



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORTA VE BATI KARADENİZ SULARINDAN YAKALANAN TİCARİ ÖNEME  
SAHİP BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

NATİK DURA

EYLÜL 2014

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı.

Doç. Dr. Kültiğın ÇAVUŞOĞLU

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

\_\_\_\_\_  
Müdür

Bu tezi Yüksek Lisans tezi olarak Biyoloji Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan AKYURT

\_\_\_\_\_  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

\_\_\_\_\_  
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

Yrd. Doç. Dr. Cengiz MUTLU

Yrd. Doç. Dr. Hakan BEKTAŞ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ÖZET

### ORTA VE BATI KARADENİZ SULARINDAN YAKALANAN TİCARİ ÖNEME SAHİP BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

DURA, Natic

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

EYLÜL 2014, 52 sayfa

Bu çalışmada, Orta ve Batı Karadeniz sahil şeridinden yakalanan *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone* ve *Alosa alosa* türlerinin kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni ve Zn) incelenmiştir. Analiz edilen balıklarda ağır metal birikimleri ppm olarak kas dokuda; Cd: 0.05-0.4, Co: 0.007-0.06, Cr: 0.02-0.43, Cu: 0.92-4.13, Fe: 2.0-54.1, Mn: 0.006-1.26, Ni: 0.13-3.74, Pb: 0.25-4.61, Zn: 3.47-32.1, karaciğerde; Cd: 0.06-0.65, Co: 0.03-0.35, Cr: 0.04-0.45, Cu: 2.10-9.13, Fe: 17.4-186, Mn: 0.44-2.51, Ni: 0.43-6.19, Pb: 0.41-5.21, Zn: 10.2-37.9 şeklinde bulunmuştur. Karaciğerdeki ağır metal birikimi kas dokusuna göre daha yüksek bulunmuştur. Balıkların yenilebilir kas dokularındaki hesaplanan düzeyler insan tüketimi için önerilen Tolore Edilebilir Günlük (TGA) ve Haftalık (THA) alımlarla kıyaslandığında bu değerlerin çok altında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla analiz edilen balıklar, bölgeler ve çalışmanın yapıldığı zaman açısından değerlendirildiğinde yenilebilir kas dokudaki düzeylerin insan beslenmesinde metal kirliliği bakımından herhangi bir risk oluşturmadığı söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Orta ve Batı Karadeniz, Ağır metal, Balık, Sağlık, Kas, Karaciğer

## ABSTRACT

### ASSESSMENT OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN ECONOMICALLY IMPORTANT FISH SPECIES FROM MIDDLE AND WESTERN BLACK SEA WATERS

DURA, Natic

Giresun University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

SEPTEMBER 2014, 52 pages

This study examined the heavy metal levels (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni and Zn) in liver and muscle tissues of *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone* ve *Alosa alosa* from Middle and Western Black Sea. The heavy metal levels in tissue of the examined fish were determined as ppm; Cd: 0.05-0.4, Co: 0.007-0.06, Cr: 0.02-0.43, Cu: 0.92-4.13, Fe: 2.0-54.1, Mn: 0.006-1.26, Ni: 0.13-3.74, Pb: 0.25-4.61, Zn: 3.47-32.1 for muscles, Cd: 0.06-0.65, Co: 0.03-0.35, Cr: 0.04-0.45, Cu: 2.10-9.13, Fe: 17.4-186, Mn: 0.44-2.51, Ni: 0.43-6.19, Pb: 0.41-5.21, Zn: 10.2-37.9 for livers. The levels of examined heavy metals were higher in the liver than the muscle tissues. Heavy metal accumulations in the edible muscle tissue of fish were compared with Provisional Tolerable Daily Intakes (PTDI) and Provisional Tolerable Weekly Intakes (PTDWI) values for human consumption, and these values were found to be well below. Consequently, fish samples were evaluated in terms of the time of the study and the region, levels of metal accumulation in edible muscle tissue may not negative influence for human health.

**Keywords:** Middle and Western Black Sea, Heavy metal, Fish, Health, Muscle, Liver

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN'e, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan Biyoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. İhsan AKYURT'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan başta Yrd. Doç. Dr. Cengiz MUTLU olmak üzere Biyoloji Bölümü'ndeki tüm hocalarıma, çalıőmalarım esnasında bilgilerinden yararlandığım Dr. Tamer AKKAN'a, laboratuvar çalıőmalarında yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Aydın AKAYDIN'a teşekkür ederim.

Okul hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme ve Nazife Ebru YILDIZ'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
TABLOLAR DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VI
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Ağır Metaller.....	2
1.2 Önceki Çalışmalar.....	6
2. MATERYAL METOT.....	14
2.1 Çalışma Alanı.....	14
2.2 Materyal.....	15
2.3 Metot.....	16
2.4 İstatistiksel Hesaplamalar.....	17
3. BULGULAR.....	18
3.1 Kas Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri.....	18
3.2 Karaciğer Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri.....	22
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	26
4.1 Sonuç.....	33
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	43
EK-I.....	44

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1 Ağır metal iyonlarının insan sağlığına etkileri.....	3
Tablo 1.2 Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri.....	4
Tablo 1.3 Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri.....	5
Tablo 1.4 Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri.....	5
Tablo 2.1 ICP- MS' de ağır metallerin okunduğu dalga boyları.....	16
Tablo 2.2 Standart referans materyal (SRM, DORM-4)'in sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları.....	17
Tablo 3.1 İstasyonlardan örneklenen balık türlerinin boy ve ağırlık değerleri.....	18
Tablo 3.2 Balık örneklerinin kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı.....	21
Tablo 3.3 Balık örneklerinin karaciğer dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı.....	25
Tablo 4.1 Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması.....	28
Tablo 4.2 Karaciğer dokusunda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması.....	31
Tablo 4.3 Örneklerin kas dokuları kullanılarak hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması.....	32

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Çalışma Alanı.....	16
Şekil 3.1 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri.....	44
Şekil 3.2 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri.....	44
Şekil 3.3 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri.....	44
Şekil 3.4 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri.....	45
Şekil 3.5 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri.....	45
Şekil 3.6 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri.....	45
Şekil 3.7 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri.....	46
Şekil 3.8 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri.....	46
Şekil 3.9 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri.....	46
Şekil 3.10 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri.....	47
Şekil 3.11 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri.....	47
Şekil 3.12 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri.....	47
Şekil 3.13 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri.....	48
Şekil 3.14 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri.....	48
Şekil 3.15 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri.....	48
Şekil 3.16 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri.....	49
Şekil 3.17 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri.....	49
Şekil 3.18 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri.....	49
Şekil 3.19 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri.....	50
Şekil 3.20 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri.....	50
Şekil 3.21 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri.....	50
Şekil 3.22 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri.....	51
Şekil 3.23 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri.....	51
Şekil 3.24 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri.....	51
Şekil 3.25 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri.....	52
Şekil 3.26 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri.....	52
Şekil 3.27 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri.....	52



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

l	Litre
$\mu\text{g}$	Mikrogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
nm	Nanometre
kg	Kilogram
ppb	Milyarda Bir Oran
ppm	Milyonda Bir Oran
nm	nanometre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
Hg	Civa
As	Arsenik
HCl	Hidroklorik Asit
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
N	Normalite
n	Örnek Sayısı
M	Molarite

## 1.GİRİŞ

Günümüzde ekolojik dengeyi tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir. Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artışıındaki hızlanmaya bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek daha ciddi bir hal almıştır [1,2]. Çevre kirliliği denildiğinde hava, su ve toprak kirlenmesi akla gelir. Toprakta ve havadaki kirleticiler de sonunda su ortamına ulaşır ve su kirliliğine sebep olur. Çünkü toprağa ve havaya bırakılan kirleticiler buldukları bölgede kalmaz. Kirleticiler yağmur, sel gibi yollarla yer üstü ve yer altı sularına karışarak su ortamının kirlenmesine yol açar [3,4].

Su kirliliği, günümüz çevre sorunlarının en önemlilerinden birini oluşturur [5]. Su kaynaklarının gittikçe kirlenmesi ve tükenmesi ekonomik, ekolojik ve sosyolojik bakımdan ciddi sorunların çıkmasına neden olmuştur. Bunlar genel olarak, besin maddesi üretimin azalması, sucul ekosistemlerde ekolojik dengenin bozulması, sosyal ve politik istikrarın sarsılması ve hastalıkların artması olarak sıralanabilir [6,7]. Doğal dengeyi bozan kirletici unsurlar; organik maddeler, ağır metaller, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak sıralanabilir [2,8-10]. Bu kirleticilerden özellikle endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içerisinde bulunan ağır metaller, deşarj edildikleri ortamda uzun süre kalabilmeleri, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirmeleri ve besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını tehdit etmeleri nedeniyle büyük önem taşırlar [3,11]. Sucul ortamdaki besin zincirinin uç halkasını balıklar oluşturur [12]. Ağır metaller, planktonlar ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara geçer. Balıklar da insan beslenmesinde önemli bir protein kaynağıdır. Bu nedenle sucul ortamlarda artan ağır metal kirliliğinin balıklara ne derecede akümüle olduğunun araştırılması hem balık biyolojisi hem de insan sağlığı açısından önemli bir konudur [3,13,14].

Diğer denizlerde olduğu gibi Karadeniz’de de evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar kirliliğin başlıca kaynağını oluşturmaktadırlar. Bu atıkların içerdiği ağır metaller de çeşitli yollardan, özellikle nehirler ve dereler yoluyla Karadeniz’e ulaşmakta ve burada yaşayan canlılar tarafından değişik miktarlarda alınmaktadır.

Karadeniz'in fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri de Ege ve Akdeniz'e göre oldukça farklıdır [15,16]. Bir yandan İstanbul Boğaz'ından giren alt akıntı, gerek Akdeniz'den gerekse Marmara Denizi'nden bazı kirleticileri bu denize taşımaktadır. Diğer yandan ülkemizden Sakarya Nehri ve bazı çaylar (Filyos Çayı) ile özellikle batı ve kuzey batıdan Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirleri vasıtasıyla önemli miktarda kirletici de Batı Karadeniz'e ulaşmaktadır. Ayrıca Orta Karadeniz bölgesinde yer alan Kızılırmak ve Yeşilirmak'ta Karadeniz için en önemli kirletici taşıyan nehirlerdendir. Pek çok büyük ve küçük ölçekli fabrika (gıda, plastik, sigara, gübre, tekstil, pestisit) bu bölgede yer almaktadır. Bu fabrikaların çoğu bir arıtma ünitesine sahip olmayıp bölgede kirlilik problemi yaratmaktadırlar. Batı Karadeniz bölgesinde iki önemli demir ve çelik fabrikası bulunurken Doğu Karadeniz bölgesinde ise fındık üretimi, un fabrikası, balık yağı fabrikaları ve meyve suyu fabrikaları bölgenin önemli endüstri kaynaklarını oluşturmaktadır [17]. Bu kaynakların oluşturacağı kirlilik etkilerinin denizlerde hangi türlerde ne oranda birikim yaptığı ise yeterince bilinmemektedir [18].

Bu çalışmanın amacı, ülkemizin balıkçılık faaliyetleri açısından önemli denizlerinden biri olan Karadeniz'de yaşayan ekonomik öneme sahip bazı balık türlerinde ağır metal birikiminin ve bu birikimin insan sağlığına uygunluğunun belirlenmesidir.

### **1.1 Ağır Metaller**

Metaller içerisinde yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır. Ağır metallere örnek olarak Cu, Fe, Zn, Pb, Hg, Co, Mn, Cr, Se, Ni ve Cd sayılabilir [19]. Doğada bulunan bu elementler belli bir doza kadar canlı yaşamı için gereklidir. Ağır metallere bir kısmı iz elementler veya eser elementler olarak da adlandırılabilirler. Ağır metallerin deniz suyundaki konsantrasyonları  $1 \text{ ppm}$ 'den düşüktür. Ancak doğal kaynaklardan; jeolojik ve volkanik faaliyetler, erozyon, yangınlar veya insan faaliyetleri sonucunda; maden arama, işleme, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar ile derişimleri artar [20,21]. Metallerin büyük bir bölümü canlılarda birikim yapar. Birikim sonucu canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara hatta ölümlere sebep olabilirler [20,22,23]. Bazı ağır metaller canlı organizmalar için esansiyel oldukları halde yüksek konsantrasyonda toksiktirler. Bunlar bakır (Cu), krom ( $\text{Cr}^{+3}$  formu), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel

(Ni)'dir. Bununla birlikte kadmiyum (Cd), krom (Cr<sup>+6</sup> formu), cıva (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller canlılar için esansiyel olmayıp, eser miktarları bile toksik etki gösterebilir [24].

İnsanların bazı kimyasal maddelere ve özellikle ağır metallere maruz kalmaları halinde ortaya çıkan halk sağlığı problemleri her geçen gün daha da artmaktadır. Cu, Hg, Pb, Cr, Cd, Co gibi ağır metaller toksik metallerdir. Organizmalar, bu maddelerin çok az bulunduğu doğal ortamlarda gelişimlerini sürdürdüklerinden dolayı, bunların toksik etkilerini ortadan kaldıracak bir mekanizmaya sahip değildirlir [25].

**Tablo 1.1** Ağır metal iyonlarının insan sağlığına etkileri [26]

Lityum (Li)	Nörolojik yan etkiler, yorgunluk, kas güçsüzlüğü, konsantrasyon güçlüğü, entelektüel yetersizliğe sebep olabilir.
Kurşun (Pb)	Diş eti mavileşmesi, kansızlık, kas kilitlenmesi, inme, akıl bozukluğu, beyin kanaması, sinir sistemi hastalıklarına sebep olabilir.
Bakır (Cu)	Karın ağrısı, kusma, kanama, bitkinlik, kansızlık, sarılık, soluma zorluğu ve akyuvar çoğalmasına sebep olabilir.
Kadmiyum (Cd)	Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemoglobin düzeyleri, prostat rahatsızlıklarına sebep olabilir.
Demir (Fe)	Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir toksitesine rastlanır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar ortaya çıkar.
Arsenik (As)	Arsenik solunum, sindirim ve deri yoluyla alınır. Saç, tırnak, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojen etkiye sahiptir.
Kobalt (Co)	Kobalt toksikliği çok nadir görülen bir olaydır. Kobalt düzeyinin 3000 katı kobalt konsantrasyonlarında ortaya çıkar.
Çinko (Zn)	Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, mide tahrişi, peptik ülserler ve çeşitli karaciğer etkileri çinkonun kötü etkileridir.
Krom (Cr)	Deri lezyonları, ülser, kanser, sindirim yaraları, solunum yolları zedelenmesine sebep olabilir.
Nikel (Ni)	Aşırı dozları kansere sebep olabilir.
Magnezyum (Mg)	Eksikliğinde kabızlık, kaslarda kramplar ve kasılmalar görülebilir.

Ağır metaller, doğal sularda eser miktarda bulunurken, insan faaliyetleri sonucu sulardaki konsantrasyonları artmaktadır. Yapılan araştırmalar, selenyum, demir, mangan, kobalt gibi elementlerin yer kabuğundan doğal olarak suya karıştıklarını, magnezyum, kalsiyum, potasyumun deniz suyunun doğal bileşiminde olup, hava ortamına deniz suyundan geçtiklerini, buna karşılık çinko, bakır,

kadmiyum, cıva, antimon, arsenik, gümüş, krom ve kurşun gibi toksik etkisi yüksek elementlerin insan faaliyetleri sonucu alıcı ortamlara ulaştıklarını göstermektedir [27]. Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu 7600 ton kadmiyum, 18800 ton arsenik, 3600 ton cıva, 332000 ton kurşun atmosfere atılmakta olup insan faaliyetleri sonucu atmosfere doğal atılımın 19 katı selenyum, 8 katı kadmiyum, 6 katı cıva, kurşun, kalay, 3 katı arsenik, nikel ve krom bırakılmaktadır [28].

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın Su Ürünleri Yönetmeliği'ne göre sucul ortamdaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri Tablo 1.2'de verilmiştir.

**Tablo 1.2** Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri [29]

Ağır metalin adı	Kabul edilebilir değer (mg/l)
As	0.1
Cu	0.01
Hg	0.004
Zn	0.003
Fe	0.7
Ag	0.003
Cd	0.01
Co	1.0
Pb	0.1
Cr	0.1
Mn	1.0
Ni	0.3
Se	0.05
Sn	1.2

Ağır metallerin çevreye yayılımında en önemli etkenlerden biri endüstriyel faaliyetlerdir. Tablo 1.3'de temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmektedir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitki ve sulara ulaşarak insan ve hayvanlar üzerinde olumsuz etki yaparlar. Ayrıca ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan da toprak ve suya geçmesiyle besin zincirine girerek insanlara zarar verirler [28].

**Tablo 1.3** Temel endüstrilerden atılan bazı ağır metal türleri [28]

ENDÜSTRİ	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
<b>Kağıt</b>	-	+	+	+	+	+	-	-
<b>Petrokimya</b>	+	+	-	+	+	-	+	+
<b>Klor-Alkali Üretimi</b>	+	+	-	+	+	-	+	+
<b>Gübre Sanayi</b>	+	+	+	+	+	+	-	+
<b>Demir-Çelik Sanayi</b>	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Enerji Üretimi (Termik)</b>	+	+	+	+	+	+	+	+

Balıklarda ağır metaller subletal dozlarda yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, çeşitli fiziki etkilerle besin almaya karşı duyarsızlık, operkulum hareketlerinde artış gibi çeşitli davranış değişikliklerine neden olurken, metal konsantrasyonunun artması ile davranışlarda gözlenen değişimler ortadan kalkar. Davranışlarda görülen değişimler, etkide kalma süresine bağlı düzelmenin balığın ortama katılan kirletici ajana karşı tepkisinden ve değişen ortam şartlarına alışmasından kaynaklanabilir [30,31].

Ağır metaller solunum yollarına çeşitli şekillerde etki ederler. Bu etkiler, solungaçların operküllerinin ağır metal ile dolarak kan dolaşımını yavaşlatması ve kalpte sıkışma meydana getirmesinden kaynaklanabilir [32]. Kurşun, cıva, bakır, çinko gibi ağır metaller suda çok az bulunurlar. Bunların hepsi sucul hayvanlar için toksiktir ve çoğu 1 ppm sınırında öldürücüdür. Çünkü ağır metaller solungaçlar üzerine çökerler ve solungaçların salgıladığı salgıyı pıhtılaştırarak oksijen alınmasını zorlaştırırlar [33].

**Tablo 1.4** Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri [29]

Ağır metalin adı	Kabul edilebilir değer (mg/kg)
Cd	0.1
Cu	20.0
Hg	0.5
Zn	50.0
As	1.0
Pb	1.0

## 1.2 Önceki Çalışmalar

Uysal ve arkadaşları (1986), Ege Denizi kıyılarında yenilebilir organizmalara ait, farklı ortamları temsil eden 3 pelajik balık türü ve 3 yumusakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Hg metal düzeylerini belirlemişlerdir. *Sardina pilchardus* türündeki metal birikimlerinin *Scomber scomber* ve *Trachurus trachurus* türlerine oranla daha yüksek seviyelerde olduğunu, yine bu türün diğer türlere oranla kirlenmiş bölge şartlarına daha kolay uyum sağladığını belirtmişlerdir [34].

Uysal ve arkadaşları (1989), Ege denizi kıyılarında 8 balık ve 9 yumusakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd ve Hg iz element düzeylerini çalışmışlardır. İz element düzeyleri molluska türlerinde, özellikle pelajik balık türlerine oranla daha yüksek düzeylerde olduğunu belirtmişlerdir [35].

Ünsal ve arkadaşları (1992) yaptıkları araştırmada, Orta ve Doğu Karadeniz’de ekonomik önemi olan deniz balıklarından hamsi, istavrit ve mezgit, omurgasız türünden midye ve fitoplankton türlerinde Hg, Cu ve Pb konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Analiz edilen organizmalarda Cu konsantrasyonlarının Doğu Karadeniz’in doğu kısmında batısına göre arttığı, Cu’ın aksine Pb konsantrasyonlarının batı kısmında daha fazla olduğu, Hg konsantrasyonlarının ise bazı istisnalar dışında tüm Doğu Karadeniz’de eşit dağıldıklarını bildirmişlerdir [36].

Bat ve arkadaşları (1996), Karadeniz’in ticari öneme sahip balıklarından *Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus euxinus*, *Trachurus trachurus* ve *Engraulis encrasicolus* türünde 7 iz element konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Balıkların karaciğer dokusunda kasa göre daha yüksek metal biriktiğini tespit etmişlerdir. *Merlangius merlangus euxinus*’un Pb dışında dokularındaki metal seviyesinin tüm balıklardan daha yüksek seviyede olduğunu ve balıkların tüketilmeden önce karaciğer dokusunun fazla bulaştırılmadan çıkarılması ve iyi bir şekilde yıkanması gerektiğini belirtmişlerdir [37].

Bat ve arkadaşları (1998) yaptıkları bir çalışmada, Karadeniz bölgesinde halk tarafından sıkça tüketilen zargana (*Belone belone*), lüfer (*Pomatomus saltator*), sahil yengeci (*Carcinus aestuarii*) türlerinde iz element konsantrasyonlarının seviyelerini tespit ederek halk sağlığı açısından risk taşıyıp taşımadıklarını belirlemişlerdir. *Carcinus aestuarii* türünün geniş bir coğrafik dağılıma sahip olması, toplanmasının

kolay olması nedeniyle çevresel kirliliğin belirlenmesinde biyomonitör tür olduğunu ifade etmişlerdir [38].

Ünsal ve arkadaşlarının (1998) yaptıkları çalışmada, Karadeniz'deki iz element kirliliğinin kaynaklarını araştırmışlardır. Sediment ve midye örneklerinden elde edilen sonuçlara göre; Doğu Karadeniz'e Hg, Cu, Cd, Pb ve Zn'nun en çok bakır işletmelerinin atıklarının denize döküldüğü Hopa'da ve Giresun-Tirebolu Harşit Çayı'nın denize ulaştığı noktadan girdiğini ve bunu Sinop Merkez Sanayi Bölgesi'nin izlediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca Kızılırmak, Yeşilirmak ve Giresun-Bulancak Pazarsuyu yoluyla da önemli miktarda Cu ve Pb'un Doğu Karadeniz'e ulaştığını belirtmişlerdir. Batı Karadeniz'deki metal kirliliğinin en yüksek Şile'de gözlemlendiğini ve bunu Sakarya Nehri'nin denize döküldüğü alanın olduğunu belirtmişlerdir. Şile'deki bu kirlilik kaynağının Tuna Nehri ile Batı Karadeniz'e ulaşan ve akıntılar yoluyla doğuya doğru hareket eden kirleticilerin büyük rol oynadığını belirtmişlerdir [39].

Sunlu ve Egemen (1998), 1990-1992 yılları arasında Homa Dalyanı ve Ege Denizi'nin farklı bölgelerinden toplanan 4 balık türünde bazı iz element konsantrasyonlarını çalışmışlardır. Doku ve organların içermiş oldukları iz element düzeylerine göre karaciğer > solungaç > kas şeklinde sıralandığını, balık türlerindeki iz elementlerin birikim düzeylerinin bölgelere, doku ve organlara bağlı olarak değişebileceğini saptamışlardır [40].

Kocahan (1999) yaptığı araştırmada, Marmara Denizi'ndeki 30 istasyondan yakalanan demersal balıklardan berlam, mezgıt, öksüz, barbun, kırlangıç, benekli hani ve krustaselerden karidesin yumuşak dokusunda Hg, Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe değerlerini araştırmıştır. Balıkların beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak, beslenmesini sedimana yakın yerlerden sağlayan türlerin yumuşak dokularındaki metal miktarının daha fazla olduğunu saptamıştır. Balık boylarına bağlı olarak, berlam, mezgıt ve karides örneklerinde Hg'nın, hani ve barbun örneklerinde Cd değerinin boy ile artış gösterdiği, berlam örneklerinde Cu miktarının, mezgıt örneklerinde Zn ve Fe miktarının, benekli ve kırlangıç örneklerinde ise Fe miktarının boya bağlı olarak azaldığını belirtmişlerdir [41].

Topçuoğlu ve arkadaşlarının (2002) yaptıkları çalışmada Karadeniz kıyılarındaki farklı istasyonlardan deniz salyangozu, midye, balık ve sediment örnekleri toplayarak bunların ağır metal konsantrasyonlarını belirlemişlerdir.



Sonuçlara göre Türk Karadeniz kıyılarının ağır metal kirliliği ile karşı karşıya olduğunu belirtmişlerdir [42].

Tüzen (2003)'in yapmış olduğu çalışmada, Orta Karadeniz bölgesinde yakalanan balık örneklerindeki bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik yapılan bir başka çalışmada araştırmacılar ağır metal düzeylerini µg/g olarak (kuru ağırlık) *Trachurus trachurus*'da Cd: 0.47, Cu: 1.52, Fe: 32.40, Mn: 3.76, Pb: 0.85, Zn: 12.05; *Engraulis encrasicolus*'da Cd: 0.20, Cu: 1.94, Fe: 10.45, Mn: 1.96, Pb: 0.38, Zn: 17.38; *Sarda sarda*'da Cd: 0.09, Cu: 1.28, Fe: 9.52, Mn: 1.06, Pb: 0.22, Zn: 11.20, *Alosa caspia*'da Cd: 0.35, Cu: 2.93, Fe: 16.08, Mn: 1.57, Pb: 0.52, Zn: 20.41; *Clupea sprattus*'da Cd: 0.30, Cu: 1.79, Fe: 25.48, Mn: 2.82, Pb: 0.74, Zn: 9.50 saptayarak bu balıklardaki ağır metal birikiminin normal değerler arasında olduğunu belirtmişlerdir [43].

Göksu ve arkadaşlarının (2003) yapmış oldukları çalışmada Seyhan Baraj Gölü'nden alınan *Cyprinus carpio* ve *Stizostedion lucioperca* balıklarında kas dokusundaki Cd, Fe ve Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen değerlere göre, Zn ve Cd birikimi kabul edilebilir limit değerlerin üstünde olduğunu belirtmişlerdir [44].

Özan ve arkadaşlarının (2004) yapmış oldukları çalışmada Kovada Gölü'nde yaşayan *Tinca tinca* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cu, Fe, Zn, Mn, Cr, Pb ve Cd, ağır metallerinin birikimini araştırmışlardır. Elde edilen veriler ışığında *Tinca tinca* balığının dokularındaki Mn birikimi standartların üstünde olduğunu belirtmişlerdir [45].

Erdoğan ve arkadaşlarının (2005) yapmış oldukları çalışmada Sır ve Menzelet Baraj Göllerinden alınan *Leuciscus cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Acanthobrama marmid* balıklarının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cd ve Cu ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre Cd bakımından Sır Baraj Gölü'nün, Cu bakımından ise Menzelet Baraj Gölü'nün daha kirli olduğu ancak bu kirliliğin insan sağlığını tehdit edecek düzeyde olmadığını belirtmişlerdir [46].

Tepe ve arkadaşları (2008) yaptıkları çalışmada Türkiye denizlerindeki ağır metal birikimlerini değerlendirmişlerdir. Karadeniz bölümündeki ağır metal kirliliğini incelemek amacıyla; Bartın, Sinop ve Trabzon illeri olmak üzere üç istasyon belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu illerin çevresinden toplanan 11 farklı

balık türünün (*Scomber scombrus*, *Trachurus trachurus*, *Belone belone*, *Engraulis encrasicolus*, *Mugil soiu*, *Scomber japonicus*, *Pomatomus saltarix mediterraneus*, *Mullus barbatus*, *Merlangus merlangus*, *Gaidropsarus vulgaris*) kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerinin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) ulusal ve uluslararası referans değerler aralığında olduğunu belirtmişlerdir [47].

Uluözlü ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları çalışmada, Karadeniz ve Ege Denizi'nden alınan balık örneklerindeki ağır metal düzeyleri Cu:0.73-1.83 µg/g, Cd: 0.45-0.90 µg/g, Pb:0.33-0.93 µg/g, Zn: 35.4-106 µg/g, Fe: 1.28-7.40 µg/g, Cr: 0.95-1.98 µg/g, Ni: 1.92-5.68 µg/g, Mn: 68.6-163 µg/g olarak bildirmişlerdir. Yapılan analiz sonucunda balık örneklerindeki kurşun ve kadmiyum düzeyleri insan tüketimi için kabul edilebilir limitlerden daha yüksek seviyelerde olduğunu belirtmişlerdir [48].

Akgün ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları çalışmada Sakarya Nehri Çeltik Çayı'nda yaşayan *Leuciscus cephalus* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Zn, Cd, Pb ve Cu'nun ağır metallerinin birikim düzeylerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre *Leuciscus cephalus* balığının dokularındaki Zn, Cd ve Pb düzeylerinin kabul edilebilir limit değerlerin üstünde, Cu'nun ise kabul edilebilir limit değerlerin altında olduğunu belirtmişlerdir [49].

Uysal ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları çalışmada Kütahya DPÜ Göleti'nden alınan *Cyprinus carpio* balığının kas, deri ve solungaç dokularındaki Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen değerlere göre, *Cyprinus carpio* balığının kas ve solungaç dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığını tehdit edecek düzeyde olmadığını belirtmişlerdir [50].

Türkmen ve arkadaşları (2008) yaptıkları çalışmada Marmara, Ege, Akdeniz denizlerindeki 12 balık türünün kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerini incelemişlerdir. İncelenen tüm doku örneklerinde en yüksek düzeyde Fe, ikinci en yüksek düzeyde bulunan ağır metal ise Zn olarak bildirilmiştir. Karaciğerdeki ağır metal konsantrasyonları kaslara oranla daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. İncelenen türlerin karaciğerlerinde Pb düzeyleri, tespit edilen Cd ve Cr konsantrasyonları insan sağlığı açısından izin verilen güvenlik düzeylerinden daha yüksek seviyelerde bulunduğunu belirtmişlerdir [51].

Türkmen ve arkadaşları (2008) Türkiye denizlerinde yaptıkları bir diğer çalışmada bu denizlerden yakalanan iki balık türü *Engraulis encrasicolus* L., 1758 ve *Spicara smaris* L., 1758'in kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal seviyelerini belirlemişlerdir. Yapılan analizler neticesinde numunelerde tespit edilen ağır metal konsantrasyonları TKB ve FAO'nun belirlediği sınır değerlerin içerisinde bulunmuştur [52].

Tepe ve arkadaşları (2008) Türkiye denizlerinden toplanan balık örneklerinin kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal seviyelerini araştırmışlardır. Karaciğerde bütün metaller en yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. Analizler sonucunda balık tüketiminin insan sağlığı için olumsuz bir etki oluşturmayacağı belirtilmiştir [53].

Tekin-Özan ve arkadaşlarının (2008) yapmış oldukları çalışmada Beyşehir Gölü'nden 2 yıl boyunca 4 mevsim olarak alınan *Cyprinus carpio* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *Cyprinus carpio* balığının dokularındaki ağır metal birikimi gelecek yıllarda insan sağlığı açısından tehlikeli boyutlara ulaşacağı öngörülmüştür [54].

Fidan ve arkadaşlarının (2008) yapmış oldukları çalışmada Eber Gölü'nden 4 mevsim alınan *Carassius carassius* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Pb, Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *Carassius carassius* balığının dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olmadığını belirtmişlerdir [55].

Öztürk ve arkadaşlarının (2008) yapmış oldukları çalışmada Demirköprü Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* balığının kas, karaciğer, solungaç, hava kesesi, kalp ve bağırsak dokularındaki Cd, Cr, Cu, Fe, Ni ve Pb ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre *Cyprinus carpio* balığının dokularındaki Cd, Cr, Ni ve Pb birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olduğunu belirtmişlerdir [56].

Tekin-Özan (2008)'in yapmış olduğu çalışmada Beyşehir Gölü'nden 2 yıl boyunca 4 mevsim alınan *Tinca tinca* balığının kas, karaciğer, solungaç dokularındaki Cu, Fe, Zn ve Mn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *Tinca tinca* balığının dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığı için tehlikeli olmadığını belirtmişlerdir [57].

Öztürk ve arkadaşlarının (2008) yapmış oldukları çalışmada Avşar Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* balığının kas, karaciğer, solungaç, hava kesesi, kalp ve bağırsak dokularındaki Cd, Cr, Cu, Fe, Ni ve Pb ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre *Cyprinus carpio* balığının dokularındaki Cd, Cr, Ni ve Pb birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olduğunu belirtmişlerdir [58].

Türkmen ve arkadaşları (2009) yaptıkları çalışmada Ege ve Akdeniz denizlerindeki 12 balık türünün kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerini değerlendirmişlerdir. Kaslarda belirlenen metal düzeyleri karaciğerlere oranla daha düşük değerlerde olduğu rapor edilmiştir. Analiz sonucunda incelenen türlerin yenilebilir kısımları da insan sağlığını tehdit edecek bir durumun olmadığını belirtmişlerdir [59].

Tüzen (2009) yapmış olduğu çalışmada Karadeniz'de yakalanan bazı balık örneklerinde ağır metallerin konsantrasyonlarını araştırmıştır. Araştırma sonucunda ağır metal düzeylerini  $\mu\text{g/g}$  olarak (kuru ağırlık) *Trachurus trachurus*'da Cd: 0.32, Cr: 1.74, Cu: 0.65, Fe: 145, Mn: 7.21, Ni: 1.50, Pb: 0.82, Zn: 52.7; *Engraulis encrasicolus*'da Cd: 0.27, Cr: 1.12, Cu: 1.96, Fe: 75.7, Mn: 9.10, Ni: 3.60, Pb: 0.30, Zn: 38.8; *Sarda sarda*'da Cd: 0.13, Cr: 0.68, Cu: 1.43, Fe: 68.5, Mn: 4.72, Ni: 2.70, Pb: 0.61, Zn: 64.9; *Merlangius merlangus*'da Cd: 0.21, Cr: 0.86, Cu: 1.32, Fe: 98.1, Mn: 7.63, Ni: 1.14, Pb: 0.53, Zn: 65.4; *Mullus barbatus*'da Cd: 0.17, Cr: 1.35, Cu: 0.96, Fe: 53.2, Mn: 8.18, Ni: 1.55, Pb: 0.36, Zn: 75.5 olarak tespit etmiştir. Analizi yapılan balık örneklerinde Pb ve Cd düzeylerinin ise insan tüketimi için önerilen yasal limitlerden daha yüksek seviyelerde olduğunu belirtmişlerdir [60].

Daş ve arkadaşları (2009) Samsun ve Sinop kıyılarından toplanan bazı deniz organizmalarındaki ağır metal birikim düzeylerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda incelenen örneklerde Pb birikimi normal seviyelerde; Cd birikimi deniz salyangozu, dere pisisi ve midyede normal sınırların üstünde diğer örneklerde (kalkan, barbunya, mezgit) normal sınırlarda, Hg birikimi de sadece kalkanda izin verilen sınır değerlerin üstünde bulunmuştur. Ayrıca As tüm örneklerde tespit edilmiştir [61].

Akbulut ve arkadaşlarının (2009) yapmış oldukları çalışmada Kızılırmak Nehri'nden alınan *Capoeta tinca*, *Capoeta capoeta* ve *Leuciscus cephalus* balıklarında kas ve solungaç dokularında Co, Cr, Cu, Pb ve Zn ağır metallerinin

birikimi değerlendirilmiştir. Elden edilen verilere göre, kasta Zn>Cu>Pb>Cr>Co, solungaçta Zn>Pb>Cu>Cr>Co şeklinde bulunmuştur [62].

Nisbet ve arkadaşlarının (2010) yapmış oldukları çalışmada Orta Karadeniz bölgesinde yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri µg/g olarak (kuru ağırlık) *Trachurus trachurus*'da Cd: 0.012, Cu: 1.79, Fe: 21.17, Mn: 10.72, Ni: 4.68, Pb: 0.60, Zn: 27.70; *Engraulis encrasicolus*'da Cd: 0.035, Cu: 2.73, Fe: 26.06, Mn: 3.93, Ni: 3.12, Pb: 0.70, Zn: 26.25; *Sarda sarda*'da Cd: 0.025, Cu: 1.74, Fe: 25.96, Mn: 3.53, Ni: 3.04, Pb: 0.90, Zn: 19.55; *Merlangius merlangus*'da Cd: 0.002, Cu: 3.72, Fe: 28.84, Mn: 6.92, Ni: 3.78, Pb: 0.58, Zn: 31.34; *Mullus barbatus*'da Cd: 0.020, Cu: 3.14, Fe: 29.17, Mn: 6.96, Ni: 2.47, Pb: 0.92, Zn: 23.71; *Alosa caspia*'da Cd: 0.022, Cu: 2.62, Fe: 33.78, Mn: 2.50, Ni: 1.60, Pb: 0.86, Zn: 30.87; *Pomatomus saltatrix*'da Cd: 0.025, Cu: 2.86, Fe: 23.81, Mn: 5.14, Ni: 1.91, Pb: 1.26, Zn: 25.51 tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre balık örneklerinin ağır metal seviyeleri izin verilen değerlerde bulunmuştur fakat Pb seviyesinin izin verilen değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir [63].

Durali ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmada Karadeniz'de yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri µg/g olarak *Trachurus trachurus*'da Cd: 0.22, Cr: 0.95, Cu: 2.4, Fe: 36.4, Mn: 1.3, Pb: 0.64, Zn: 25.7; *Merlangius merlangus*'da Cd: 0.18, Cr: 0.82, Cu: 1.8, Fe: 27.7, Mn: 3.6, Pb: 0.46, Zn: 27.7; *Sarda sarda*'da Cd: 0.35, Cr: 0.64, Cu: 1.9, Fe: 25.5, Mn: 2.0, Pb: 0.28, Zn: 21.0; *Mullus barbatus*'da Cd: 0.23, Cr: 0.99, Cu: 1.4, Fe: 41.4, Mn: 2.5, Pb: 0.40, Zn: 17.8 tespit edilmiştir. Analizi yapılan balık türleri beslenme ve toksik olarak insan tüketimi için uygun bulunmuştur ancak balık örneklerindeki Pb ve Cd düzeyleri kabul edilebilir değerlerden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir [64].

Aygün ve arkadaşları (2011) yapmış oldukları çalışmada Orta Karadeniz'de (Samsun) 2009 ve 2010 yıllarında yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda 2009 yılında ağır metal düzeyleri µg/g olarak *Engraulis encrasicolus*'da Cd: 0.2, Cu: 3.7, Fe: 34.0, Mn: 2.0, Pb: 0.4, Zn: 129.3; *Merlangius merlangus*'da Cd: 0.2, Cu: 2.3, Fe: 9.9, Mn: 4.3, Pb: 0.9, Zn: 221.0, 2010 yılında ağır metal düzeyleri µg/g olarak

*Engraulis encrasicolus*'da Cu: 3.8, Fe: 51.5, Mn: 4.2, Zn: 221.0; *Merlangius merlangus*'da Cu: 2.7, Fe: 7.0, Mn: 3.0, Zn: 28.3 olarak tespit edilmiştir [65].

Bat ve arkadaşları (2012) yapmış oldukları çalışmada Karadeniz'in Sinop kıyılarından yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri µg/g olarak (yaş ağırlık) *Trachurus mediterraneus*'da Cd: 0.043, Cu: 2.22, Pb: 0.17, Zn: 17.89; *Mullus surmelutus*'da Cd: 0.025, Cu: 3.78, Pb: 0.05, Zn: 10.41; *Sprattus sprattus*'da Cd: 0.05, Cu: 5.72, Pb: 0.24, Zn: 38.34; *Mugil cephalus*'da Cd: 0.02, Cu: 2.86, Pb: 0.09, Zn: 30.88 tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ağır metal düzeyleri Tarım, Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı (MAFF), Türk Gıda Kodeksi Tebliği, Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne belirlenen gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitlerinden daha düşük düzeylerde olduğunu belirtmişlerdir [66].

Ural ve arkadaşlarının (2012) yapmış oldukları çalışmada Uzunçayır Baraj Gölü'nden 6 istasyondan alınan *Capoeta umbla* balığının kas, karaciğer, solungaç, böbrek ve kalp dokularındaki Cd, Cu, Fe, Pb, Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *Capoeta umbla* balığının dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olduğunu belirtmişlerdir [67].

Kır ve arkadaşlarının (2012) yapmış oldukları çalışmada Karacaören-II Baraj Gölü'nden 4 mevsim olarak alınan *Cyprinus carpio* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, Hg ve Cd ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre metallerin *Cyprinus carpio* balığının karaciğer ve solungaçta kas dokusuna göre daha fazla biriktiğini belirtmişlerdir [68].

## 2. MATERYAL METOT

### 2.1 Çalışma Alanı

Karadeniz, Avrupa ve Asya Kıtaları'nın birbirine yaklaştığı bir bölgede, 40° 55' ve 46° 32' kuzey enlemleriyle, 27° 27' ve 41° 42' doğu boylamları arasında yer alan kısmen kapalı bir iç denizdir. Güneyden İstanbul Boğazı ile Marmara Denizi'ne, Kuzeyden Kerch Boğazı ile Azak Denizi'ne bağlı olan Karadeniz'in maksimum derinliği 2200 m'dir. Yüzey alanı 432.488 km<sup>2</sup> ve su hacmi 537.000 km<sup>3</sup>'tür. Kuzey Batı Karadeniz dışında sığ bölge alanları oldukça azdır. Karadeniz, Akdeniz ve Ege Denizi'ne göre çok az sayıda körfez ve koya sahiptir. Kuzeybatı kıyıları hariç dik yapılı sıra dağlarla çevrili kıyıları ile karakterize edilir [69].

Karadeniz'e dökülen pek çok ırmak vardır. Bunların en büyük beşi: Dinyeper, Dinyester, Don Irmağı, Kuban Irmağı, Doğu ve Orta Avrupa'yı kapsayan Tuna Nehri'dir. Karadeniz'e nehirler yoluyla yıllık tatlı su girişi 400 km<sup>3</sup> tür. Bunun en önemli kısmının Tuna Nehri (200 km<sup>3</sup>) sağlamaktadır. Anadolu kıyılarından Karadeniz'e en fazla su boşaltımı Sakarya, Kızılırmak ve Yeşilirmak'tan olup her birinin yıllık olarak taşıdığı su miktarı 6 km<sup>3</sup> civarındadır. Karadeniz Havzası bol yağış alan bir havzadır. Yağış miktarı batıdan doğuya doğru artış gösterir ve 2500 mm'ye ulaşır [70]. Su seviyesinin yüksek ve tuzluluk oranının düşük olması nedeniyle Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru bir üst akıntı bulunmaktadır. Marmara Denizi'nden de Karadeniz'e doğru alt akıntı bulunur.

Karadeniz'in fiziksel parametreleri mevsimsel olarak farklılık gösterir. Bu farklılık daha çok yüzey sularında görülür. Sıcaklık değişimlerinin en fazla olduğu katman atmosferik direkt etkileşim halinde olan mevsimsel termoklin tabakasının üzerinde kalan yüzeye en yakın su kütesidir. Ortalama olarak 100 m'nin altındaki suların sıcaklığının sabit kalmasına rağmen yüzeyde yaklaşık 50-60 m kalınlığındaki su kütesinin sıcaklığı mevsimlere bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Tuzluluk genel olarak 50 m'lik tabakada %18-18.5 iken 60-150 m derinliklerde hızlı bir değişim olmakta ve ortalama olarak 150 m derinde %21'e ulaşmakta ve daha alt seviyelerde %22.2-22.4 değere ulaşmaktadır [70].

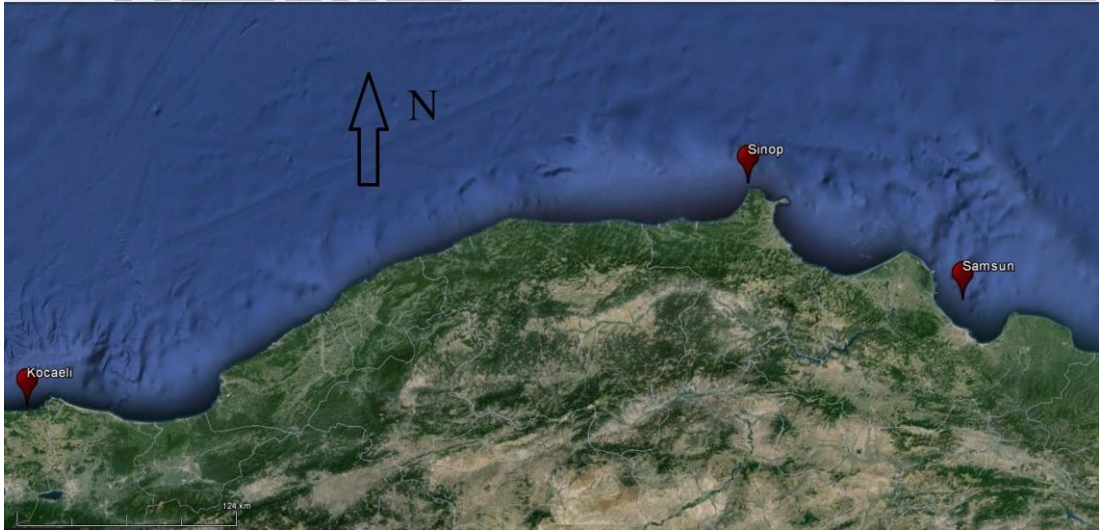
Karadeniz havzası oldukça karmaşık bir dip topografyasına sahiptir. Yaklaşık 2000 m derinliğe sahip abissial zon toplam havzanın %60'ını oluşturur. Derinliği 200 m'yi geçmeyen ve toplam alanın yaklaşık %25'ini oluşturan kıta

sahanlığı oldukça dardır. Kıta sahanlığı kıyıya paralel olarak yaklaşık 20 km genişliğinde oldukça değişimler gösterir [70].

Karadeniz sahip olduğu ekolojik yapı nedeniyle 150-200 m'den sonraki derinliklerde anoksik özellikler gösterir. Bu derinliklerde hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) gazının varlığı ve oksijenin hızla azalması biyolojik verimliliği sınırlamaktadır. Bu nedenle, Karadeniz'in zengin besleyici özelliğine karşın, özellikle bentik organizmaları, tür çeşitliliği yönünden oldukça fakirdir [71].

Türkiye balık üretiminde önemli bir paya sahip olan Karadeniz'de kirlenmeden kaynaklanan geniş çapta ekolojik değişikliklerin olması, deniz ürünlerindeki verimliliğin azalmasına neden olmuştur [70].

Örnekleme istasyonları Karadeniz'in Orta ve Batı Karadeniz Bölümü sahil şeridindeki en önemli yerleşim yerlerinden Samsun (41°17'25"N 36°20'01"E), Sinop (42°01'14"N 35°12'28"E) ve Kocaeli (41°04'41"N 30°50'31"E) olarak seçilmiştir. Bu istasyonlardan ve insanlar tarafından bolca tüketilen balık örneklerindeki ağır metal kirlilik düzeylerini belirlemek ve bu metal kirliliğinin halk sağlığında oluşturabileceği olumsuz etkileri belirlemek için bu istasyonlar seçilmiştir.



Şekil 2.1 Çalışma Alanı

## 2.2 Materyal

Araştırmada incelenen balık türleri *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone* ve *Alosa alosa*'dır. Balık örnekleri Aralık 2012 – Mayıs 2013 tarihleri



arasında Karadeniz'in Orta ve Batı Karadeniz Bölümü sahil şeridinde belirlenen üç istasyondan ticari balıkçı tekneleri yardımıyla toplanmıştır.

### 2.3 Metot

Belirlenen istasyonlardan, bölgedeki balıkçıların yardımlarıyla elde edilen her türe ait balık örnekleri, buz korumalı kaplar yardımıyla laboratuvara getirilmiştir. İstasyonlara ve türlere göre tasnif edilip her örnekten yaklaşık 0.5'er gr kas ve karaciğer alınmıştır (yeterli ağırlıkta karaciğer dokusu temin edilemeyen türlerde birleştirme yöntemi uygulanmıştır). Daha sonra örnekler distile su ile yıkanmış, polietilen kaplarda kimyasal analiz yapılana kadar -18 °C'de saklanmıştır. Dondurulmuş doku örnekleri oda sıcaklığında bekletildikten sonra mikser ile parçalanarak homojenize edilmiştir. Dokuların metal kontaminasyonuna maruz kalmamaları için laboratuvar ekipmanları kullanılmadan önce 48 saat süre ile 2 M HNO<sub>3</sub>'e batırılmıştır. Bu ekipmanlar de iyonize su ile beş kez durulandıktan sonra beş kez daha damıtılmış su ile durulanmıştır ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Tüm doku örnekleri 100 ml'lik teflon beherlere aktarıldı. Daha sonra 10 mL ultra saf konsantre nitrik asit örnekler üzerine yavaş yavaş ilave edildi. Saat camı ile üstü kapatılmış teflon beherler 3 saat süreyle sıcak bir plaka üzerinde 200 °C'de çözelti tortu haline gelinceye kadar yavaşça ısıtıldı. 2 ml 1 N HNO<sub>3</sub> tortu üzerine ilave edildi ve bu çözelti, sıcak plaka üzerinde tekrar buharlaştırıldı. Teflon beherler soğutulduktan sonra, 2.5 ml 1 N HNO<sub>3</sub> sindirilmiş artığa eklenmiş ve bu çözelti volümetrik şişelere transfer edilerek de iyonize su ile 50 ml seviyesine kadar seyreltilmiştir. Analizinden önce numuneler 0.45 µm nitroselüloz zar filtre yardımıyla filtre edilmiştir. Analize hazır hale getirilen numuneler ICP-MS cihazı kullanılarak Tablo 2.1'de verilen dalga boylarında analiz edilmiştir. Metal konsantrasyonları ppm yağ ağırlık olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmada "DORM-4" adlı iz elementler için köpek balığı dokusu ölçümlerinden elde edilen referans materyal kullanılmıştır. DORM-4 için sertifika edilen değerlerle analiz sonucu elde edilen değerler Tablo 2.2'de verilmiştir. Ekstraksiyon işlemleri Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarlarında, analizler ise Giresun Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

**Tablo 2.1** ICP- MS'de ağır metallerin okunduğu dalga boyları [72]

	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>Dalga Boyu (nm)</b>	228.8	238.9	267.7	324.8	259.9	257.6	231.6	220.4	213.9

**Tablo 2.2** Standart referans materyal (SRM, DORM-4)'in sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (ppm, kuru ağırlık ort±st. sapma)

Ağır Metal	SRM-DORM-4 Konsantrasyonları	
	Sertifika Edilen	Analiz Edilen (n: 10)
Kadmiyum (Cd)	0.306 ±0.015	0.278 ±0.024
Bakır (Cu)	15.9 ±0.9	16.6 ±0.75
Krom (Cr)	1.87 ±0.16	2.11 ±0.17
Nikel (Ni)	1.36 ±0.22	1.26 ±0.11
Kurşun (Pb)	0.416 ±0.053	0.479 ±0.08
Çinko (Zn)	52.2 ±3.2	53.3 ±2.29

#### 2.4 İstatistiksel Hesaplamalar

İstasyonlar arasındaki farklılıklar Varyans analizi, Tek yönlü ANOVA, yapılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik program kullanılarak yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

Bu çalışma, Samsun, Sinop ve Kocaeli illerinin sahil şeridinden yakalanan ticari değere sahip balıklarla yapılmıştır. Bu istasyonlarda *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone* ve *Alosa alosa* türlerinden örnekleme yapılmıştır. Türlerin ortalama boy ve ağırlıkları Tablo 3.1’de verilmiştir. İstasyonlara göre kas ve karaciğer dokusundaki ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması Ek-1’de verilmiştir (Şekil 3.1-3.27).

**Tablo 3.1** İstasyonlardan örneklenen balık türlerinin boy ve ağırlık değerleri (ortalama  $\pm$  standart hata)

TÜR	n	TOTAL BOY	AĞIRLIK
<i>Mullus barbatus</i>	22	13.6 $\pm$ 2.67	29.7 $\pm$ 15.6
<i>Pomatomus saltatrix</i>	30	17.3 $\pm$ 0.25	54.3 $\pm$ 6.68
<i>Engraulis encrasicolus</i>	150	12.6 $\pm$ 0.61	9.70 $\pm$ 0.48
<i>Trachurus trachurus</i>	32	14.9 $\pm$ 1.43	27.3 $\pm$ 8.26
<i>Merlangius merlangus</i>	28	16.2 $\pm$ 2.94	33.2 $\pm$ 17.1
<i>Sarda sarda</i>	15	36.8 $\pm$ 2.89	550 $\pm$ 146
<i>Belone belone</i>	21	35.5 $\pm$ 1.66	155 $\pm$ 31.22
<i>Alosa alosa</i>	5	37.1 $\pm$ 2.53	52.6 $\pm$ 25.1

#### 3.1 Kas Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri

Kas dokusundaki ortalama ağır metal birikim düzeyleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre kas dokusunda metal birikim düzeyleri sırasıyla Fe > Zn > Cu > Pb > Ni > Mn > Cr > Cd > Co şeklinde bulunmuştur.

Samsun istasyonundan toplanan örneklerin kas dokusundaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *T. trachurus* (0.26 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde tespit edilmiştir (0.02 ppm). Mn; en yüksek *E. encrasicolus* (0.51 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde tespit edilmiştir (0.08 ppm). Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (54 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (2.0 ppm). Co; en yüksek *S. sarda* türünde (0.06

ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.007 ppm). Ni; en yüksek *A. alosa* türünde (3.74 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.14 ppm). Cu; en yüksek *S. sarda* türünde (2.97 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde tespit edilmiştir (1.11 ppm). Zn; en yüksek *S. sarda* türünde (32.1 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde tespit edilmiştir (3.62 ppm). Cd; en yüksek *M. barbatus* türünde (0.20 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.05 ppm). Pb; en yüksek *B. belone* türünde (4.31 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.35 ppm).

Sinop istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokusundaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *B. belone* (0.43 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.16 ppm). Mn; en yüksek *B. belone* (1.26 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.07 ppm). Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (52.5 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (2.1 ppm). Co; en yüksek *T. trachurus* türünde (0.05 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.02 ppm). Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (2.89 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.13 ppm). Cu; en yüksek *S. sarda* türünde (4.13 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.92 ppm). Zn; en yüksek *B. belone* türünde (19.5 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (3.47 ppm). Cd; en yüksek *B. belone* türünde (0.40 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.07 ppm). Pb; en yüksek *B. belone* türünde (4.61 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.29 ppm).

Kocaeli istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokusundaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *P. saltatrix* (0.37 ppm), en düşük ise *M. barbatus* ve *M. merlangus* türlerinde tespit edilmiştir (0.03 ppm). Mn; en yüksek *E. encrasicolus* (0.30 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.06 ppm). Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (54.0 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (10.4 ppm). Co; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.05 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (0.01 ppm). Ni; en yüksek *T. trachurus* türünde (2.92 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.33 ppm). Cu; en yüksek *S. sarda* türünde (3.46 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (1.40 ppm). Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (11.5 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit

edilmiştir (3.99 ppm). Cd; en yüksek *P. saltatrix* türünde (0.14 ppm), en düşük ise *M. merlangus* ve *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.06 ppm). Pb; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (4.58 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.25 ppm).

Cr; en yüksek Sinop'tan toplanan *B. belone* (0.43 ppm), en düşük ise Samsun'dan toplanan *B. belone* türünde tespit edilmiştir (0.02 ppm). Mn; en yüksek Sinop'tan toplanan *B. belone* türünde (1.26 ppm), en düşük ise Kocaeli'den toplanan *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.06 ppm). Fe; en yüksek Samsun'dan toplanan *E. encrasicolus* türünde (54.1 ppm), en düşük ise aynı istasyondan toplanan *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (2.0 ppm). Co; en yüksek Samsun'dan toplanan *S. sarda* türünde (0.06 ppm), en düşük ise aynı istasyondan toplanan *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.007 ppm). Ni; en yüksek Samsun'dan toplanan *A. alosa* türünde (3.74 ppm), en düşük ise Sinop'tan toplanan *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.13 ppm). Cu; en yüksek Sinop'tan toplanan *S. sarda* türünde (4.13 ppm), en düşük ise aynı istasyondan toplanan *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.92 ppm). Zn; en yüksek Samsun'dan toplanan *S. sarda* türünde (32.1 ppm), en düşük ise Sinop'tan toplanan *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (3.47 ppm). Cd; en yüksek Sinop'tan toplanan *B. belone* türünde (0.40 ppm), en düşük ise Samsun'dan toplanan *S. sarda* türünde ve Sinop'tan toplanan *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.05 ppm). Pb; en yüksek Sinop'tan toplanan *B. belone* türünde (4.61 ppm), en düşük ise Kocaeli'den toplanan *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.25 ppm) ( Tablo 3.2).

Analiz edilen değerler incelendiğinde türler ve istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

**Tablo 3.2** Balık örneklerinin kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı (ppm)

IST	TÜR	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Samsun	MB	0.21 ±0.05 <sup>cdef</sup>	0.19 ±0.04 <sup>ab</sup>	24.9 ±6.83 <sup>cde</sup>	<u>0.007 ±0.002<sup>a</sup></u>	2.21 ±0.44 <sup>de</sup>	1.27 ±0.19 <sup>ab</sup>	4.95 ±0.60 <sup>ab</sup>	0.20 ±0.11 <sup>ab</sup>	1.76 ±0.40 <sup>ab</sup>
	PS	0.18 ±0.05 <sup>bcd</sup>	0.15 ±0.04 <sup>a</sup>	30.6 ±7.42 <sup>def</sup>	0.04 ±0.009 <sup>fgh</sup>	2.45 ±0.36 <sup>de</sup>	1.73 ±0.11 <sup>bcd</sup>	6.83 ±0.28 <sup>ab</sup>	0.19 ±0.06 <sup>ab</sup>	1.14 ±0.28 <sup>a</sup>
	EE	0.15 ±0.03 <sup>abcde</sup>	0.51 ±0.07 <sup>bc</sup>	<b>54.1 ±0.12<sup>g</sup></b>	0.04 ±0.003 <sup>cdefg</sup>	0.14 ±0.05 <sup>a</sup>	2.04 ±0.11 <sup>cdef</sup>	17.6 ±1.00 <sup>cd</sup>	0.06 ±0.01 <sup>a</sup>	4.07 ±0.70 <sup>cd</sup>
	TT	0.26 ±0.02 <sup>defg</sup>	0.35 ±0.18 <sup>ab</sup>	<u>2.0 ±0.12<sup>a</sup></u>	0.04 ±0.002 <sup>efgh</sup>	0.22 ±0.05 <sup>a</sup>	2.11 ±0.25 <sup>def</sup>	6.90 ±0.41 <sup>ab</sup>	0.11 ±0.04 <sup>ab</sup>	1.02 ±0.34 <sup>a</sup>
	MM	0.04 ±0.01 <sup>ab</sup>	0.14 ±0.01 <sup>a</sup>	17.7 ±5.40 <sup>abcd</sup>	0.02 ±0.002 <sup>abc</sup>	3.05 ±0.32 <sup>efg</sup>	1.28 ±0.09 <sup>ab</sup>	5.04 ±0.58 <sup>ab</sup>	0.06 ±0.02 <sup>ab</sup>	1.41 ±0.23 <sup>a</sup>
	SS	0.23 ±0.02 <sup>cdef</sup>	0.13 ±0.02 <sup>a</sup>	39.6 ±4.35 <sup>efg</sup>	<b>0.06 ±0.005<sup>h</sup></b>	1.24 ±0.09 <sup>bc</sup>	2.97 ±0.18 <sup>gh</sup>	<b>32.1 ±10.2<sup>e</sup></b>	<u>0.05 ±0.01<sup>a</sup></u>	0.35 ±0.07 <sup>a</sup>
	BB	0.02 ±0.005 <sup>a</sup>	0.08 ±0.006 <sup>a</sup>	13.1 ±1.80 <sup>abc</sup>	0.02 ±0.001 <sup>bcd</sup>	3.53 ±0.25 <sup>fg</sup>	1.11 ±0.05 <sup>ab</sup>	7.46 ±1.09 <sup>ab</sup>	0.08 ±0.03 <sup>ab</sup>	4.31 ±0.17 <sup>cd</sup>
AA	0.11 ±0.01 <sup>abcd</sup>	0.17 ±0.02 <sup>a</sup>	16.6 ±9.29 <sup>abcd</sup>	0.03 ±0.001 <sup>bcd</sup>	<b>3.74 ±0.08<sup>g</sup></b>	1.28 ±0.15 <sup>ab</sup>	3.62 ±0.15 <sup>a</sup>	0.12 ±0.03 <sup>ab</sup>	0.98 ±0.21 <sup>a</sup>	
Sinop	MB	0.40 ±0.07 <sup>gh</sup>	0.32 ±0.06 <sup>ab</sup>	2.1 ±0.41 <sup>a</sup>	0.02 ±0.003 <sup>bcd</sup>	0.21 ±0.04 <sup>a</sup>	2.38 ±0.12 <sup>efg</sup>	9.49 ±0.38 <sup>ab</sup>	0.07 ±0.02 <sup>ab</sup>	2.94 ±0.81 <sup>bc</sup>
	PS	0.36 ±0.10 <sup>fgh</sup>	<u>0.07 ±0.01<sup>a</sup></u>	20.7 ±5.37 <sup>bcd</sup>	0.03 ±0.001 <sup>bcd</sup>	1.61 ±0.74 <sup>cd</sup>	1.47 ±0.27 <sup>abcd</sup>	5.66 ±0.56 <sup>ab</sup>	0.25 ±0.08 <sup>bc</sup>	0.78 ±0.18 <sup>a</sup>
	EE	0.16 ±0.03 <sup>abcde</sup>	0.77 ±0.08 <sup>c</sup>	52.5 ±0.74 <sup>g</sup>	0.03 ±0.03 <sup>bcd</sup>	<u>0.13 ±0.04<sup>a</sup></u>	2.08 ±0.27 <sup>cdef</sup>	11.4 ±1.71 <sup>bc</sup>	0.19 ±0.17 <sup>ab</sup>	2.98 ±0.63 <sup>bc</sup>
	TT	0.28 ±0.05 <sup>efgh</sup>	0.22 ±0.07 <sup>ab</sup>	2.88 ±2.02 <sup>a</sup>	0.05 ±0.007 <sup>gh</sup>	0.34 ±0.18 <sup>ab</sup>	2.23 ±0.40 <sup>ef</sup>	11.5 ±1.97 <sup>bc</sup>	0.13 ±0.05 <sup>ab</sup>	1.50 ±0.30 <sup>a</sup>
	MM	0.18 ±0.05 <sup>abcde</sup>	0.08 ±0.01 <sup>a</sup>	8.34 ±1.88 <sup>ab</sup>	0.03 ±0.003 <sup>cdefg</sup>	0.80 ±0.17 <sup>abc</sup>	<u>0.92 ±0.08<sup>a</sup></u>	<u>3.47 ±0.27<sup>a</sup></u>	<u>0.05 ±0.003<sup>a</sup></u>	0.63 ±0.06 <sup>a</sup>
	SS	0.36 ±0.04 <sup>fgh</sup>	0.34 ±0.15 <sup>ab</sup>	37.2 ±8.95 <sup>ef</sup>	0.03 ±0.003 <sup>bcd</sup>	2.89 ±0.73 <sup>efg</sup>	<b>4.13 ±0.42<sup>1</sup></b>	7.29 ±2.51 <sup>ab</sup>	0.13 ±0.03 <sup>ab</sup>	0.29 ±0.04 <sup>a</sup>
	BB	<b>0.43 ±0.05<sup>h</sup></b>	<b>1.26 ±0.28<sup>d</sup></b>	7.50 ±1.68 <sup>ab</sup>	0.03 ±0.014 <sup>bcd</sup>	0.42 ±0.18 <sup>ab</sup>	3.13 ±0.18 <sup>h</sup>	19.5 ±0.46 <sup>d</sup>	<b>0.40 ±0.11<sup>c</sup></b>	<b>4.61 ±0.41<sup>d</sup></b>
Kocaeli	MB	<u>0.03 ±0.01<sup>ab</sup></u>	0.11 ±0.007 <sup>a</sup>	10.4 ±3.89 <sup>abc</sup>	0.02 ±0.003 <sup>abcd</sup>	2.85 ±0.06 <sup>efg</sup>	1.40 ±0.12 <sup>abc</sup>	5.71 ±0.88 <sup>ab</sup>	0.06 ±0.005 <sup>a</sup>	0.88 ±0.12 <sup>a</sup>
	PS	0.37 ±0.13 <sup>fgh</sup>	0.06 ±0.006 <sup>a</sup>	24.7 ±6.79 <sup>cde</sup>	0.04 ±0.001 <sup>defg</sup>	0.40 ±0.05 <sup>ab</sup>	1.48 ±0.13 <sup>abcd</sup>	6.02 ±0.86 <sup>ab</sup>	0.14 ±0.04 <sup>ab</sup>	0.49 ±0.05 <sup>a</sup>
	EE	0.12 ±0.05 <sup>abcde</sup>	0.30 ±0.04 <sup>ab</sup>	54.0 ±0.14 <sup>g</sup>	0.05 ±0.003 <sup>efgh</sup>	0.33 ±0.19 <sup>ab</sup>	2.44 ±0.23 <sup>fg</sup>	11.5 ±0.67 <sup>bc</sup>	0.08 ±0.06 <sup>ab</sup>	4.58 ±0.54 <sup>d</sup>
	TT	0.07 ±0.03 <sup>abc</sup>	0.27 ±0.05 <sup>ab</sup>	39.5 ±6.70 <sup>efg</sup>	0.01 ±0.002 <sup>ab</sup>	2.92 ±0.35 <sup>efg</sup>	1.51 ±0.24 <sup>abcd</sup>	5.70 ±0.83 <sup>ab</sup>	0.11 ±0.03 <sup>ab</sup>	3.63 ±0.74 <sup>cd</sup>
	MM	<u>0.03 ±0.01<sup>ab</sup></u>	0.15 ±0.04 <sup>a</sup>	16.4 ±1.78 <sup>abcd</sup>	0.02 ±0.002 <sup>abc</sup>	2.52 ±0.17 <sup>de</sup>	1.46 ±0.18 <sup>abcd</sup>	3.99 ±0.50 <sup>a</sup>	0.06 ±0.01 <sup>a</sup>	0.69 ±0.12 <sup>a</sup>
	SS	0.34 ±0.03 <sup>fgh</sup>	0.27 ±0.13 <sup>ab</sup>	43.1 ±1.34 <sup>fg</sup>	0.04 ±0.003 <sup>cdefg</sup>	2.44 ±0.04 <sup>de</sup>	3.46 ±0.21 <sup>h</sup>	5.26 ±1.07 <sup>ab</sup>	0.11 ±0.02 <sup>ab</sup>	<u>0.25 ±0.06<sup>a</sup></u>
	BB	0.08 ±0.06 <sup>abc</sup>	0.19 ±0.05 <sup>ab</sup>	20.2 ±4.67 <sup>bcd</sup>	0.04 ±0.006 <sup>cdefg</sup>	2.72 ±0.68 <sup>ef</sup>	2.31 ±0.23 <sup>ef</sup>	9.59 ±1.13 <sup>ab</sup>	0.08 ±0.004 <sup>ab</sup>	1.04 ±0.36 <sup>a</sup>
*		0.20 ±0.01	0.28 ±0.03	22.9 ±1.69	0.03 ±0.001	1.72 ±0.12	1.95 ±0.08	8.79 ±0.66	0.12 ±0.01	1.90 ±0.15

MB: *Mullus barbatus* PS: *Pomatomus saltatrix* EE: *Engraulis encrasicolus* TT: *Trachurus trachurus* MM: *Merlangius merlangus* SS: *Sarda sarda* BB: *Belone belone* AA: *Alosa alosa*

\*Genel ortalama

\*\*Dikey olarak farklı harflerle gösterilen düzeyler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir (p< 0.05)

\*\*\*Altı çizili olan değerler minimum, **kalin** yazılmış olan değerler maksimum değeri göstermektedir

### 3.2 Karaciğer Dokusundaki Ağır Metal Düzeyleri

Karaciğer dokusundaki ortalama ağır metal birikim düzeyleri Tablo 3.3'de verilmiştir. Tablo 3.3'e göre kas dokusunda metal birikim düzeyleri sırasıyla Fe> Zn> Cu> Ni > Pb> Mn> Cr> Cd > Co şeklinde bulunmuştur.

Samsun istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokusundaki ağır metal birikimleri Tablo 3.3'de verilmiştir. Tablo 3.3'e göre Cr; en yüksek *M. barbatus* (0.38 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde tespit edilmiştir (0.11 ppm). Mn; en yüksek *S. sarda* (1.61 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde tespit edilmiştir (0.46 ppm). Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (120 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (52.1 ppm). Co; en yüksek *M. barbatus* türünde (0.35 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.04 ppm). Ni; en yüksek *M. merlangus* türünde (6.19 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.92 ppm). Cu; en yüksek *T. trachurus* türünde (4.94 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde tespit edilmiştir (2.10 ppm). Zn; en yüksek *S. sarda* türünde (34.1 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (10.2 ppm). Cd; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.65 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.07 ppm). Pb; en yüksek *B. belone* türünde (4.60 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (1.39 ppm).

Sinop istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokusundaki ağır metal birikimleri Tablo 3.3'de verilmiştir. Tablo 3.3'e göre Cr; en yüksek *B. belone* (0.45 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.21 ppm). Mn; en yüksek *B. belone* (2.51 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.59 ppm). Fe; en yüksek *M. merlangus* türünde (114 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (17.4 ppm). Co; en yüksek *M. barbatus* türünde (0.34 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde tespit edilmiştir (0.03 ppm). Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (3.43 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.94 ppm). Cu; en yüksek *B. belone* türünde (5.06 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (2.86 ppm). Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (27.6 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (14.1 ppm). Cd; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.58 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.07 ppm). Pb; en yüksek *B. belone* türünde (5.21 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.41 ppm).

Kocaeli istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokusundaki ağır metal birikimleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Tablo 3.3’e göre Cr; en yüksek *P. saltatrix* (0.41 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.04 ppm). Mn; en yüksek *M. merlangus* (1.04 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.44 ppm). Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (186 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde tespit edilmiştir (93.0 ppm). Co; en yüksek *M. barbatus* türünde (0.34 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* ve *B. belone* türlerinde tespit edilmiştir (0.05 ppm). Ni; en yüksek *T. trachurus* türünde (5.40 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.43 ppm). Cu; en yüksek *B. belone* türünde (9.13 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (2.69 ppm). Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (37.9 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (10.4 ppm). Cd; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (0.58 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.06 ppm). Pb; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (5.04 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.75 ppm).

Cr; en yüksek Sinop’tan toplanan *B. belone* türünde (0.45 ppm), en düşük ise Kocaeli’den toplanan *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.04 ppm). Mn; en yüksek Sinop’tan toplanan *B. belone* türünde (2.51 ppm), en düşük ise Kocaeli’den toplanan *M. barbatus* türünde tespit edilmiştir (0.44 ppm). Fe; en yüksek Kocaeli’den toplanan *E. encrasicolus* türünde (186 ppm), en düşük ise Sinop’tan toplanan *T. trachurus* türünde tespit edilmiştir (17.4 ppm). Co; en yüksek Samsun’dan toplanan *M. barbatus* türünde (0.35 ppm), en düşük ise Sinop’tan toplanan *B. belone* türlerinde tespit edilmiştir (0.03 ppm). Ni; en yüksek Samsun’dan toplanan *M. merlangus* türünde (6.19 ppm), en düşük ise Kocaeli’den toplanan *E. encrasicolus* türünde tespit edilmiştir (0.43 ppm). Cu; en yüksek Kocaeli’den toplanan *B. belone* türünde (9.13 ppm), en düşük ise Samsun’dan toplanan *A. alosa* türünde tespit edilmiştir (2.10 ppm). Zn; en yüksek Kocaeli’den toplanan *E. encrasicolus* türünde (37.9 ppm), en düşük ise Samsun’dan toplanan *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (10.2 ppm). Cd; en yüksek Samsun’dan toplanan *E. encrasicolus* türünde (0.65 ppm), en düşük ise Kocaeli’den toplanan *M. merlangus* türünde tespit edilmiştir (0.06 ppm). Pb; en yüksek Sinop’tan toplanan *B. belone* türünde (5.21 ppm), en düşük ise aynı istasyondan toplanan *S. sarda* türünde tespit edilmiştir (0.41 ppm) (Tablo 3.3).



Analiz edilen değerler incelendiğinde türler ve istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Tablo 3.3** Balık örneklerinin karaciğer dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı (ppm)

IST	TÜR	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Samsun	MB	0.38 ±0.09 <sup>hi</sup>	0.65 ±0.05 <sup>abcde</sup>	93.1 ±2.17 <sup>cde</sup>	<b>0.35 ±0.05<sup>c</sup></b>	4.95 ±0.66 <sup>g</sup>	3.17 ±0.11 <sup>abcde</sup>	13.4 ±0.45 <sup>ab</sup>	0.28 ±0.04 <sup>bcd</sup>	1.85 ±0.15 <sup>d</sup>
	PS	0.24 ±0.01 <sup>def</sup>	0.48 ±0.04 <sup>a</sup>	95.2 ±2.44 <sup>cde</sup>	0.11 ±0.002 <sup>a</sup>	3.58 ±0.09 <sup>f</sup>	4.42±0.38 <sup>defgh</sup>	18.1 ±0.92 <sup>bcd</sup>	0.26 ±0.03 <sup>bcd</sup>	1.39 ±0.04 <sup>bcd</sup>
	EE	0.19 ±0.03 <sup>cde</sup>	0.67 ±0.07 <sup>abcde</sup>	120 ±7.64 <sup>f</sup>	0.1 ±0.002 <sup>a</sup>	0.92 ±0.01 <sup>bc</sup>	4.51 ±0.15 <sup>efgh</sup>	29.5 ±1.24 <sup>g</sup>	<b>0.65 ±0.14<sup>f</sup></b>	4.29 ±0.40 <sup>g</sup>
	TT	0.27 ±0.34 <sup>efg</sup>	0.84 ±0.05 <sup>def</sup>	52.1 ±2.75 <sup>b</sup>	0.23 ±0.03 <sup>b</sup>	1.40 ±0.28 <sup>c</sup>	4.94 ±0.38 <sup>gh</sup>	24.1 ±1.17 <sup>ef</sup>	0.51 ±0.05 <sup>ef</sup>	1.76 ±0.11 <sup>cd</sup>
	MM	0.16 ±0.03 <sup>bcd</sup>	0.91 ±0.13 <sup>ef</sup>	107 ±1.31 <sup>def</sup>	0.04 ±0.02 <sup>a</sup>	<b>6.19 ±0.10<sup>i</sup></b>	2.21 ±0.17 <sup>ab</sup>	<u>10.2 ±0.59<sup>a</sup></u>	0.11 ±0.01 <sup>ab</sup>	1.65 ±0.15 <sup>cd</sup>
	SS	0.26 ±0.03 <sup>efg</sup>	1.61 ±0.06 <sup>h</sup>	87.5 ±1.73 <sup>cd</sup>	0.10 ±0.02 <sup>a</sup>	2.49 ±0.01 <sup>d</sup>	4.90 ±0.40 <sup>gh</sup>	34.1 ±0.71 <sup>h</sup>	0.07 ±0.01 <sup>a</sup>	1.91 ±0.40 <sup>d</sup>
	BB	0.11 ±0.03 <sup>abc</sup>	0.55 ±0.08 <sup>ab</sup>	88.0 ±2.43 <sup>cd</sup>	0.06 ±0.02 <sup>a</sup>	6.11 ±0.14 <sup>hi</sup>	2.66 ±0.16 <sup>abc</sup>	16.4 ±0.54 <sup>bc</sup>	0.12 ±0.01 <sup>abc</sup>	4.60 ±0.19 <sup>gh</sup>
AA	0.13 ±0.03 <sup>abc</sup>	0.46 ±0.02 <sup>a</sup>	97.4 ±2.36 <sup>cde</sup>	0.08 ±0.02 <sup>a</sup>	5.88 ±0.08 <sup>i</sup>	<u>2.10 ±0.19<sup>a</sup></u>	14.0 ±0.78 <sup>ab</sup>	0.14 ±0.01 <sup>abc</sup>	1.65 ±0.12 <sup>cd</sup>	
Sinop	MB	0.42 ±0.02 <sup>i</sup>	0.65 ±0.06 <sup>abcde</sup>	22.4 ±2.23 <sup>a</sup>	0.34 ±0.04 <sup>c</sup>	0.94 ±0.03 <sup>a</sup>	4.79 ±0.37 <sup>efgh</sup>	21.2 ±1.21 <sup>de</sup>	0.12 ±0.02 <sup>abc</sup>	3.20 ±0.08 <sup>ef</sup>
	PS	0.39 ±0.02 <sup>hi</sup>	0.59 ±0.05 <sup>abc</sup>	51.5 ±21.3 <sup>b</sup>	0.05 ±0.001 <sup>a</sup>	2.67 ±0.27 <sup>de</sup>	4.56 ±0.53 <sup>efgh</sup>	19.3 ±0.92 <sup>cd</sup>	0.27 ±0.04 <sup>bcd</sup>	1.47 ±0.12 <sup>cd</sup>
	EE	0.21 ±0.03 <sup>cde</sup>	0.78 ±0.02 <sup>bcddef</sup>	93.6 ±2.69 <sup>cde</sup>	0.08 ±0.02 <sup>a</sup>	2.47 ±0.38 <sup>d</sup>	4.68 ±0.15 <sup>efgh</sup>	27.6 ±0.17 <sup>fg</sup>	0.58 ±0.04 <sup>f</sup>	3.53 ±0.26 <sup>f</sup>
	TT	0.31 ±0.02 <sup>fgh</sup>	0.63 ±0.12 <sup>abcd</sup>	<u>17.4 ±5.56<sup>a</sup></u>	0.11 ±0.02 <sup>a</sup>	2.67 ±0.37 <sup>de</sup>	4.59 ±0.69 <sup>efgh</sup>	19.2 ±3.27 <sup>cd</sup>	0.29 ±0.05 <sup>cd</sup>	1.89 ±0.39 <sup>d</sup>
	MM	0.22 ±0.02 <sup>cde</sup>	0.96 ±0.07 <sup>f</sup>	114 ±4.04 <sup>ef</sup>	0.06 ±0.02 <sup>a</sup>	1.10 ±0.27 <sup>bc</sup>	2.86 ±0.37 <sup>abcd</sup>	14.1 ±0.52 <sup>ab</sup>	0.07 ±0.01 <sup>a</sup>	1.05 ±0.20 <sup>abc</sup>
	SS	0.39 ±0.03 <sup>hi</sup>	0.90 ±0.09 <sup>def</sup>	82.4 ±3.70 <sup>c</sup>	0.06 ±0.03 <sup>a</sup>	3.43 ±0.02 <sup>f</sup>	4.20 ±0.39 <sup>cdefgh</sup>	15.9 ±1.13 <sup>bc</sup>	0.16 ±0.04 <sup>abc</sup>	<u>0.41 ±0.19<sup>a</sup></u>
	BB	<b>0.45 ±0.01<sup>i</sup></b>	<b>2.51 ±0.24<sup>g</sup></b>	47.3 ±7.93 <sup>b</sup>	<u>0.03 ±0.006<sup>a</sup></u>	1.02 ±0.08 <sup>bc</sup>	5.06 ±0.91 <sup>gh</sup>	25.2 ±3.45 <sup>efg</sup>	0.41 ±0.05 <sup>de</sup>	<b>5.21 ±0.04<sup>h</sup></b>
Kocaeli	MB	<u>0.04 ±0.01<sup>a</sup></u>	<u>0.44 ±0.04<sup>a</sup></u>	107 ±4.64 <sup>def</sup>	0.34 ±0.02 <sup>c</sup>	3.29 ±0.11 <sup>ef</sup>	5.68 ±0.64 <sup>h</sup>	17.1 ±0.78 <sup>bcd</sup>	0.14 ±0.04 <sup>abc</sup>	1.06 ±0.12 <sup>abc</sup>
	PS	0.41 ±0.04 <sup>i</sup>	0.55 ±0.06 <sup>ab</sup>	109 ±16.0 <sup>def</sup>	0.10 ±0.05 <sup>a</sup>	0.74 ±0.12 <sup>abc</sup>	3.85 ±0.39 <sup>cdefg</sup>	15.3 ±1.25 <sup>bc</sup>	0.23 ±0.08 <sup>abc</sup>	1.13 ±0.38 <sup>bc</sup>
	EE	0.16 ±0.01 <sup>bcd</sup>	0.94 ±0.16 <sup>f</sup>	<b>186 ±8.61<sup>g</sup></b>	0.05 ±0.005 <sup>a</sup>	<u>0.43 ±0.06<sup>ab</sup></u>	5.54 ±0.23 <sup>h</sup>	<b>37.9 ±1.84<sup>h</sup></b>	0.58 ±0.17 <sup>f</sup>	5.04 ±0.44 <sup>h</sup>
	TT	0.14 ±0.02 <sup>bcd</sup>	0.50 ±0.03 <sup>a</sup>	100 ±4.39 <sup>cdef</sup>	0.12 ±0.02 <sup>a</sup>	5.40 ±0.17 <sup>gh</sup>	2.69 ±0.15 <sup>abc</sup>	13.8 ±0.76 <sup>ab</sup>	0.21 ±0.02 <sup>abc</sup>	4.70 ±0.07 <sup>gh</sup>
	MM	0.06 ±0.02 <sup>ab</sup>	1.04 ±0.08 <sup>f</sup>	92.7 ±12.2 <sup>cde</sup>	0.06 ±0.02 <sup>a</sup>	3.07 ±0.04 <sup>def</sup>	3.25 ±0.49 <sup>abcdef</sup>	10.4 ±0.93 <sup>a</sup>	<u>0.06 ±0.01<sup>a</sup></u>	0.75 ±0.08 <sup>ab</sup>
	SS	0.36 ±0.01 <sup>ghi</sup>	0.63 ±0.09 <sup>abcd</sup>	93.0 ±2.20 <sup>cde</sup>	0.08 ±0.02 <sup>a</sup>	3.38 ±0.05 <sup>ef</sup>	3.74 ±0.40 <sup>bcddefg</sup>	14.8 ±1.12 <sup>abc</sup>	0.14 ±0.03 <sup>abc</sup>	1.61 ±0.24 <sup>cd</sup>
	BB	0.10 ±0.05 <sup>abc</sup>	0.97 ±0.16 <sup>f</sup>	93.6 ±1.85 <sup>cde</sup>	0.05 ±0.01 <sup>a</sup>	3.11 ±0.31 <sup>def</sup>	<b>9.13 ±1.35<sup>i</sup></b>	24.7 ±1.31 <sup>ef</sup>	0.12 ±0.01 <sup>abc</sup>	2.76 ±0.24 <sup>e</sup>
*		0.24 ±0.01	0.72 ±0.03	87.1 ±3.29	0.13 ±0.01	3.00 ±0.17	4.15 ±0.16	19.2 ±0.66	0.23 ±0.02	2.45 ±0.14

MB: *Mullus barbatus* PS: *Pomatomus saltatrix* EE: *Engraulis encrasicolus* TT: *Trachurus trachurus* MM: *Merlangius merlangus* SS: *Sarda sarda* BB: *Belone belone* AA: *Alosa alosa*

\*Genel ortalama

\*\*Dikey olarak farklı harflerle gösterilen düzeyler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir (p< 0.05)

\*\*\*Altı çizili olan değerler minimum, **kalı**n yazılmış olan değerler maksimum değeri göstermektedir

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İncelenen balıkların kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal düzeyleri kıyaslandığında karaciğerlerdeki birikimin daha yüksek olduğu görülmekle birlikte incelenen metaller arasında her iki dokuda da demirin en yüksek düzeyde olmasına rağmen, kadmiyum ve kobaltın en düşük düzeylerde birikim gösterdiği bulunmuştur. Benzer sonuçlar, pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir [47,48,73,74].

Kas dokuda istasyonlardan elde edilen en yüksek ve en düşük ağır metal derişimlerinin ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1’den de görüleceği gibi, bu çalışmada örneklerden elde edilen Cr düzeyleri; Güney Brezilya Sahilleri [78], Karadeniz sahilleri [42], Birleşik Arap Emirlikleri [80], Türkiye Denizleri [52,53], Yelkoma Lagünü [75], Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri; [51] için bulunan değerlerle uyumlu, Akdeniz [77,73] ve İskenderun Körfezi’nde [76] bulunan değerlerden düşüktür.

Mn düzeyleri; Karadeniz [48], İskenderun Körfezi [76], Karadeniz sahilleri [42], Akdeniz [73] için bulunan değerlerden düşük, Sinop sahilleri [37], Türkiye Denizleri [52,53,79], Yelkoma Lagünü [75], Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri [51], Güney Brezilya Sahilleri [78] için bulunan değerlerle uyumludur (Tablo 4.1).

Fe düzeyleri; Yelkoma Lagünü [75], İskenderun Körfezi [76], Akdeniz sahilleri [73], Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri [51], Türkiye Denizleri [79], Karadeniz sahilleri [42] için bulunan değerlerle uyumlu, Akdeniz [77], Türkiye Denizleri [52,53], Karadeniz sahilleri [48] için verilen değerlerden düşük, Sinop sahilleri [37] için verilen değerlerden yüksektir (Tablo 4.1).

Co düzeyleri; Türkiye Denizleri [52], Birleşik Arap Emirlikleri [80] için bulunan değerlerle uyumlu, Yelkoma Lagünü [75], İskenderun Körfezi [76], Karadeniz sahilleri [42], Akdeniz [73], Türkiye Denizleri [53,79] için verilen değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Ni düzeyleri; Sinop sahilleri [37], Türkiye Denizleri [52,53,79], Karadeniz sahilleri [42,48], İskenderun Körfezi [76], Ege, Marmara ve Akdeniz sahilleri [51] için verilen değerlerle uyumlu, Yelkoma Lagünü [75] için verilen değerden yüksek, Akdeniz sahilleri [73,77], Güney Brezilya Sahilleri [78] için verilen değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Cu düzeyleri; Türkiye Denizleri [52] ve Birleşik Arap Emirlikleri [80] için verilen değerlerden düşük, Yelkoma Lagünü [75], Karadeniz sahilleri [48,42], İskenderun Körfezi [76], Akdeniz sahilleri [73,77], Türkiye Denizleri [53,79], Ege, Marmara, Akdeniz sahilleri [51], Güney Brezilya Sahilleri [78] için verilen değerlerle uyumludur (Tablo 4.1).

Zn düzeyleri; Türkiye Denizleri [52,53,79], Yelkoma Lagünü [75], Karadeniz sahilleri [48], Akdeniz sahilleri [77], Ege, Marmara, Akdeniz sahilleri [51] ve Güney Brezilya Sahilleri [78] için verilen değerlerle uyumlu, Birleşik Arap Emirlikleri [80] için verilen değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Cd düzeyleri; Sinop sahilleri [37] ve Türkiye Denizleri [52] için verilen değerlerden düşük, Yelkoma Lagünü [75], Karadeniz sahilleri [48,42], Türkiye Denizleri [53,79] ve Ege, Marmara, Akdeniz sahilleri [51] için verilen değerlerle uyumlu, İskenderun Körfezi [76], Akdeniz sahilleri [73,77], Güney Brezilya Sahilleri [78] ve Birleşik Arap Emirlikleri [80] için verilen değerlerden düşüktür (Tablo 4.1).

Pb düzeyleri; İskenderun Körfezi [76], Türkiye Denizleri [52,53,79], Ege, Marmara, Akdeniz sahilleri [51], Güney Brezilya Sahilleri [78], Sinop sahilleri [37], Yelkoma Lagünü [75] ve Karadeniz sahilleri [48] için verilen değerlerle uyumlu, Karadeniz sahilleri [42] ve Birleşik Arap Emirlikleri [80] için verilen değerlerden yüksek olduğu, Akdeniz sahilleri [73,77] için verilen değerden düşüktür (Tablo 4.1).

**Tablo 4.1** Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması (ppm)

Örnekleme Bölgesi	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
Sinop	-	0.58	4.87	-	1.51	0.69	3.55	0.025	0.78	37
Türkiye Denizleri	0.09-0.51	0.14-2.82	11.9-169	0.01-0.07	0.06-1.51	0.21-8.58	7.12-45.6	0.01-0.07	0.12-0.87	52
Yelkoma lagünü	0.17-0.72	0.75-0.96	28.9-52.3	0.1-0.43	0.11-0.57	0.62-1.03	6.01-13.9	0.1-0.47	0.19-0.47	75
Karadeniz	-	7.4	74.3	-	3.93	0.95	37.4	0.5	0.68	48
İskenderun	0.13-4.26	0.48-6.01	4.35-38.24	0.02-4.74	0.05-3.54	0.06-4.64	1.28-12.26	0.01-1.84	0.09-4.26	76
Karadeniz	0.06-0.84	0.69-3.56	30-60	<0.05-0.40	<0.01-2.04	1.01-4.54	25.7-44.2	<0.02-0.24	<0.05-0.06	42
Akdeniz	0.07-6.46	0.05-4.64	0.82-27.35	0.03-5.61	0.11-12.88	0.04-5.43	0.60-11.5	0.01-4.16	0.09-6.95	73
Akdeniz	1.28-1.60	-	59.6-73.4	-	4.25-6.07	3.40-5.88	16.1- 31.4	1.07-1.43	7.33-9.11	77
Türkiye Denizleri	0.10-1.60	0.08-1.12	8.99-160	0.03-0.44	0.02-4.22	0.15-5.06	3.15- 12.9	0.01-0.40	0.11-1.00	53
Ege, Marmara, Akdeniz	0.04-1.75	0.10-0.99	7.46-40.1	0.04-0.41	0.02-3.97	0.32-6.48	4.49-11.2	0.02-0.37	0.33-0.86	51
Güney Brezilya Sahili	<0.01-0.54	<0.02-1.04	1.0-89.8	-	<0.03-20.0	<0.05-5.30	11.8-24.5	<0.30-8.33	<0.05-2.77	78
Türkiye Denizleri	0.11-1.78	0.08-1.11	7.19-59.7	<0.01-0.43	0.01-3.27	0.30-1.82	4.05-6.80	0.02-0.38	0.17-1.13	79
Bileşik Arap Emirlikleri	0.31-0.73	0.12-2.1	-	0.002-0.02	-	1.63-24.91	3.71-123	0.13-2.89	0.004-0.12	80
<b>Ulusal standartlar</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>0.1</b>	<b>1</b>	<b>81</b>
<b>Uluslararası standartlar</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>10-100</b>	<b>30-100</b>	<b>0.05-5.5</b>	<b>0.5-6.0</b>	<b>82</b>
Bu çalışma	0.02-0.43	0.006-1.26	2.0-54.1	0.007-0.06	0.13-3.74	0.92-4.13	3.47-32.1	0.05-0.4	0.25-4.61	

37) Bat ve ark., 1996

52) Türkmen ve ark., 2008

75) Türkmen ve ark., 2010

48) Uluözlü ve ark., 2007

76) Türkmen ve ark., 2006

42) Topcuoğlu ve ark., 2002

73) Türkmen ve ark., 2005

77) Kalay ve ark., 1999

53) Tepe ve ark., 2007

51) Türkmen ve ark., 2008

78) Carvalho ve ark., 2000

79) Türkmen, 2011

80) Kosanovic ve ark., 2007

81) TKB (2002)

82) Nauen (1983)

Karaciğer dokusunda istasyonlardan elde edilen en yüksek ve en düşük ağır metal derişimlerinin ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4.2’den de görüleceği gibi, bu çalışmada örneklerden elde edilen Cr düzeyleri; Akyatan Lagünü [83], Türkiye Denizleri [84], Akdeniz sahilleri [75] ve Paradeniz Lagünü [85] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,79,86], Marmara, Ege ve Akdeniz sahilleri [51] ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52] için bulunan değerlerden düşüktür.

Mn düzeyleri; Orta Karadeniz sahilleri [37], Akyatan Lagünü [83], Türkiye Denizleri [84,79] ve Paradeniz Lagünü [85] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,86], Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri [51] ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52] için bulunan değerlerden düşüktür (Tablo 4.2).

Fe düzeyleri; Akyatan Lagünü [83], Paradeniz Lagünü [85], Türkiye Denizleri [79] ve Akdeniz sahilleri [75] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,84], Ege, Marmara, Karadeniz sahilleri [52] ve Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri [51] için bulunan değerlerden düşük, Orta Karadeniz [37] için bulunan değerlerden yüksektir (Tablo 4.2).

Co düzeyleri; Akyatan Lagünü [83], Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52], Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri [51], Akdeniz sahilleri [75] ve Türkiye Denizleri [84] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,79,86] ve Paradeniz Lagünü [85] için bulunan değerlerden düşüktür (Tablo 4.2).

Ni düzeyleri; Orta Karadeniz sahilleri [37], Akyatan Lagünü [83], Paradeniz Lagünü [85] ve Türkiye Denizleri [79,84] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,86], Marmara, Ege ve Akdeniz sahilleri [51] ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52] için bulunan değerlerden düşüktür (Tablo 4.2).

Cu düzeyleri; Akdeniz sahilleri [75], Orta Karadeniz sahilleri [37] ve Türkiye Denizleri [86] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,79,84], Akyatan Lagünü [83], Paradeniz Lagünü [85], Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52] için bulunan değerlerden düşüktür (Tablo 4.2).

Zn düzeyleri; Akyatan Lagünü [83], Türkiye Denizleri [84], Paradeniz Lagünü [85], Akdeniz sahilleri [75], Türkiye Denizleri [79], Marmara, Ege ve Akdeniz sahilleri [51] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,86],

Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52] için bulunan değerlerden düşük, Orta Karadeniz sahilleri [37] için bulunan değerlerden yüksektir (Tablo 4.2).

Cd düzeyleri; Akyatan Lagünü [83], Türkiye Denizleri [79,84], Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri [51] ve Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52], Paradeniz Lagünü [85] ve Akdeniz sahilleri [75] için bulunan değerlerle uyumlu, Türkiye Denizleri [53,79] için bulunan değerlerden düşük, Orta Karadeniz sahilleri [37] için bulunan değerlerden yüksektir (Tablo 4.2).

Pb düzeyleri; Türkiye Denizleri [53,79,84,86] , Orta Karadeniz sahilleri [37] , Akyatan Lagünü [83], Marmara, Ege, Akdeniz sahilleri [51], Marmara, Ege, Karadeniz sahilleri [52], Paradeniz Lagünü [85] ve Akdeniz sahilleri [75] için bulunan değerlerle uyumludur (Tablo 4.2).

**Tablo 4.2** Karaciğer dokusunda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması (ppm)

Örnekleme Bölgesi	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	Kaynak
Türkiye Denizleri	0.20-3.88	0.61-7.33	49.9-889	0.11-1.45	0.40-9.70	1.11-46.2	9.83-195	0.04-1.13	0.38-5.20	53
Orta Karadeniz	-	0.95	8.85-14.71	-	3.92-4.89	1.49-13.8	3.79-4.16	0.07-0.05	0.89-1.36	37
Akyatan Lagünü	0.37-0.83	1.06-2.56	92.9-176	0.09-0.29	0.55-1.86	3.36-29.7	16.9-26.8	0.05-0.15	0.53-1.84	83
Türkiye Denizleri	0.14-1.02	0.46-2.11	76.7-308	0.11-0.64	0.16-3.97	1.31-20.5	16.0-37.9	0.04-0.19	0.59-1.79	84
Ege, Marmara, Karadeniz	0.28-2.97	0.72-9.67	55.2-316	0.06-0.53	0.47-11.6	0.99-30.7	12.5-145	0.06-0.69	0.26-3.38	52
Paradeniz Lagünü	0.35-1.02	1.36-2.23	102-205	0.45-0.91	0.73-1.59	6.59-69.9	17.5-28.2	0.27-0.74	0.42-0.88	85
Türkiye Denizleri	0.14-5.01	0.38-9.18	43.3-238	0.09-0.88	0.12-9.56	0.59-7.60	12.2-136	0.03-1.13	0.35-4.70	86
Türkiye Denizleri	0.43-3.93	0.59-3.64	48.0-179	0.19-0.95	0.35-7.63	1.61-41.7	13.0-51.2	0.07-0.91	0.89-4.29	79
Marmara, Ege, Akdeniz	0.19-2.63	0.55-5.40	105-442	0.14-0.51	0.13-8.89	5.29-14.9	26.2-43.5	0.13-0.47	0.83-3.71	51
Akdeniz	0.65-0.90	1.29-4.10	92.8-137	0.18-0.54	0.28-0.86	2.61-7.25	15.3-23.5	0.16-0.56	0.52-0.71	75
<b>Bu çalışma</b>	0.04-0.45	0.44-2.51	17.4-186	0.03-0.35	0.43-6.19	2.10-9.13	10.2-37.9	0.06-0.65	0.41-5.21	

53) Tepe ve ark., 2008  
37) Bat ve ark., 1996  
83) Türkmen ve ark., 2012  
84) Mutlu ve ark., 2012  
52) Türkmen ve ark., 2008

85) Türkmen ve ark., 2011  
86) Türkmen ve ark., 2009  
79) Türkmen, 2011  
51) Türkmen ve ark., 2008  
75) Türkmen ve ark., 2010



Bu çalışmada incelenen balıkların kas dokuları için elde edilen birikim düzeyleri esas alınarak günlük ve haftalık alım miktarları hesaplanmıştır (Tablo 4.3). Türkiye’de kişi başına ortalama günlük balık tüketimi 20 gr olarak bildirilmektedir [87]. Bu miktar haftalık kişi başı 140 gramdır. Yetmiş kg ağırlığında bir kişinin haftada 140 gr balık tükettiği farz edilerek elde edilen HHA (hesaplanan haftalık alım) ve HGA (hesaplanan günlük alım) değerleri Tablo 4.3’de sunulmaktadır. Yetişkin bir kişi için elde edilen Tablo 4.3’deki HHA değerleri Tablo 3.2’de kaslardaki maksimum birikim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır [**HHA ( $\mu\text{g}/70 \text{ kg vücut ağırlığı/hafta}) = \text{en yüksek metal düzeyi } (\mu\text{g}/\text{kg}) \times \text{balık tüketim miktarı } (\text{kg}/70 \text{ kg vücut ağırlığı/hafta})$** ]. Daha sonra HHA’lar HGA değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 4.3’de HHA ve HGA değerleri ile tavsiye edilen tolere edilebilir haftalık (THA) ve günlük ve (TGA) alımların kıyaslanmaları verilmektedir. Tablo 4.3’den de görülebileceği gibi bu çalışmada elde edilen HHA ve HGA değerleri tavsiye edilen değerlerin çok altındadır [88-90].

**Tablo 4.3** Örneklerin kas dokuları kullanılarak hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması

Metal	THA <sup>a</sup>	THA <sup>b</sup>	TGA <sup>c</sup>	Mevcut Çalışma HHA <sup>d</sup> (HGA) <sup>e</sup>
Cd	7 <sup>a</sup>	490	70	56 (8)
Co	–	–	–	8.4 (1.2)
Cr	–	–	–	60.2 (8.6)
Cu	3500 <sup>a</sup>	245000	35000	578.2 (82.6)
Fe	5600 <sup>a</sup>	392000	56000	7574 (1082)
Ni	35 <sup>g</sup>	2450	350 <sup>f</sup>	523.6 (74.8)
Mn	980 <sup>g</sup>	68600	9800 <sup>h</sup>	176.4 (25.2)
Pb	25 <sup>a</sup>	1750	250	645.4 (92.2)
Zn	7000 <sup>a</sup>	490000	70000	4494 (642)

<sup>a</sup> (FAO/WHO, 2004)

<sup>b</sup> THA, 70 kg ağırlığında yetişkin bir kişi için ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/70 \text{ kg vücut ağırlığı}$ )

<sup>c</sup> TGA, tolöre edilebilir günlük alım ( $\mu\text{g}/\text{gün}/70 \text{ kg vücut ağırlığı}$ )

<sup>d</sup> HHA, hesaplanan haftalık alım ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/70 \text{ kg vücut ağırlığı}$ )

<sup>e</sup> HGA, hesaplanan günlük alım ( $\mu\text{g}/\text{gün}/70 \text{ kg vücut ağırlığı}$ )

<sup>f</sup> WHO (1993) 1 kg vücut ağırlığı için günlük 5  $\mu\text{g}$ ’lık bir TGA önermektedir (yani 70 kg ağırlığındaki bir kişi için 350  $\mu\text{g}$ )

<sup>g</sup> Bir hafta için hesaplanan değer ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg vücut ağırlığı}$ )

<sup>h</sup> EPA (2008) 1 kg vücut ağırlığı için 0.14 mg referans doz önermektedir (yani 70 kg vücut ağırlığında bir kişi için 9800  $\mu\text{g}$ )

\* Tolöre edilebilir haftalık alım ( $\mu\text{g}/\text{hafta}/70 \text{ kg vücut ağırlığı}$ )

\*\* Türkiye’de kişi başına ortalama haftalık balık tüketimi 0.14 kg’dır (FAO, 2008)

#### 4.1 Sonuç

Orta ve Batı Karadeniz’de seçilen 3 istayondan (Samsun, Sinop, Kocaeli) toplanan balık örneklerinin (*Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Alosa alosa*) karaciğer ve kas dokularındaki ağır metal birikimlerinin ulusal ve uluslararası standartların altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada kas doku için hesaplanmış olan günlük ve haftalık alımların (HGA ve HHA) uluslararası kuruluşlar tarafından bildirilen sınır değerlerinin altında olduğundan çalışmanın yapıldığı zaman ve türler açısından bu bölgede yakalanarak tüketilen balıkların insan sağlığı açısından herhangi bir probleme neden olmayacağı söylenebilir (Tablo 4.3).

Sonuç olarak, Orta ve Batı Karadeniz’de çalışılan dönemde ciddi bir birikimin olmadığı ancak; ilerleyen zamanlarda oluşabilecek kirliliğin engellenmesi için alınması gereken önlemlerin başında küçük yaştan itibaren insanların çevre konusunda bilinçlendirilmesi ve buna uygun eğitimlerin verilmesi, sanayi ve evsel atıkların doğrudan sucul ortama karışmasını önlemek için etkin arıtma tesislerinin kurulması ve en önemlisi de devletin bu konuda etkin önlemler alması ve mevzuatların uygulanması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Kaya, S., Pirinçci, I., ve Bilgili, A., 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. *Medisan Yayın Serisi*, Yayın No:36.
- [2] Yarsan, E., Bilgili, A., ve Türel, İ., 2000. Van Gölü'ünden toplanan midye (*Unio stevenianus Krynicki*) örneklerindeki ağır metal düzeyleri, *Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi* 24, 93-96 s.
- [3] Karadede, H., 1997. Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması, Yüksek lisans tezi, T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 72 s.
- [4] Beğenirbeş, C, A. S., 2002. Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)'ndeki Tatlısu Midyesi (*Unio sp.*)'nde bazı ağır metallerin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, 47 s.
- [5] Şeker, E., Özmen, H., ve Aksoy, S., 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 s.
- [6] Çepel, N., 2003. *Ekolojik sorunlar ve çözüm önerileri*, Tubitak Popüler Bilim Kitapları, 183 s.
- [7] Keleş, S., ve Göl, C., 2004. Çok fonksiyonlu bir orman çıktısı: Su, Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 1-2, 3-12 s.
- [8] Bat, L., Çulha, M., Akbulut, M., Gündoğdu, A. and Sezgin, M., 1998. Toxicity of zinc and copper to the hermit crap *Diogenes pugilator* (Roux), *Turkish J. Mar. Sci.* 4, 39-48 p.
- [9] Bat, L., Öztürk, M., ve Öztürk, M., 1998-1999. Akuatik toksikoloji S.D.Ü Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 6, 148-165 s.
- [10] Bat, L., Gündoğdu, A., Öztekin, Y., Zoral, T., ve Çulha, S., 2006. Sinop İli İç Liman Bölgesindeki zooplankton ve bazı ekonomik balıklarda ağır metal düzeyleri, *Sumder (Su Ürünleri Mühendisleri Derneği Dergisi)* 25,26, 22-27 s.
- [11] Canpolat, Ö., 2001. 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, 50 s.
- [12] Al-Yousuf, M. H., El-Shahawi, S. M., and Al-Ghais, M. S., 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex, *The Science of the Total Environment* 256, 87-94 p.

- [13] Ünlü, E., Cengiz, İ. E., Akba, O., ve Gümğüm, B., 1995. Dicle Nehrin'deki *Capoeta trutta* Heckel, 1843'da Ağır metal birikimi, II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri, 639- 649 s.
- [14] Kargın, F., and Erdem, C., 1991. Accumulation of copper in liver, spleen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*, *Doga Tr. J. of Zoology*, 15, 306-314 p.
- [15] Bingel, F., and Ünsal, M., 1990. Stock Assessment Studies for the Turkish Black Sea Coast. Fisheries Sections. NATO –TU Fisheries First Technical Report , M.E.T.U. *Institute of Marine Sciences*, Erdemli-İçel, pp 79-122.
- [16] Oğuz, T., and Tuğrul, S., 1990. Stock Assessment Studies for the Turkish Black Sea Coast. Oseanographic Sections. NATO-TU Fisheries First Technical Reports, M.E.T.U.-*Institute of Marine Sciences*, Erdemli-İçel, pp 1-78.
- [17] Altaş, L., and Büyüküngör, H., 2006. Heavy metal pollution in the Black Sea shore and offshore of Turkey, *Environmental Geology*, 145-153 pp.
- [18] Göksel, H., 1993. Trabzon Limanı ve Çevresinde Avlanılan Mezgit (*Merlangius merlangus euxinus* Nordmann, 1840)'te Bazı Ağır Metal (Cu, Mn, Zn) Birikimlerinin Araştırılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 36 s.
- [19] Özdemir, H. İ., 1981. *Genel Anorganik ve Teknik Kimya*. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- [20] Şengül, F., 1993. *Çevre Kimyası*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- [21] Sawyer, C. N., Mccarty, P. L., Parkın, G. F., 1994. Chemistry for Environmental Engineering. Fourth Edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- [22] Kargı, F., 1995. *Çevre Mühendisliği'nde Biyoprosesler*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 2. Baskı. İzmir.
- [23] Beyazıt, N., ve Peker, 1998. Atıksularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri. In: Atlı, V., *Belenli 5*. (Eds), Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildirileri, 22-24 Haziran 1998, Kayseri, 209-215.
- [24] Türkmen, A., 2003 İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesinde (*Spondylus spinosus* Schreibers 1973) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 152s.

[25] Parlak, H., 1985. *Mugil spp.* ve *Chasmichtys glusus* Üzerinde Kadmiyum, Demir ve Kurşunun Ayrı Ayrı ve Birlikte Oluşturdukları Toksik Etkilerin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, İzmir.

[26] Aydın, E. M., ve Yıldız, S., 2004. Konya Ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin ICP-AES tekniği ile incelenmesi, I. Ulusal Çevre Kongresi, 259-265 s.

[27] Giray, A., Taşdemir, Y., 2003. Anaerobik stabilizasyon havuzlarında ağır metal giderimi: Bursa örneği. *Çev. Kor. Dergisi*, 12 (46): 1-7.

[28] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136: 47-53.

[29] Anonim, 2002. "Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği", Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara, 63-78.

[30] Kuşatan, Z., ve Cicik, B., 2004. *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da kadmiyumun solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2 ,12, 59-66 s.

[31] Hilmy, A. M., El-Domiaty, N. A., Daabees, A. Y., and Abdel-Latife, H. A., 1987. Toxicity in *Tilapia zilli* and *Clarias lazera* (Pisces) induced by zinc seasonaly, *Comp. Biochem. Physiol.*, 86C, 263-265 p.

[32] Tosyalı, C., 2005. *Mytilus Galloprovincialis* (Lamarck, 1819) midyesinde pişirmenin çeşitli ağır metal düzeylerine etkisi, Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 34 s.

[33] Süren, E., 2004. Çanakkale Boğazı'nda toksik etki gösteren bazı ağır metallerin ICP-AES ve Elektroanalitik yöntemlerle tayini, Yüksek lisans tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, 40 s.

[34] Uysal, H., Tuncer, S., ve Yaramaz, Ö., 1986. Ege Kıyılarındaki Yenebilen Organizmalarda İz Elementlerin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Ege Bölgesi Sanayi Odası, Çevre 86 Sempozyumu 2-5 Haziran, Atatürk Kültür Merkezi, İzmir.

[35] Uysal, H., Yaramaz, Ö., Tuncer, S., ve Parlak, H., 1989. Ege Denizi Kıyılarında Pollusyon Durumu, Organizma ve Ekosistem Üzerindeki Etkileriyle ilgili

Araştırmalar, *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 6 (21-22-23-24): 144-159 s., Bornova, İzmir.

[36] Ünsal, M., Doğan, M., Ataç, Ü., Yemenicioğlu, S., Akdoğan, S., Kayıkçı, Y., ve Aktaş, M., 1992. Orta ve Doğu Karadeniz’de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında İz Elementlerin Belirlenmesi, *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Proje No: DEBAG-18/G*, 52s., Erdemli.

[37] Bat, L., Öztürk, M., Öztürk, M., 1996. Heavy metal amounts in some commercial teleost fish from the Black Sea. *O.M.Ü. Faculty of Science-Arts. Journal of Science*, 7(1): 117–35.

[38] Bat, L., Öztürk, M., and Öztürk, M., 1998. Heavy Metal Concentrations in some Fish and Crab from the Black Sea of Turkey, II. *Spil Fen Bilimleri Dergisi (Biyoloji)*, 23-25 Ekim 1997 Manisa, *Celal Bayar Üniversitesi Fen –Edebiyat Fak. Dergisi*, Sayı 1: 148-155 pp.

[39] Ünsal, M., Çağatay, N., Bekiroğlu, Y., Kıratlı, N., Alemdağ, N., Aktaş, M., ve Sarı, E., 1998. Karadeniz’de İz Element Kirliliği, *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Proje No: YDEBÇAG-456/G-457/G*, 70s, Erdemli-Mersin.

[40] Sunlu, U., ve Egemen, Ö., 1998. Homa Dalyanı ve İzmir Körfez’inin (Ege Denizi) Farklı Bölgelerindeki Kirlenme Durumu ile Bazı Ekonomik Balık Türlerinde İz Element Düzeylerinin Karşılaştırılması, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 15 (3-4): 241-261 s.

[41] Kocahan, İ., 1999. Marmara Denizi Demersal Balıklarında İz Element Kirliliği, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Kimyasal Osinografi ABD, Yüksek Lisans Tezi, 187 s., İstanbul.

[42] Topçuoğlu, S., Kırbaçoğlu, Ç., ve Güngör, N., 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environment International*, 1069, 1-8.

[43] Tüzen, M., 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 80(1): 119–123. Doi: 10.1016/S0308-8146(02)00264-9.

[44] Göksu, M. Z. L., Çevik, F., Fındık, Ö., Sarıhan, E.; Seyhan Baraj Gölü’ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)’larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. *E.Ü. Su Ür. Derg.*

2003. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 2003. Cilt/Volume 20, Sayfa/Issue (1-2): 69-74. İzmir.

[45] Özan, T. S., Kır, İ., ve Barlas, M., 2004. Balıklarda ağır metal birikimi ve etkileri, Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 1-2, 23-33 s.

[46] Erdoğan, Ö., Ateş, A., Kara, C., 2005. Sır ve Menzelet Baraj Göllerindeki Bazı Balık Türlerinde Kadmiyum (Cd) ve Bakır (Cu) Düzeylerinin Belirlenmesi. Ulusal Su Günleri 2005. Trabzon, Turkey.

[47] Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A., 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 146: 277-284.

[48] Uluözlü, O. D., Tüzen, M., Mendil, D., ve Soylak, M., 2007. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry*, 104, 835-840.

[49] Akgün, M., Gül, A., ve Yılmaz, M., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Leuciscus cephalus* (L., 1758) Dokularında Ağır Metal Birikimi, *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* Cilt:27, Sayı: 2, 179-189.

[50] Uysal, K., Atalay, M. A., DPÜ Göleti'nde Ekstansif Yetiştiriciliği Yapılan Aynalı Sazanların (*Cyprinus carpio*) Gelişimi ve Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Değerlendirilmesi. Türk Sucul Yaşam Dergisi (*Turkish Journal Of Aquatic Life*) Yıl 3-5, Sayı 5-8 Year 3-5, Issue 5-8.

[51] Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Ateş, A., Gökkuş, K., 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas:twelve fish species, *Food Chemistry*, 108: 794-800.

[52] Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., 2008. Metal levels in tissues of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus* L., 1758, and picarel, *Spicara smaris* L., 1758, from Black, Marmara and Aegean Seas. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 80(6): 521-5. doi: 10.1007/s00128-008-9429-2.

[53] Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A., 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental Monitoring and Assessment*, (2007) DOI 10.1007/s 10661-007-0079-3.

[54] Tekin-Özan, S., Kır, İ., 2008. Seasonal Variations of Heavy Metals in Some Organs of Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Env. Mon. Ass.* 138: 201-206.

[55] Fidan, A. F., Ciğerci, İ. H., Konuk, M., Küçük Kurt, İ., Aslan, R., Dündar, Y., 2008. Determination of Some Heavy Metal Levels and Oxidative Status in *Carassius carassius* L., 1758 from Eber Lake, *Environ. Mon. Assess.*, 147(1-3):35-41 DOI: 10.1007/s 10661-007-0095-3.

[56] Öztürk, M., Özözen G., Minareci, O., Minareci, E., 2008. Determination of heavy metals in of fishes, water and sediment from the Demirköprü Dam Lake (Turkey). *Journal of Applied Biological Sciences*, 2 (3); 99-104.

[57] Tekin-Özan, S., 2008. Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Env. Mon. Ass.* 145: 295-302.

[58] Öztürk, M., Özözen G., Minareci, O., Minareci, E., 2008. Determination of heavy metals in fishes, water and sediment of Avşar Dam Lake (Turkey). *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 6 (2); 63-80.

[59] Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Ateş, A., Töre, Y., 2009. Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas, *Food Chemistry*, 113:233-237.

[60] Tüzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental content in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47:1785-1790.

[61] Daş, Y. K., Aksoy, A., Başkaya, R., Duyar H. A., Guvenç, D., Boz, V., 2009. Heavy Metal Levels of Some Marine Organisms Collected in Samsun and Sinop Coasts of Black Sea, in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Volume: 8, Issue: 3, Page No: 496-499.

[62] Akbulut, A., Akbulut, N. E., 2009. The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment, and fish tissue in Kızılırmak River Basin in Turkey. *Environ Monit Assess*, 10.1007/(s10661-009).

[63] Nisbet, C., Terzi, G., Pilger, O., Saraç, N., 2010. Determination of heavy metal levels in fish sample collected from the Middle Black Sea, *Kafkas Üniv. Veteriner Fak. Dergisi*, 16: 119-125.

[64] Durali, M., Demirci, Z., Tüzen, M., and Soylak, M. 2010. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species From the Black Sea, Turkey, *Food and Chemical Toxicology*, 48:865-870.

[65] Aygün, S. F., Abanoz, F. G., 2011. Determination of Heavy Metal in Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L 1758) and Whiting (*Merlangius merlangus*



*euxinus* Nordman, 1840) Fish in The Middle Black Sea. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, Volume: 17 Pages: 145-152.

[66] Bat, L., Sezgin, M., Üstün, F., Şahin, F., 2012. Heavy Metal Concentrations in Ten Species of Fishes Caught in Sinop Coastal Waters of the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 371-376 (2012) DOI: 10.4194/1303-2712-v12.2.24.

[67] Ural, M., Yıldırım, N., Danabaş, D., Yıldırım, N. C., Kaplan, O., Özçelik, M., Kürekçi, E. F., 2012. Determination of Some Heavy Metals in Freshwater fish from Uzunçayır Dam Lake (Turkey). *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*. Volume 88, Number 2, February, 2012. 172-176.

[68] Kır, İ., Tumantozlu, H., 2012. Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment Ve Sazan (*Cyprinus Carpio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Ekoloji*, 21(82): 65-70.

[69] Demirsoy, A., 1999. Genel ve Türkiye Zoocoğrafyası “Hayvan Coğrafyası” Meteksan A.Ş. Ankara, 965 s.

[70] Çelikkale, M. S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ., 1999. *Türkiye Su Ürünleri Sektörü*, İstanbul Ticaret Odası, Yayın no: 1992-2, 32-35, I. Baskı, Lebib Yalkın Yayınları ve Basım İşleri, İstanbul.

[71] Balkaş, T., Dechev, Mihnea, R., Serbanescu and Unlueata, U., 1990. The state of marine environment in the Black Sea region, *UNEP Reg. Seas Rep. Stud.*, 124:47 pp.

[72] Anonymus, 2005. <http://ewr.cee.vt.edu/enviromental/teach/smprimer/icp>

[73] Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Akyurt, İ., 2005. Heavy Metals in Three Commercially Valuable Fish Species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey, *Food Chemistry*, 91, 167-172.

[74] Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A., 2003. Age and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site, *Water Research*, 37: 959-964.

[75] Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Çekiç, M., 2010. Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168 (1-4), 223-230.

[76] Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Mazlum, Y., Oymael, S., 2006. Heavy Metal Levels in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugil cephalus*)

in İskenderun Bay (North Eastern Mediterranean, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77 (2): 186-193.

[77] Kalay, M., Ay, Ö., Canlı, M., 1999. Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 63, 673–681.

[78] Carvalho, C. E. V., Rezende, C. E., Ferreira, A. G., Faria, V. V., Gomes, M. P., Cavalcante, M. P. O., 2000. Trace metals in muscle tissue from southern Brazilian coast fish. <http://www.cprm.gov.br/pgagem/Manuscripts/carvalhoctrace.htm>

[79] Türkmen, A., 2011. Türkiye Denizleri'nden Yakalanan Dil Balığı (*Solea solea* L., 1758) Türünün Kas ve Karaciğer Dokularında Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* ISSN: 1309-4726 Cilt:1 Sayı: 3 Sayfa: 139-151.

[80] Kosanovic, M., Hasan, M. Y., Subramanian, D., Al Ahabbi, A. A. F., Al Kathiri, O. A. A., Aleassa, E. M. A. A., Adem, A., 2007. Influence of urbanization of the western coast of the United Arab Emirates on trace metal content in muscle and liver of wild Red-spot emperor (*Lethrinus lentjan*), *Food and Chemical Toxicology*, 45: 2261-2266.

[81] Fisheries laws and regulations. Ministry of agriculture and rural affairs, conservation and control general management. Ankara, Turkey TKB 2002.

[82] Nauen, C. E., 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fish Circular*, (764): 102 p.

[83] Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., Ateş, A., 2012. Investigation of Metals in Tissues of Fish Species from Akyatan Lagoon. *Fresenius Environmental Bulletin*.

[84] Mutlu, C., Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Ateş, A., 2012. Comparison of the heavy metal concentrations in Atlantic Horse Mackerel, *Trachurus trachurus*, from coastal waters of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21 (2), 304-307.

[85] Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., 2011. Comparison of Metals in Tissues of Fish from Paradeniz Lagoon in the Coastal Area of Northern East Mediterranean. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87 (4), 381-385.

[86] Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., Mutlu, E., 2009. Heavy Metal Contaminants in Tissues of the Garfish, *Belone belone* L., 1761, and the Bluefish, *Pomatomus saltatrix* L., 1766, from Turkey Waters. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82, 70-74.

[87] FAO, 2008. FAO, (Food and Agriculture Organization of the United Nations), *Fisheries and Aquaculture, Turkey*, [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_turkey](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey).

[88] FAO/WHO, 2004. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003), (First through sixtyfirst meetings), *ILSI Press International Life Sciences Institute*.

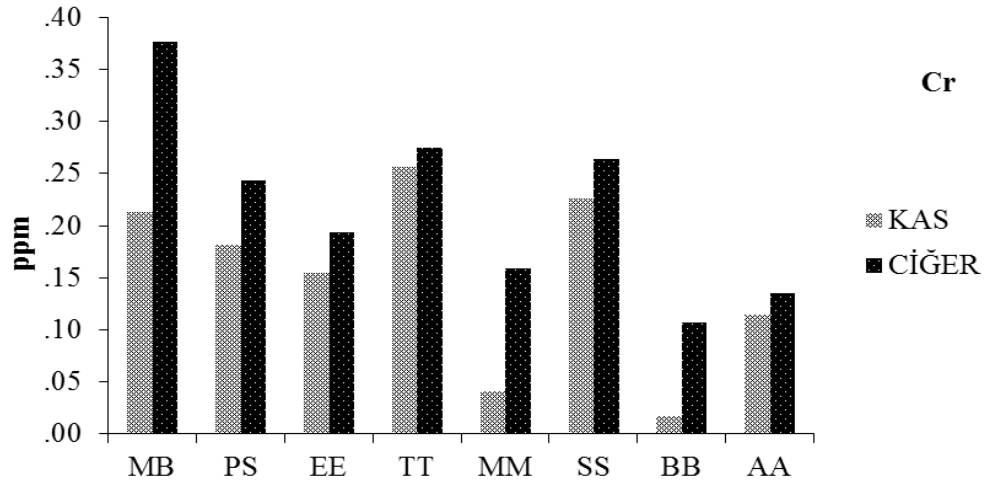
[89] WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, Chemical aspects. Available at [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq2v1/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/)

[90] EPA, 2008. U.S. Environmental Protection Agency, Manganese compounds <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html>

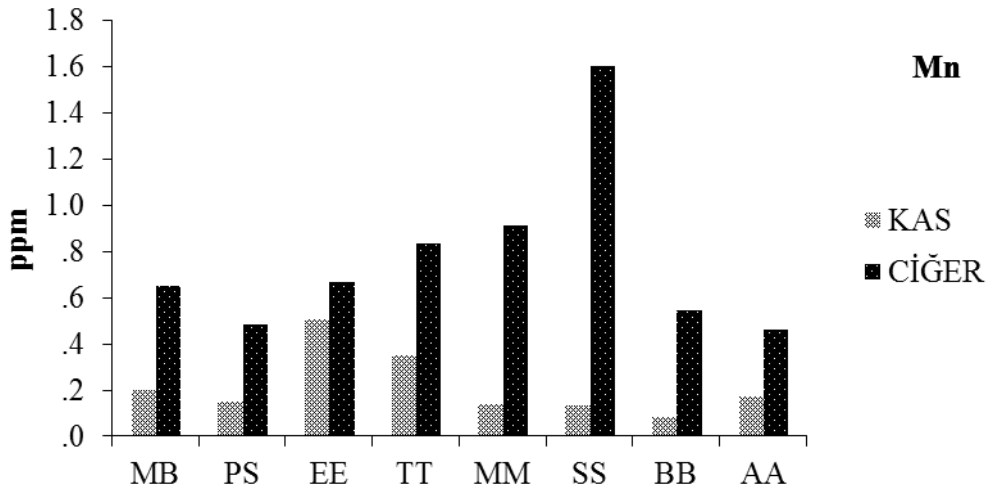
## **ÖZGEÇMİŞ**

1988 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden Temmuz 2011'de mezun oldu. Aynı yıl girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans programında öğrenim görmeye devam etmektedir.

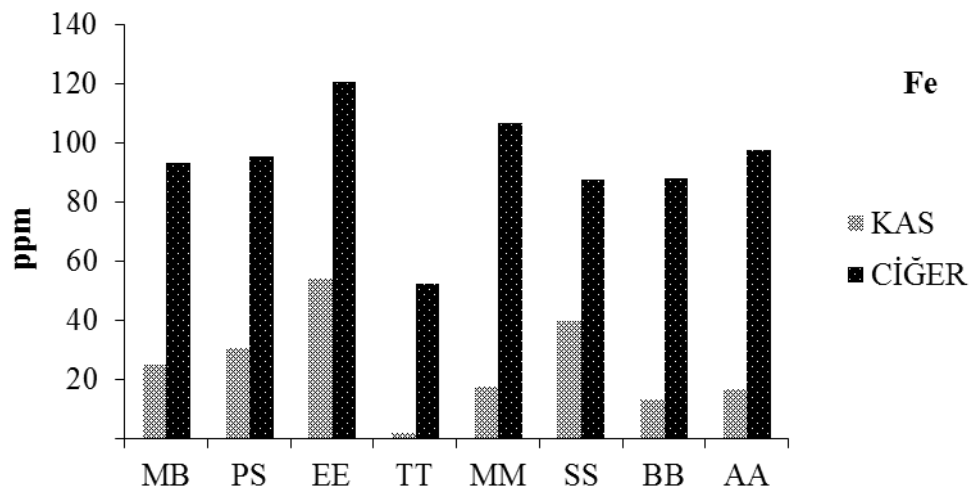
### EK-I



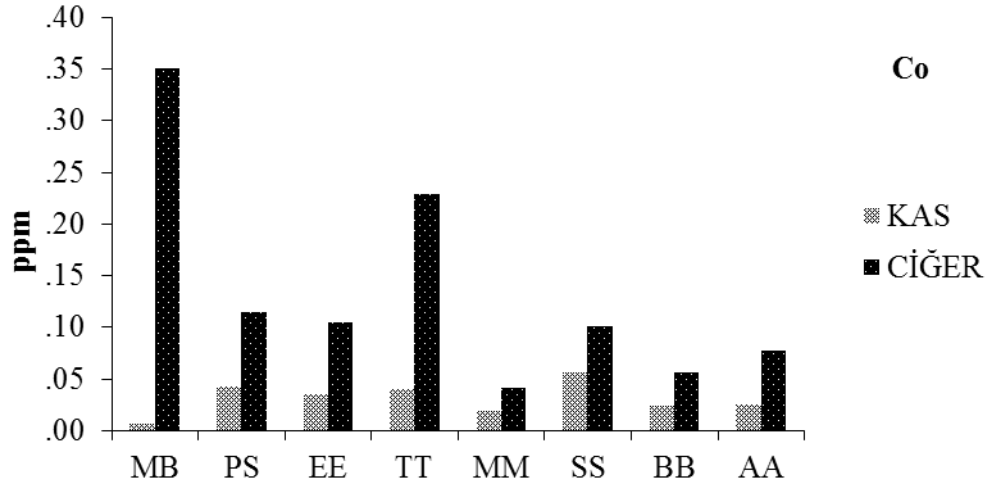
Şekil 3.1 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri



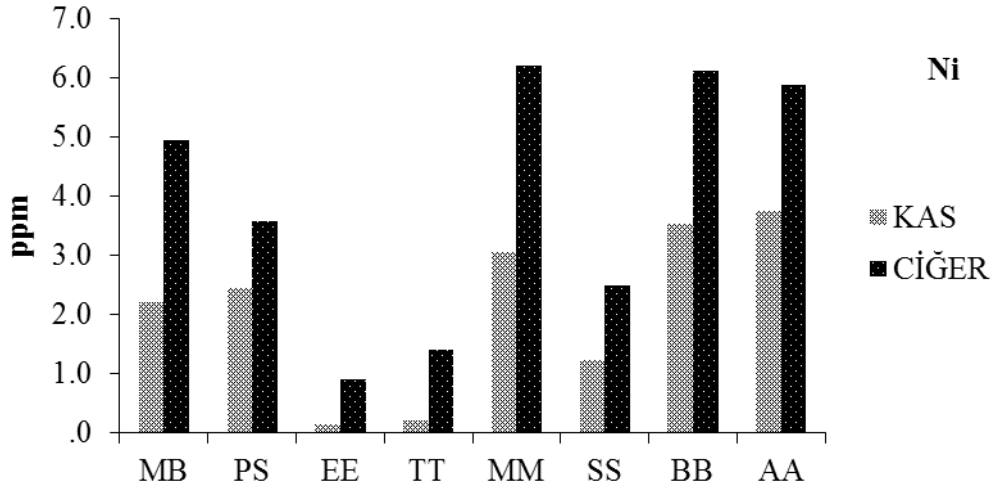
Şekil 3.2 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri



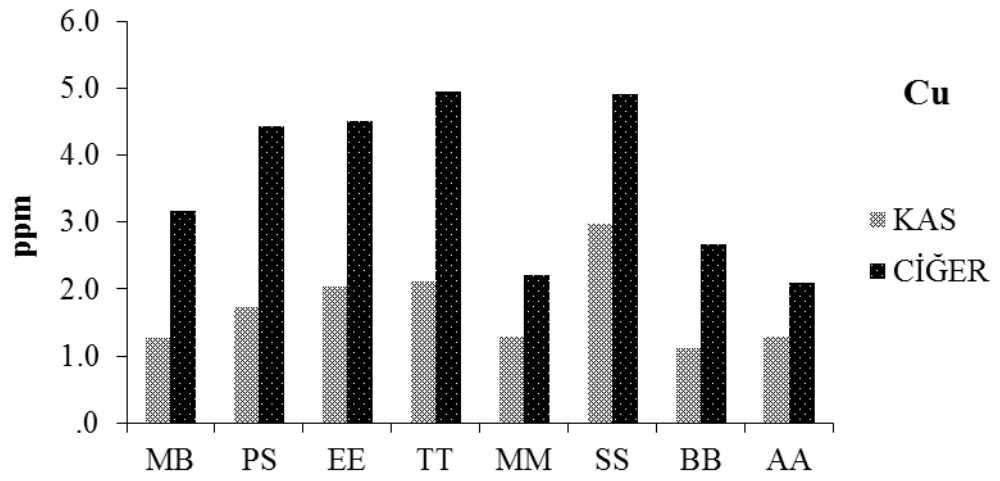
Şekil 3.3 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri



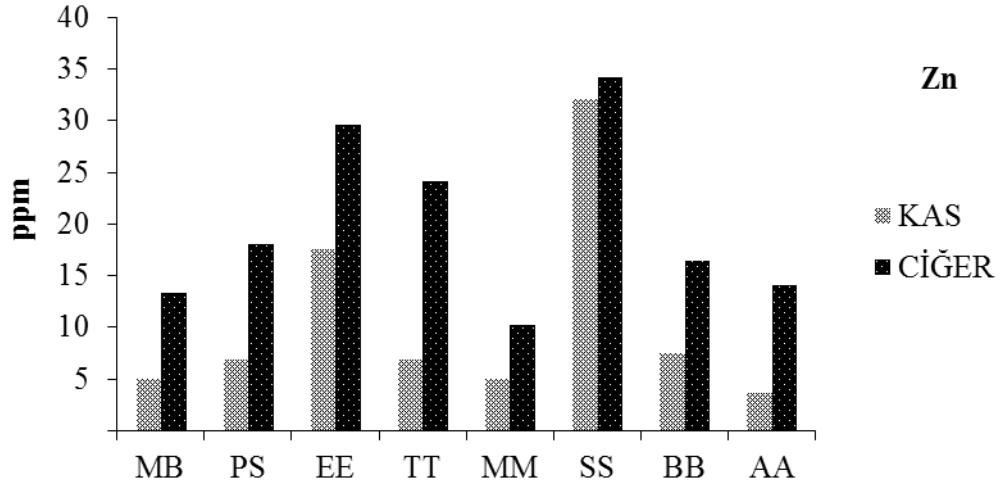
Şekil 3.4 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri



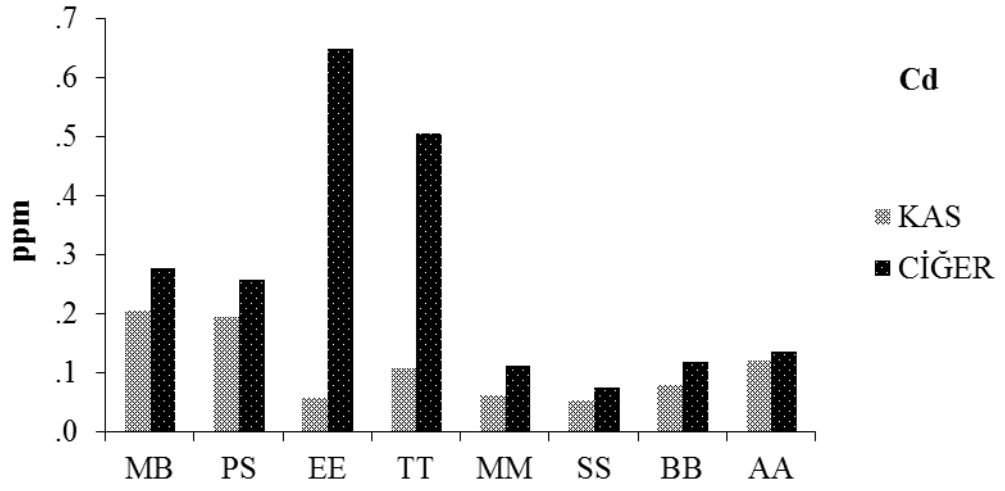
Şekil 3.5 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri



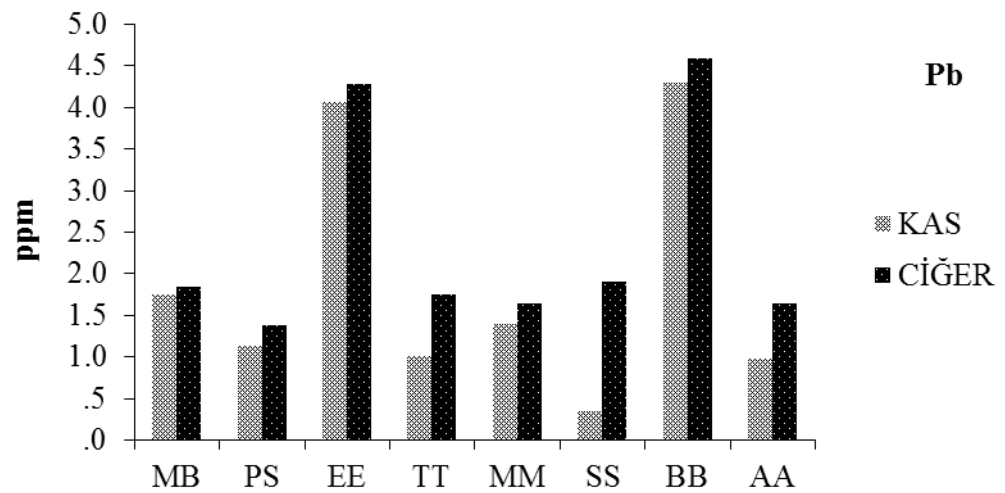
Şekil 3.6 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri



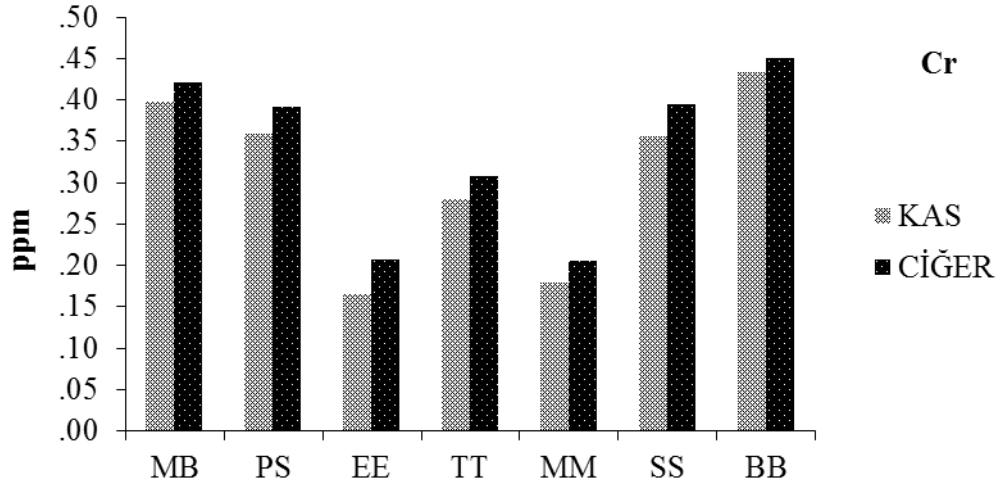
Şekil 3.7 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri



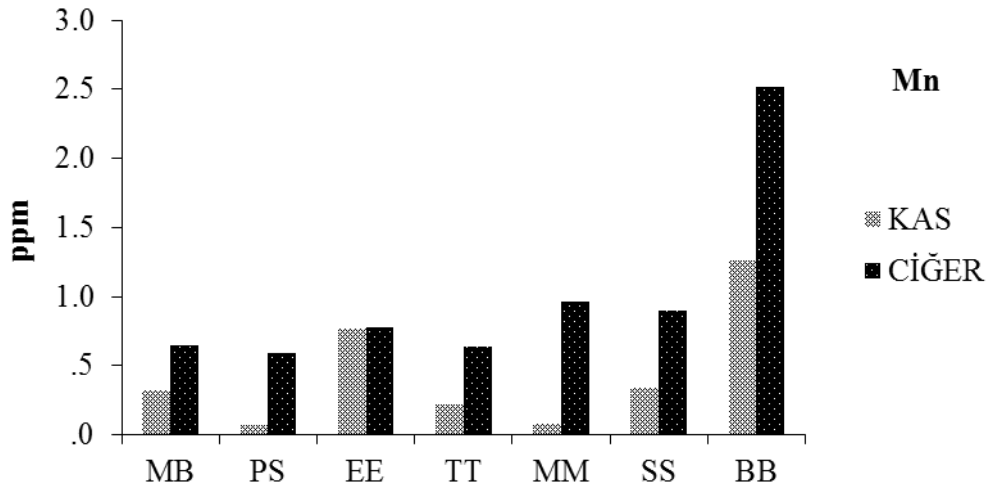
Şekil 3.8 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri



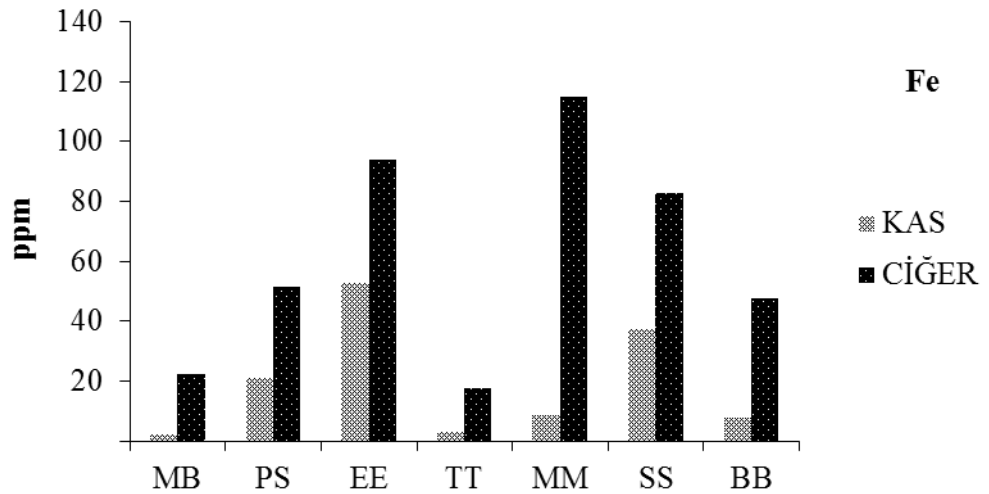
Şekil 3.9 Samsun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri



Şekil 3.10 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri

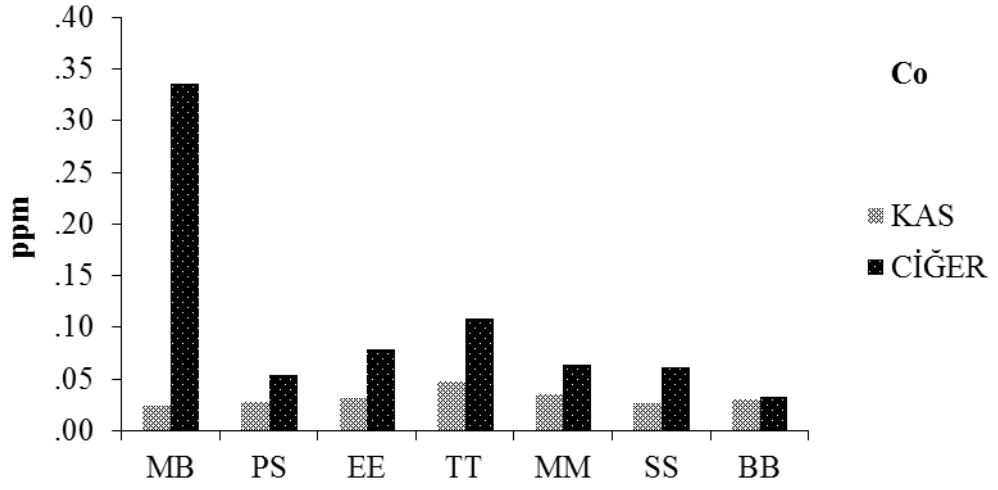


Şekil 3.11 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri

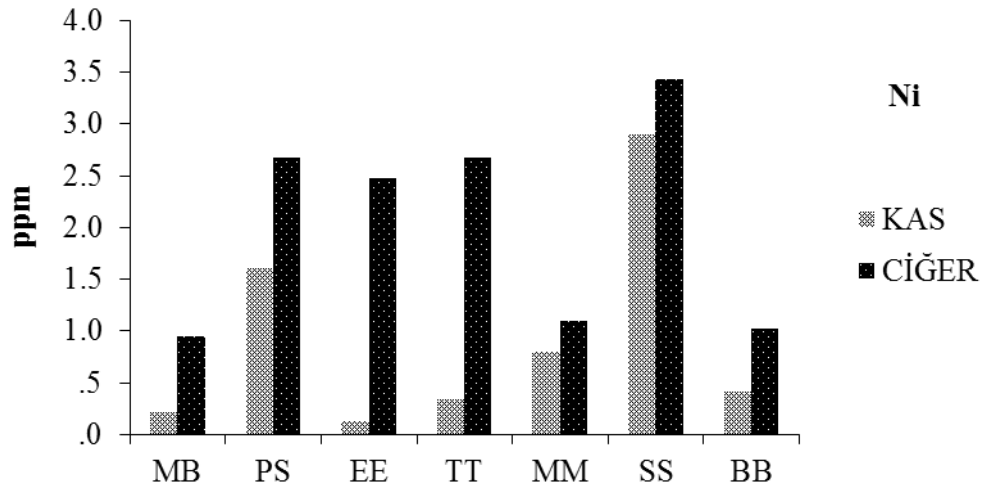


Şekil 3.12 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri

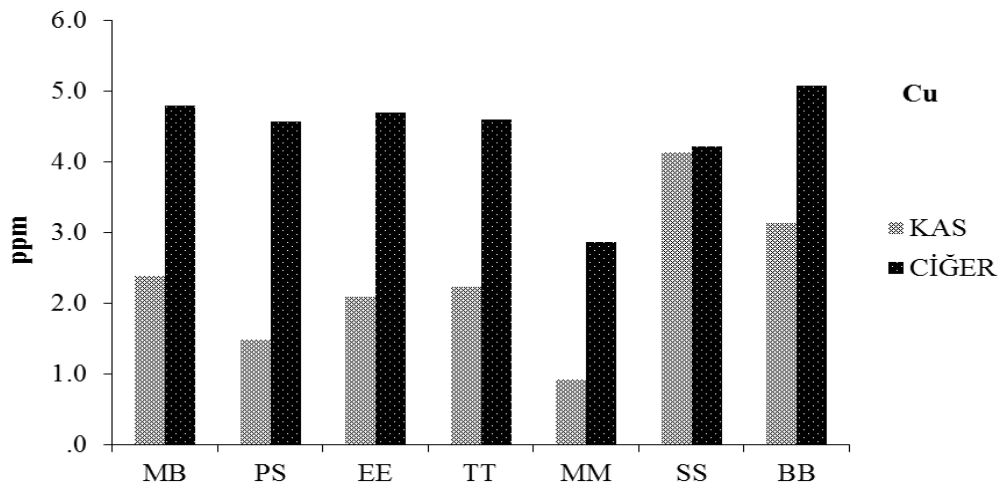




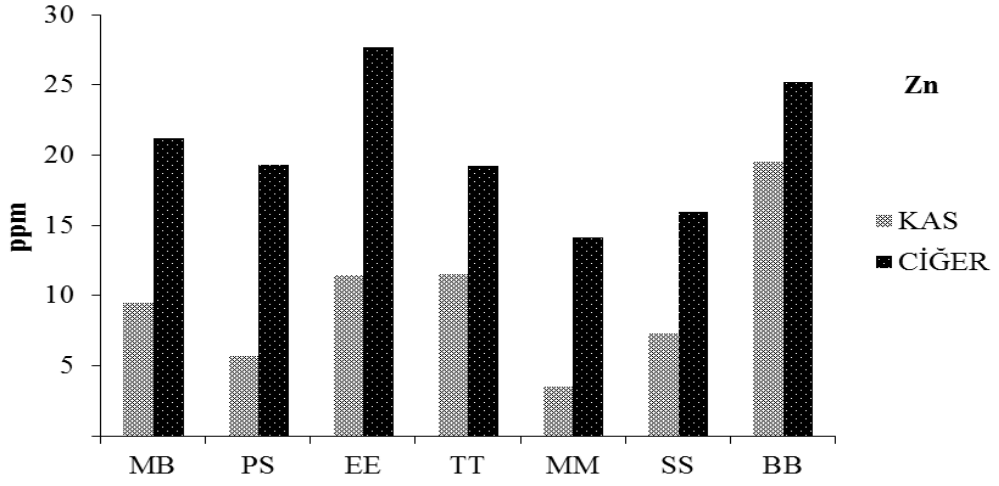
Şekil 3.13 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri



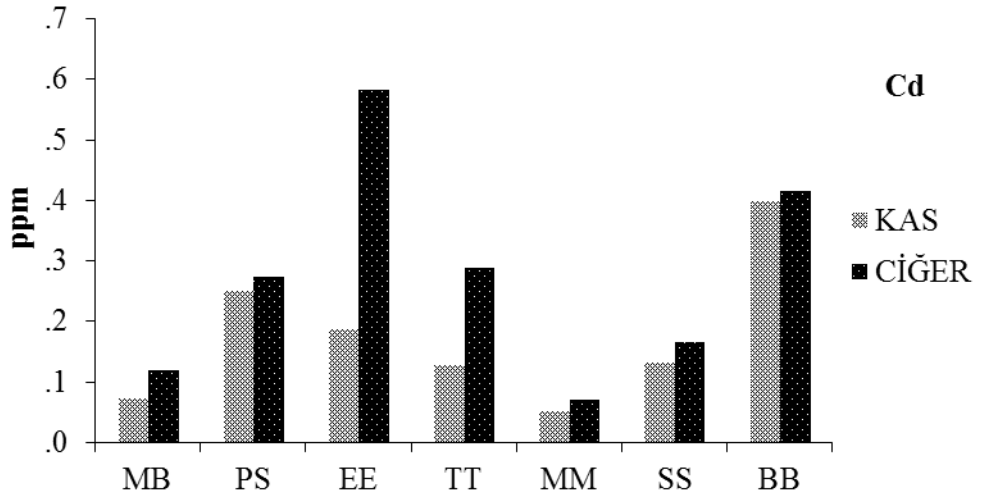
Şekil 3.14 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri



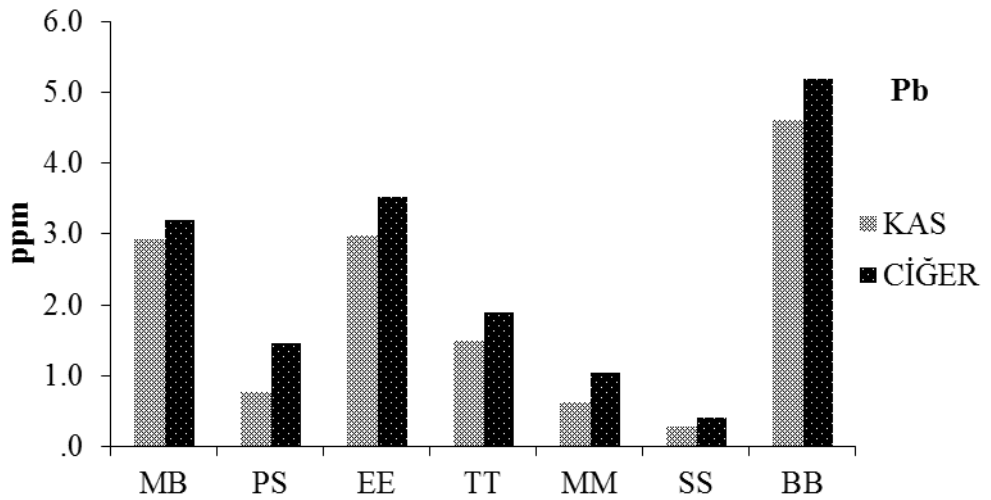
Şekil 3.15 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri



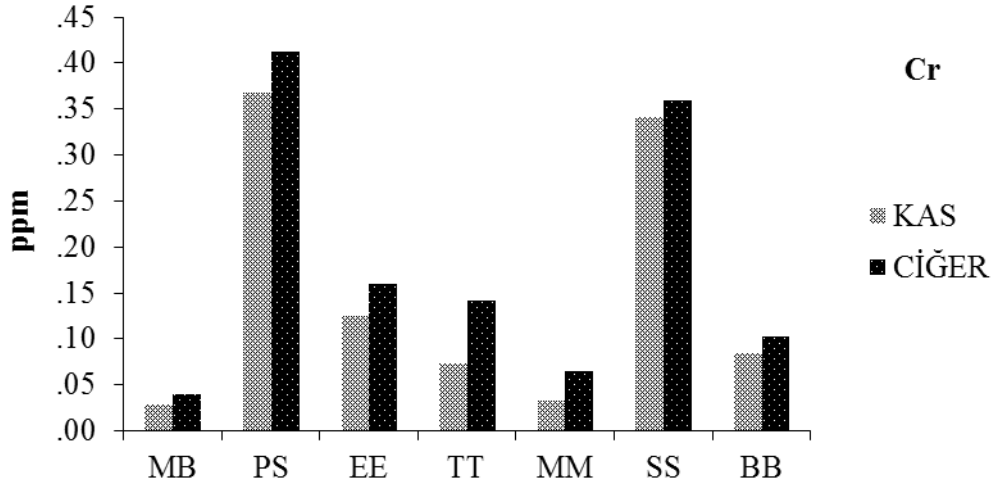
Şekil 3.16 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri



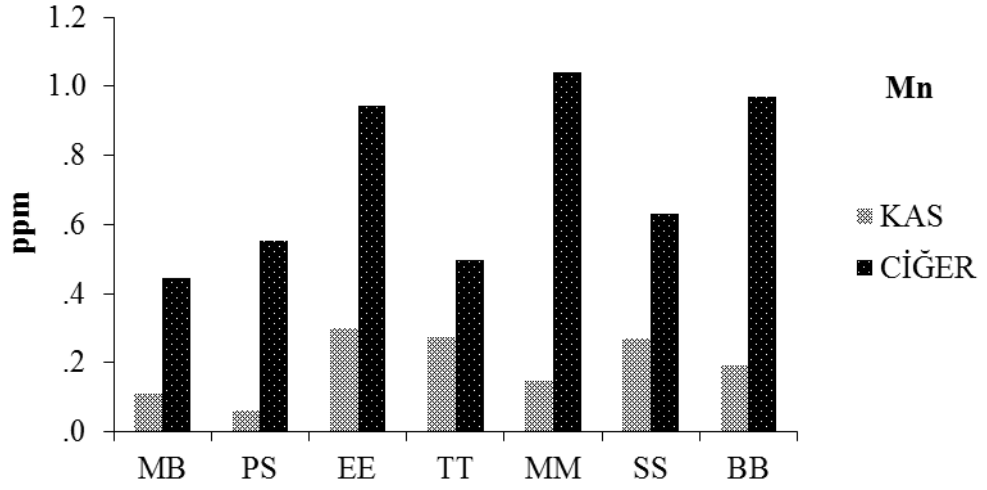
Şekil 3.17 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri



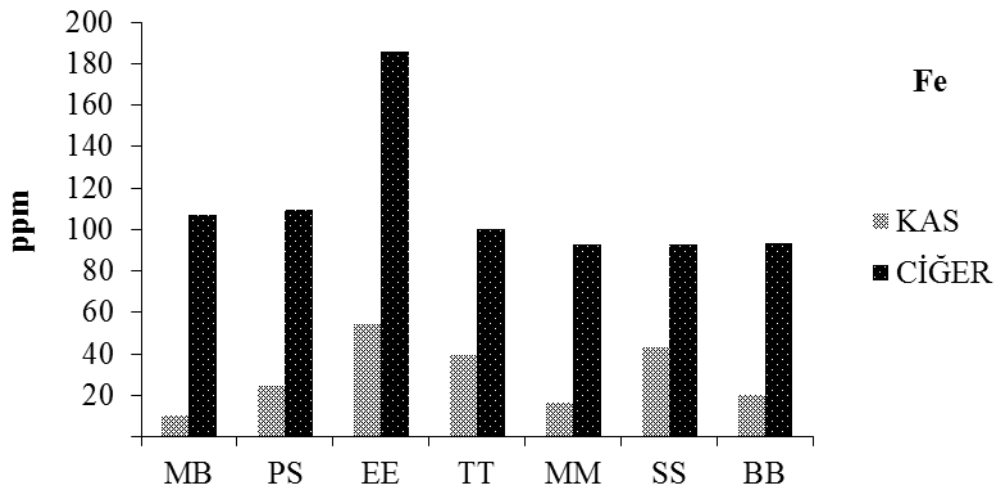
Şekil 3.18 Sinop İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri



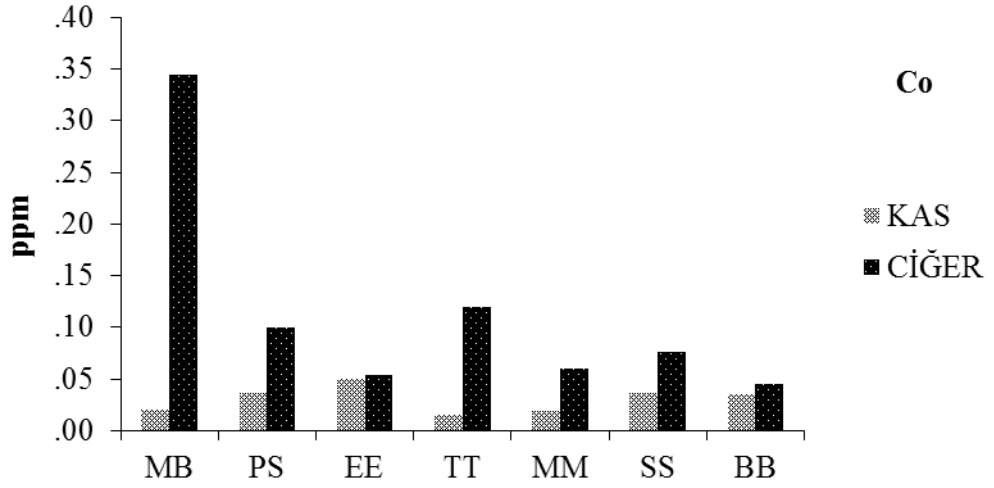
Şekil 3.19 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri



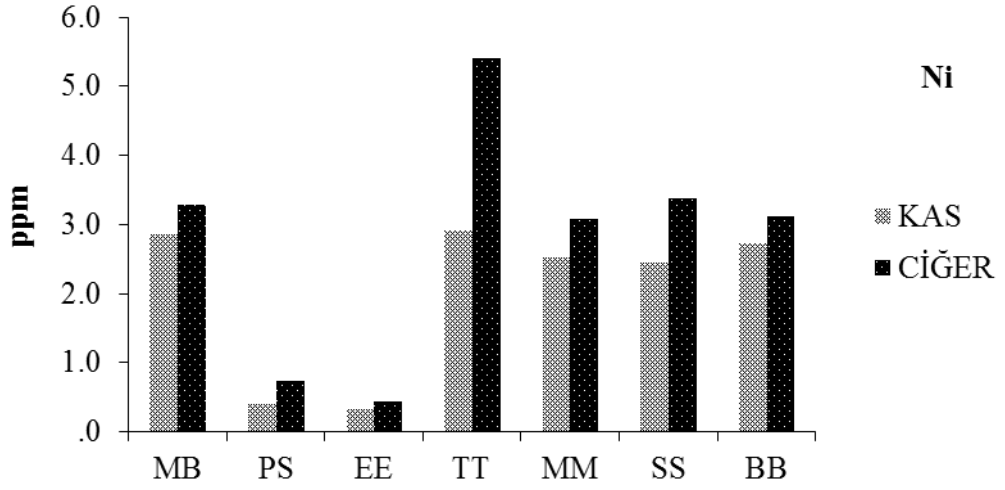
Şekil 3.20 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri



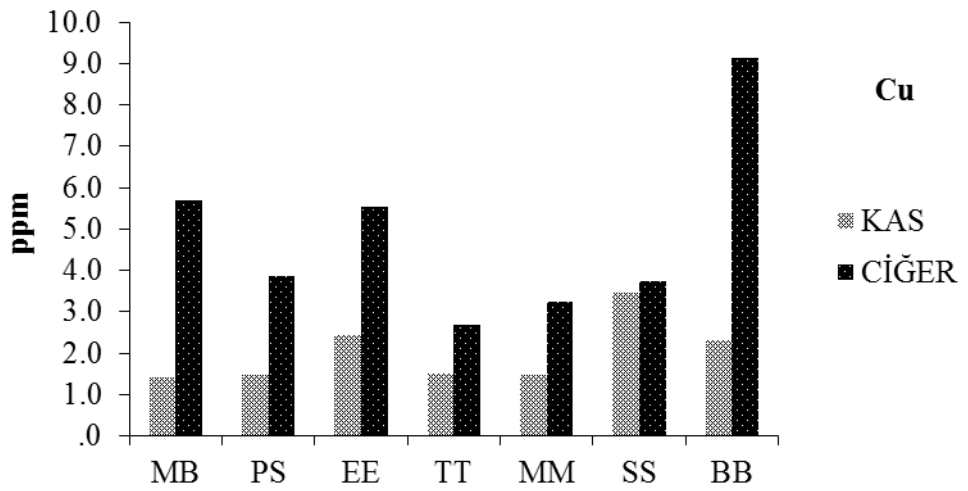
Şekil 3.21 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri



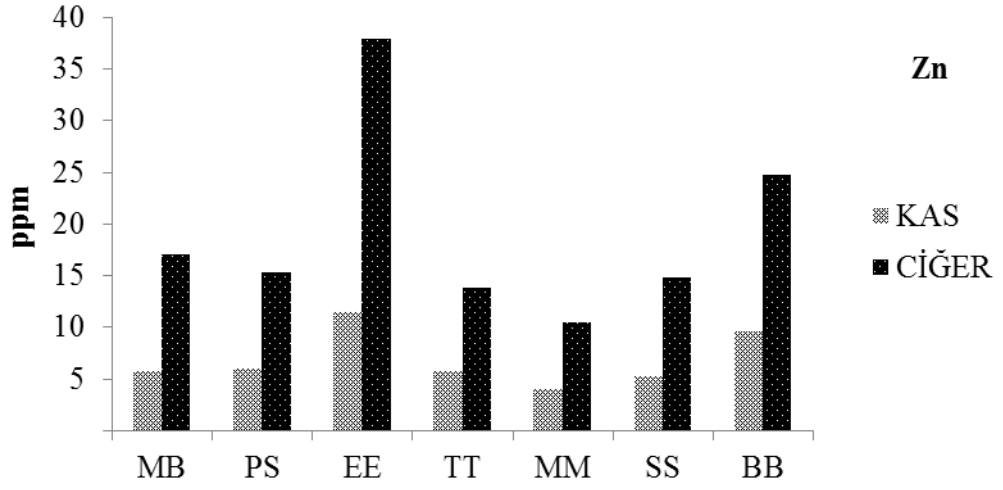
Şekil 3.22 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri



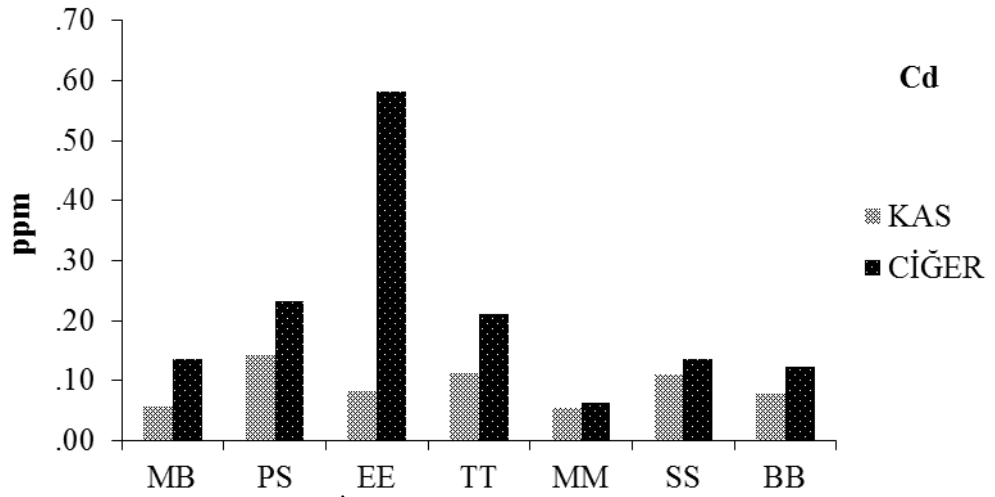
Şekil 3.23 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri



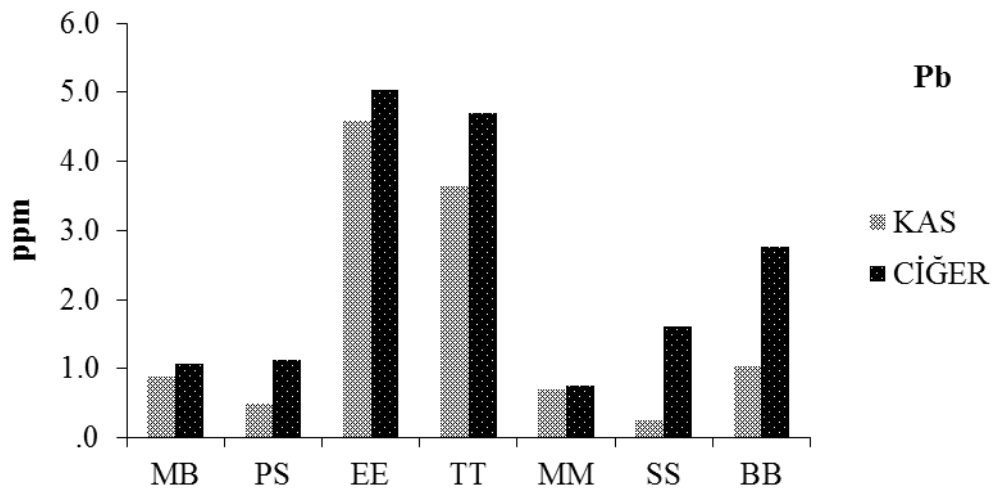
Şekil 3.24 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri



Şekil 3.25 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri



Şekil 3.26 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri



Şekil 3.27 Kocaeli İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri