoğlu, M., 2000, Keban Baraj Gölü'ndeki tatlısu midyesi *Unio elongatulus eucirrus*'da bazı ağır metal birikimi. Ege Üniv. Su Ürünleri Dergisi, İzmir, 16, 3-4., 319-326.
- Timmermans, K. B., Van Hattum, B., Kraak, M. K. S. and Davids, C., 1989, Trace metals in a littoral foodweb: concentrations in organisms, sediment and water. The Science of the Total Environment, 87-88, 477-494.
- Uysal, H., Tunçer, S. ve Yaramaz, Ö., 1986, Gölcük ve Gölarmara Göllerinde yaşayan *C. carpio*, *S. glanis*, *A. anguilla*'da bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi Tebliğleri, İzmir. Cilt:2, 444-453.
- Ünlü, E. and Gümgüm, B., 1993, Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris River in Turkey. Chemosphere, 26(11), 2055-2061.
- Ünlü, E., Pakdemir (Sevim), S. ve Akba, O., 1994, Dicle Nehri'nde yaşayan *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843)'in doku ve organlarında bazı ağır metal birikimlerinin incelenmesi. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, (6-8 Temmuz 1994). Edirne, 327-334.
- Ünlü, E., Cengiz, E. İ., Akba, O. ve Gümgüm, B., 1995, Dicle Nehri'ndeki *Capoeta trutta* Heckel, 1843'da ağır metal birikimi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri, (11-13 Eylül 1995), Ankara, 639-649.
- Ünlü, E., Akba, O., Sevim, S. and Gümgüm, B., 1996, Heavy metal levels in Mullet, *Liza abu* (Heckel, 1843) (Mugilidae) from the Tigris River, Turkey. Fresenius Envir. Bull., 5, 107-112.
- Van-den-Heever, D. J. and Frey, B. J., 1994, Human health aspects of the metals zinc and copper in tissue of the African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*, kept in treated sewage effluent and in the Krugersdrift Dam. Water- S. A., 20, 3, 205-212.
- Vogt, G. and Quintio, E. T., 1994, Accumulation and excretion of metal granules in the prawn, *Penaeus monodon*, exposed to water-borne copper, lead, iron and calcium. Aquatic Toxicology, 28 (3-4), 223-241.

- Yılmaz, A., 1998, Keban Baraj Gölü ova bölgesi balıklarından *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'da ağır metal birikimi.Yük. Lis. Tezi, F. Ü. Fen Bil. Enst, Elazığ, 26 s. (yayınlanmamış).
- Zayed, M. A., Eldien, F. A. A. and Rabie, K. A., 1994, Comparative study of seasonal variation in metal concentrations in River Nile sediment, fish and water by atomic absorption spectrometry. Microchemical Journal, 49, 1, 27-35.
- Zyadah, M. A. 1999, Accumulation of some heavy metals in *Tilapia zillii* organs from Lake Manzalah, Egypt. Tr. J. of Zoology, 23, 365-372.

