



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞU KARADENİZ SULARINDAN YAKALANAN EKONOMİK ÖNEME
SAHİP BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Yazan: AYDIN AKAYDİN

Danışman: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

ŞUBAT 2014

ÖZET

DOĞU KARADENİZ SULARINDAN YAKALANAN EKONOMİK ÖNEME SAHİP BAZI BALIK TÜRLERİNDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

AKAYDİN, Aydın

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

Şubat 2014, 61 sayfa

Bu çalışmada Doğu Karadeniz sahil şeridinden yakalanan *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Alosa alosa*, *Mugil cephalus* ve *Spicara smaris* 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: 0.04-0.76, Co: 0.01-0.32, Cr: 0.02-1.00, Cu: 0.28-3.78, Fe: 8.16-53.57, Mn: 0.06-0.68, Ni: 0.09-5.91, Pb: 0.02-4.87, Zn: 3.65-17.55, karaciğerde; Cd: 0.06-3.43, Co: 0.04-1.39, Cr: 0.16-1.31, Cu: 2.10-7.50, Fe: 74.8-339, Mn: 0.44-1.89, Ni: 0.25-6.89, Pb: 0.34-11.38, Zn: 10.58-40.05 düzeylerinde bulunmuştur. Karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri kas dokusundakinden daha yüksek düzeylerde bulunmuştur. Analiz edilen balıkların yenilebilir kas dokuları incelendiğinde bu balıkların insanlar tarafından tüketilmesinin sağlık açısından herhangi bir risk oluşturmayacağı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Karadeniz, Ağır Metal, Kas, Karaciğer, Balık

ABSTRACT

ASSESSMENT OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN TISSUES OF ECONOMICALLY IMPORTANT FISH SPECIES FROM THE EASTERN BLACK SEA WATERS

AKAYDİN, Aydın

Giresun University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Biology, Master's thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

FEBRUARY 2014, 61 pages

This study assessed the heavy metal (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni and Zn) accumulation in muscles and livers of *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Alosa Alosa*, *Mugil cephalus* and *Spicara smaris* from the eastern Black Sea coast. Heavy metal levels in fish muscles in ppm were Cd: 0.04-0.76, Co: 0.01-0.32, Cr: 0.02-1.00, Cu: 0.28-3.78, Fe: 8.16-53.57, Mn: 0.06-0.68, Ni: 0.09-5.91, Pb: 0.02-4.87, Zn: 3.65-17.55; livers; Cd: 0.06-3.43, Co: 0.04-1.39, Cr: 0.16-1.31, Cu: 2.10-7.50, Fe: 74.8-339, Mn: 0.44-1.89, Ni: 0.25-6.89, Pb: 0.34-11.38 and Zn: 10.58-40.05. The levels of heavy metals were higher in livers than these in muscles. According to obtained results, may be said that consumption of the edible muscles tissues of fish by human is not a risk.

Key Words: Eastern Black Sea, Heavy Metal, Muscle, Liver, Fish

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 Ana Bilim 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 bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Çalıőmalarım esnasında bilgilerinden yararlandığım Arő. Gör. Dr. Tamer AKKAN'a çok teşekkür ederim.

Çalıőmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Natic DURA'ya ve aynı evde beraber zaman geçirdiğim Burak AKAYDİN ve İsmail YILDIZ'a teőekkürü bir borç bilirim.

Çalıőmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan abim, annem ve rahmetli babama sonsuz teőekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR.....	IV
TABLolar DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Ağır Metaller	3
1.2. Önceki Çalışmalar	10
2. MATERYAL – METOT	18
2.1. Çalışma Alanı.....	18
2.2. Materyal ve Metot	19
2.3. Metot.....	20
2.4. İstatistiksel Hesaplamalar	21
3. BULGULAR.....	22
3.1. Kaslarda ağır metal düzeyleri.....	22
3.2. Karaciğerlerde ağır metal düzeyleri	27
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	32
4.1. Sonuç	40
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ.....	52
EK-1	53

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1: Metallerin Domingo tarafından sınıflandırılması	3
Tablo 1.2: Metallerin Toksisitelerine Göre Sınıflandırılması	4
Tablo 1.3: Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri.....	6
Tablo 1.4: Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri.....	7
Tablo 2.1: Rakamlarla Karadeniz.....	19
Tablo 2.2: ICP-MS’de ağır metallerin okunduğu dalga boyları.....	20
Tablo 3.1: İstasyonlardan örneklenen balık türlerinin adları ile boy ve ağırlık değerleri.....	23
Tablo 3.2: Balık örneklerinin kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı.....	24
Tablo 3.2: (Devam): Balık örneklerinin kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı.....	25
Tablo 3.3: Balık örneklerinin karaciğer dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı.....	28
Tablo 3.3: (Devam): Balık örneklerinin karaciğer dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı.....	29
Tablo 4.1: Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması.....	34
Tablo 4.2: Karaciğer dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması.....	37
Tablo 4.3: Balıklarda hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması.....	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Örnekleme İstasyonları.....	18
Şekil 3.1: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri.....	53
Şekil 3.2: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri.....	53
Şekil 3.3: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri.....	53
Şekil 3.4: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri.....	54
Şekil 3.5: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri.....	54
Şekil 3.6: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri.....	54
Şekil 3.7: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri.....	55
Şekil 3.8: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri.....	55
Şekil 3.9: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri.....	55
Şekil 3.10: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri.....	56
Şekil 3.11: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri.....	56
Şekil 3.12: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri.....	56
Şekil 3.13: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri.....	57
Şekil 3.14: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri.....	57
Şekil 3.15: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri.....	57
Şekil 3.16: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri.....	58
Şekil 3.17: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri.....	58
Şekil 3.18: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri.....	58
Şekil 3.19: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri.....	59
Şekil 3.20: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri.....	59
Şekil 3.21: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri.....	59
Şekil 3.22: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri.....	60
Şekil 3.23: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri.....	60
Şekil 3.24: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri.....	60
Şekil 3.25: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri.....	61
Şekil 3.26: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri.....	61
Şekil 3.27: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri.....	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1: Standart referans materyal (SRM, DORM-4)'in sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (ppm, kuru ağırlık).....	22
--	----

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

l	Litre
µg	Mikrogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
kg	Kilogram
ppb	Milyarda Bir (1/1.000.000.000)
ppm	Milyonda Bir (1/1.000.000)
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
HNO₃	Nitrik Asit
N	Normalite
M	Molarite

1. GİRİŞ

Günümüzde, aşırı nüfus artışı ve yoğun endüstriyel gelişim sonucu kirletici madde miktarında çok büyük artışlar gözlenmektedir. Bu kirletici maddelerin zorunlu olarak doğrudan ve dolaylı yollarla çevreye verilmesi doğanın dengesinin hızla bozulmasına neden olmuştur. Kirletici maddelerin son durak olarak özellikle sucul ortamlarda son bulması ve bu ortamlarda insanoğlunun yaşantısını olumsuz yönde etkileyen fizikokimyasal ve biyolojik değişmelere neden olması, dünya üzerinde bu konuya karşı ilgi ve endişenin her geçen gün hızla artmasına neden olmuştur [1].

İnsanların bazı kimyasal maddelere ve özellikle ağır metallere maruz kalmaları halinde ortaya çıkan halk sağlığı problemleri her geçen gün daha da artmaktadır. Hg, Pb, Cd, Co gibi metaller toksik ağır metallerdir. Organizmalar, bu maddelerin çok az bulunduğu doğal ortamlarda gelişimlerini sürdürdüklerinden, bunların toksik etkilerini ortadan kaldıracak bir mekanizmaya sahip değildirler [2].

Genellikle, ağır metal içeren sanayi ve kent atıkları su yardımıyla daha uzak noktalardaki büyük sucul ortamlara verilmektedirler. Bu nedenle, tatlı su ve deniz ortamındaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi öncelik taşımaktadır. Denizlere taşınan ağır metaller en fazla sedimentte, sudaki asılı partiküllerde ve canlılarda yoğunlaşmaktadır [3,4].

Su ürünleri biyolojik değeri üstün, kolay sindirilebilen besin maddeleridir. İçerdiği protein, vitamin, mineral maddeler ve düşük yağ oranı ile sağlıklı bir gıdadır. Beslenme fizyolojisi bakımından balık, et ve sütün yanında önemli bir hayvansal protein kaynağıdır [5]. Balıkları da olumsuz yönde etkileyen çevre faktörleri vardır ve bunların ilk sıralarında biyotoksinler, parazitler, enfeksiyona neden olan mikroorganizmalar, fiziksel-kimyasal faktörler, pestisit, hidrokarbon ve ağır metaller gibi kirleticilerdir [6]. Balıklar gibi deniz canlıları su veya sedimentte oranla kat ve kat yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktirirler. Su ortamındaki ağır metallerin, besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturan, balıklar tarafından alınması sindirim sistemi, vücut yüzeyi ve solungaçlar gibi yapılar üzerinden olmaktadır. En fazla alımın solungaçlar aracılığıyla olmaktadır. Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun, geniş bir yüzey alanına sahip olan, solungaç lamelleri

ile etkileşmesidir [7]. Gereksinim fazlası esansiyel elementler ve esansiyel olmayan ağır metaller balıklarda hücrel ve moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olmaktadır [8,9].

Esansiyel elementler canlı vücudunda önemli fonksiyonlara sahiptirler. İskelet yapısının formasyonu, koloidal sistemin (osmotik basınç, viskozite, difüzyon) devamı ve asit-baz dengesinin düzenlenmesinin yanısıra hormonlar ve enzimleri aktive eden önemli bileşenlerdir. Spesifik iz metaller (Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Mo, Se vb.) metalloenzimlerde, tek bir katalitik fonksiyonu yürüten spesifik bir protein ile birleşirler ve birçok enzim sisteminde kofaktör olarak görev yaparlar [10,11].

Ağır metal toksisitesi bakımından insanların taşıdığı risk, ekonomik değeri yüksek olan ve en fazla tüketilen sucul canlı türlerinin içerdiği metal derişimleri ölçülerek belirlenmeye çalışılmaktadır [12,13].

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz sahil şeridinde seçilen istasyonlardan (Giresun, Trabzon, Rize) yakalanan 10 balık (karaciğer ve kas dokularında) türünde birikim gösteren 9 farklı ağır metalin (Cd, Cu, Pb, Fe, Mn, Zn, Ni, Cr, Co) konsantrasyonlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece Doğu Karadeniz sahil şeridinin hangi boyutlarda kirliliğe maruz kaldığı ve türler açısından bakıldığında en fazla kirliliğe maruz kalan türlerin hangileri olduğu, ayrıca en yüksek konsantrasyonlarda olan metallerin hangisi veya hangileri olduğu gibi hususlar tespit edilip balık türlerinin metal kirlilik düzeyleri belirlenecek ve halk sağlığına olası etkileri ortaya çıkartılacaktır.

1.1. Ağır Metaller

Ağır metal, periyodik cetvelin, üçüncü ya da daha yüksek periyodunda bulunan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir deyimdir. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından; yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir. Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır [14]. Metaller Domingo tarafından 4 farklı grupta ele alınmıştır. (Tablo 1.1). Normal koşullarda ağır metallerin doğadaki oranı düşüktür. Doğal ortamdaki konsantrasyon oranı arttığında, gümüş, civa bakır, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller özellikle organizmalar üzerinde toksik etki yapmakta ve enzimleri inhibe etmektedir. Canlılardaki bazı enzimatik aktiviteler için bazı metaller belli konsantrasyonlarda olmak şartı ile gereklidir. Organik maddeye bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve organik maddelerin bozuluşu ile çözülmüş olarak tekrar serbest hale geçer [15].

Tablo 1.1: Metallerin Domingo tarafından sınıflandırılması [16].

Çevrede Geniş Oranda Bulunan ve En Fazla Toksikiteye Neden Olan Metaller	Argon (Ar), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Civa (Hg)
Esansiyel iz metaller	Krom (Cr), Kobalt (Co), Mangan (Mn), Selenyum (Se), Çinko(Zn)
Biyolojik önemi olan diğer metaller	Nikel (Ni), Vanadyum (Va)
Farmakoloji ile ilgili metaller	Alüminyum (Al), Kalsiyum (Ca), Lityum (Li)

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir [14].

Denizdeki metaller, birçok nehrin kirletici unsurları taşıması sonucunda birikir. Ayrıca bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları nedeniyle de birikim çok daha fazla olabilir. Kimyasal kirleticiler atmosfer yoluyla da önemli ölçüde su ortamına karışır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgâr ve yağışlarla suya geçerler. Madencilik endüstrisi ağır metal kirliliğine yol açan kaynakların en başında gelir. Maden cevherlerinden metallerin kazanılması sırasında meydana gelen atıklar, çoğu kez tabii tutuldukları işlemlerle aktifleşip birer kirlilik kaynağı haline gelir. Bu metaller daha sonra atmosferik etkilerle çözünerek yeryüzü ve yeraltı sularına karışırlar [17-19].

Organizmalar üzerindeki etkilerine bağlı olarak metaller, kritik olmayan, toksik ve çok toksik olarak sınıflandırılır. (Tablo 1.2). Bununla birlikte çok toksik sınıfta yer alan manganez, bakır ve çinko gibi elementler mikro besin elementlerinden olup; çoğunlukla iz elementler olarak gösterilirler [20].

Tablo 1.2: Metallerin Toksisitelerine Göre Sınıflandırılması

Kritik Olmayan	Toksik	Çok Toksik
Na, C, K, P, Li Mg, Fe, Rb, Ca, S, Sr, H, Cl, Al, O, Br, Si	Ti, Ga, Hf, La, Zr, Os, W, Rh, Nb, Ir, Ta, Ru, Re, Ba	Be, As, Co, Se, Hg, Ni, Te, Tl, Cu, Pd, Pb, Zn, Ag, Sb, Sn, Cd, Bi

Deniz ortamındaki ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla balıkların ve diğer sucul organizmaların kas, karaciğer, böbrek, solungaç, deri gibi doku ve organları biyobelirteç olarak kullanılmaktadır [21,22]. Balıklar kirlilik artışı gibi çevresel değişikliklere karşı çok hassas olduklarından dolayı tüm akuatik ekosistemin genel durumunun belirlenmesinde balık sağlığı güvenilir bir göstergedir.

Kirleticilerin ilk belirgin etkileri canlıların davranış ya da dış görünümde ortaya çıkmadan önce doku ya da hücre seviyesinde görülür. Histolojik analizler çok duyarlı parametreler olarak bilinir ve hedef organlarda hücresel değişimlerin belirlenmesinde gereklidir. İnsan beslenmesinde önemli yeri olan balıklar kirleticilere maruz kaldıklarında insan sağlığını da tehdit eder duruma gelirler [23]. Sucul ortamdaki ağır metallerin balıklar tarafından bünyelerine alınması en fazla solungaçlar, vücut yüzeyi ve sindirim sistemi ile olmaktadır. Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun en geniş yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleri ile etkileşmesinden dolayıdır. Solungaç epitelinde çevresel kirlenmeye fizyolojik tepki olarak görülebilecek hiperplazi, mukoz hücrelerin fazla aktif olması, primer lamellerin ayrılması gibi defektler biyolojik yanıtların sadece bazılarıdır. Değişik yollardan canlı bünyesine alınan ağır metaller her organ ve dokuda farklı düzeyde birikirler. Canlı bünyesinde çeşitli metabolik yollara katıldıktan sonra vücut dışına atılabilen metallere fizyolojik öneme sahip olanlar depolanır. Eğer bunlar toksik metallere biri ise, enzimlerin yapısını bozabilmektedir [24]. Toksik maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak, eritrositlerin membran yapılarını, iyon geçirgenliğini ve hücre metabolizmasını bozduğu ortaya konulmuştur [25,26].

Tablo 1.3: Sucul ortamda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri [27].

Ağır Metalin Adı	Kabul Edilebilir Değer (mg/lt)
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

Kirliliğin deride etkisi enfekteli hücreselerde çoğunlukla hipertrofi (bir organın patolojik olarak fazla büyümesi) olarak ortaya çıkar ve balık derisinde kümeleşmiş nodüller şeklinde hipertrofik yapılara dönüşür. Kirleticiler derinin epitel tabakalarını önemli bir şekilde etkiler ve eğer kirleticinin etkisi devam ederse derinin altındaki kasları da içine alan dokulara zarar vererek farklı lezyonlar ortaya çıkarabilir. Derideki patolojilere ilaveten mukus hücrelerindeki artış, nekrozlar, epidermisin kabuklaşp dökülmesi de yaygın görülen lezyonlardandır [28]. Karaciğer bir detoksifikasyon organı olup toksik bileşenlerin metabolizma ve atılmalarında önemlidir. Toksik maddelere maruz kalmalar karaciğerde histolojik değişimlere neden olduğundan bu organ iyi bir biyomarkır (biyolojik gösterge)'dir [29]. Kirleticilerin bazı balık türlerinde oluşturduğu, makroskobik değişimler (nodül ve tümörler) arazi şartlarında kolayca tespit edilebilir [28]. Karaciğerde belirlenen histopatolojik bulgular; hepatosit sitoplâzmasındaki vakuollerde artış, lizozomlarda genişleme, hücre şekillerinde değişim, nekrozlar, iskemi (bir bölgenin geçici kansızlığı) ve yağ dejenerasyonlarıdır [30].

Kirleticilerin iskelet kası üzerindeki etkileri hakkındaki çalışmalar sınırlı olmakla birlikte belirlenen başlıca patolojik değişiklikler kas liflerinin dejenerasyonu ve nekrozdur. Kirleticilerin iskelet ve iskelet kaslarına etkileri kalsiyum metabolizması ve kalsifikasyon işlemlerinin bozulmasıyla açıklanmaktadır. Kaslardaki yaralanmalar, beslenme, yumurtlama göçü ve predatörlerden kaçma gibi önemli fonksiyonların aksamasına neden olmaktadır. Balığın iskelet gelişmesi kirletici etkilere karşı oldukça hassastır [28].

Tablo 1.4: Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri [27].

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

Bazı ağır metaller canlı organizmalar için esansiyel oldukları halde yüksek konsantrasyonda toksiktirler. Bunlar bakır (Cu), krom (Cr^{+3} formu), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), çinko (Zn) ve nikel (Ni)'dir. Bununla birlikte kadmiyum (Cd) , krom (Cr^{+6} formu) , civa (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller canlılar için esansiyel olmayıp eser miktarda bile toksik etki gösterebilir [31].

Cd en toksik ağır metallere biridir. Düşük konsantrasyonlarda bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir [32-36]. Balıklarda Cd vücut yüzeyi ve solungaçlardan vücuda girmektedir. Vücut yüzeyinin pullarla kaplı olması, bu yolla Cd alım oranını düşürmektedir. İnsanlarda ise kadmiyum vücuda havadan solunumla, bitkiden hayvandan yiyecek ve sudan içeceklerle alınmaktadır. Meslek gereği Cd'a maruz kalan kişilerde prostat, deri, akciğer, özafagus, burun kanserlerine neden olmaktadır. Aslında kadmiyum bileşiklerinin hepsi potansiyel olarak insanda karsinojendir ancak belli hedef bölgelerin karsinojeniteye duyarlı olması sıklıkla tür, ırk, yaş ve cinsiyetle ilişkili olmaktadır [37].

Ni esas olarak çevrede oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan bir element olup, volkanlardan kaynaklanır ve bütün topraklarda bolca bulunur. Ni, havada çok düşük miktarda bulunabilir, balık, bitki ve hayvanlarda pek bulunmaz. Ni vücuda solunum, içilen su ve beslenme şekillerine bağlı olarak alınır. Absorbe olan nikelin atılması en fazla idrarla gerçekleşir. Bunun yanı sıra salya ve ter ile de atılımı meydana gelmektedir [38]. İnsan ve hayvanlar için esansiyel olan ve çok düşük miktarlarda olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri meydana gelmektedir. Aşırı miktarda Ni ve bileşiklerinin olduğu rafineriler ile işleme ünitelerindeki havayı teneffüs ederek çalışan işçilerde akciğer ve sinüs kanserleri görülmüştür [31,39].

Co, çevreye doğal kaynaklardan, kömür, petrol ya da kobalt alaşımı ürünlerin yanmasıyla dahil olur. Çevredeki radyoaktif Co miktarının artmasının tek sebebi radyoaktif bozulmalardır. Co hayvansal ve mikrobiyolojik tekniklerle üretilen besinlerle vücuda alınabildiği gibi solunum, gıda ve içme suyuyla da düşük miktarda vücuda alımı olabilir [39]. Co eksikliğinde anemi riski artar. Co başlıca karaciğer, sakatatlar, kırmızı et, istiridye ve balıkta bulunur [38].

Zn, maden yatakları ve toprakta başlıca çinko sülfür ve çinko karbonat şeklinde bulunur. Zn içme suyu, istiridye, kepek, buğday unu, ekmek, salyangoz, ciğer, böbrek, dana-domuz-kaz eti, lahana, yılan balığı ve yengeçte bulunur [40]. Sağlıklı bir bağışıklık sisteminin oluşmasını sağlar, yaraların iyileşmesine, vücudun tat ve kokuları algılamasına yardımcı olur ve DNA sentezinde görev alır.

En büyük Mg kaynaklarımızdan birisi içme sularımızdır. Yeryüzü kabuğundaki Mg'un en fazla bulunduğu yer ise denizlerdir. Göller ve yer altı tuz birikintilerinde önemli Mg rezervleri vardır. Mg vücudumuz için hayati önem taşıyan minerallerden biridir. Vücudumuzda yaklaşık 20-28 gr olan magnezyumun % 60'ı kemik ve dişlerimizde, % 49 'u kaslarımızda bulunur. Bağırsaklardan çok zor emilir. Fazla miktarda alınan Mg dışkı yumuşamasına neden olabilir. Bitkilerde de klorofilde yer alır ve güneşten gelen enerji fotonlarını tutar. Eksikliğinde kabızlık, kaslarda kramplar ve kasılmalar görülebilir [40].

Cu yer kabuğundaki kayalarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür (kalkopirit, kalkosit) ve karbonat mineralleri halinde (malahit, azurit) bulunur [41]. Cu tüm canlıların vücudunda bulunması gerekli olan esansiyel bir elementtir.

Balıklar tarafından bakırın alınması büyük oranda solungaçlar ve besinlerle olmaktadır. Bakırın vücuttan atılması ise idrar ve dışkı yolu ile olmaktadır [42,43]. Bakırın, hayvan ve insanlarda ağırlıklı olarak biriktiği organ karaciğerdir. Tarımda aşırı miktarda kullanılması bitkilerin büyümesini olumsuz yönde etkiler.

Kurşun yer kabuğunda yaygın bir elementtir. Toprakta yaklaşık 12,5 ppm'lik bir konsantrasyona sahip, toprak ve sediment parçacıkları tarafından son derece yüksek oranlarda absorbe edilir. Aynı zamanda, sucul ortamlarda kurşun alımı, sertlik, pH, tuzluluk, sıcaklık ve organik madde gibi çevresel faktörler tarafından son derece etkilenmektedir [44]. Pb insan sağlığına en çok zarar veren dört metalin dışındadır. Pb, hava, su ve toprak yoluyla, solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Kurşun, kireç taşından, kurşun yatağından ve yağmurla doğal suya karışarak balıklar ve balıkların besin zincirine katılan canlıların vücudunda birikir. Suda az çözünen kurşun tuzları midede hidroklorik asidin etkisiyle çözünür ve kana geçebilir. Kana geçen kurşunun atılımı çok yavaş olduğundan devamlı bir birikim söz konusudur [45].

Fe diğer metallere oranla doğada en yüksek derişimlerde bulunur [46]. Doğal olarak toprakta bulunan Fe, yağışlarla birlikte akarsular, nehirler ile deniz ve göllere taşınmaktadır. Hem doğal ve hem de insan aktiviteleri sonucu denizel ortama girmektedir [47]. Fe, insanların, bitkilerin ve hayvanların düşük miktarlarda dahi ihtiyaç duydukları bir elementtir Normal olarak çözülemeyen yapıda olmasına rağmen, doğal olarak meydana gelen birçok reaksiyonla, demirin çözülebilir formları oluşturulabilir ve bunlar girdikleri su ortamlarını kirletirler. Bu yüzden aşırı demir, yer altı sularında genel bir problem olarak belirtilmektedir. En fazla kemik iliği, kırmızı kan hücreleri, karaciğer, akciğer ve dalakta birikir. Esansiyel bir element olan demirin sulardaki yüksek konsantrasyonları sağlığı tehdit eder.

Mn yaşam için gerekli olup, hububat, tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Suyu ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik tasımıyla olur. Genellikle karaciğer, böbrek ve pankreasta birikir. Su, hava ve gıda yoluyla düşük miktarlarına herkes maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Etkilenen kişilerde zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş ve hantal vücut hareketleri görülüp, bu belirtilerin kombinasyonu "magnetism" olarak

adlandırılan bir hastalıktır. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan Mn insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir [39].

Krom, kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formda bulunabilir. Bu formlardan en yaygın olarak bulunanı; Cr^0 , Cr^{+3} ve Cr^{+4} 'tür. Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir. Dünya Sağlık Örgütü, nefes yoluyla yüksek dozlarda Cr'un akciğer kanseri riskini artırdığını, su ve gıdayla alımların ise, mide ülseri, böbrek ve karaciğer hastalıkları ve hatta ölümlere sebep olduğunu bildirmektedir. Krom, hava, su ve toprağa genellikle Cr^{+3} ve Cr^{+4} formlarında girer. Havada ince toz parçacıkları halinde bulunan krom bileşikleri doğal olarak toprak ve suya düşer [39].

1.2. Önceki Çalışmalar

Uysal ve arkadaşları (1986), Ege Denizi kıyılarında yenilebilir organizmalara ait, farklı ortamları temsil eden 3 pelajik balık türü ve 3 yumuşakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd, Hg metal düzeylerini belirlemişlerdir. *S. pilchardus* türündeki metal birikimlerinin *S. scomber* ve *T. trachurus* türlerine oranla daha yüksek seviyelerde olduğunu, yine bu türün diğer türlere oranla kirlenmiş bölge şartlarına daha kolay uyum sağladığını belirtmişlerdir [48].

Uysal ve arkadaşları (1989), Ege denizi kıyılarında 8 balık ve 9 yumuşakça türünde Cu, Zn, Fe, Pb, Cd ve Hg iz element düzeylerini çalışmışlardır. İz element düzeyleri mollusk türlerinde, özellikle pelajik balık türlerine oranla daha yüksek düzeylerde belirlenmiştir [49].

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 [50].

Bat ve arkadaşları (1996), Karadeniz'in ticari öneme sahip balıklarından *M. barbatus*, *M. merlangus euxinus*, *T. trachurus* ve *E. encrasicolus* türünde 7 iz element konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Balıkların karaciğer dokusunda kasa

göre daha yüksek metal biriktiğini tespit etmişlerdir. Mezgit'in 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 [51].

Bat ve arkadaşları (1998) yaptıkları bir çalışmada, bölgedeki halk tarafından sıkça tüketilen zargana (*B. belone*), lüfer (*P. saltator*), sahil yengeci (*C. aestuarii*) türlerinde iz element konsantrasyonlarının seviyelerini tespit ederek halk sağlığı açısından risk taşıyıp taşımadıklarını belirlemişlerdir. *C. aestuarii* türünün geniş bir coğrafik dağılıma sahip olması, toplanmasının kolay olması nedeniyle çevresel kirliliğin belirlenmesinde biyomonitör tür olduğunu ifade etmişlerdir [52].

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 değişebileceği saptanmıştır [53].

Ünsal ve arkadaşları (1998)'nin 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 Bölgesinin izlediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca Kızılırmak, Yeşilirmak ve Giresun-Bulancak Pazar suyu 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 [54].

Kocahan (1999) yaptığı araştırmada, Marmara Denizi'ndeki 30 istasyondan yakalanan demersal balıklardan berlam, mezgit, 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 bildirmişlerdir [55].

Topçuoğlu ve arkadaşları (2002) yaptığı 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 [56].

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) *T. trachurus*'da Cd: 0.47, Cu: 1.52, Fe: 32.40, Mn: 3.76, Pb: 0.85, Zn: 12.05; *E. encrasicholus*'da Cd: 0.20, Cu: 1.94, Fe: 10.45, Mn: 1.96, Pb: 0.38, Zn: 17.38; *S. sarda*'da Cd: 0.09, Cu: 1.28, Fe: 9.52, Mn: 1.06, Pb: 0.22, Zn: 11.20, *A. caspia*'da Cd: 0.35, Cu: 2.93, Fe: 16.08, Mn: 1.57, Pb: 0.52, Zn: 20.41; *C. 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 [57].

Göksu ve arkadaşlarının (2003) yapmış oldukları çalışmada Seyhan Baraj Gölü'nden alınan *C. carpio* ve *S. 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 bulunmuştur [58].

Tekin-Özan ve arkadaşının (2005) yapmış oldukları çalışmada Kovada Gölünde yaşayan *T. tinca* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cu, Fe, Zn, Mn, Cr, Pb ve Cd, ağır metallerinin birikimini araştırmışlardır. Elde edilen veriler ışığında *T. tinca* balığının dokularındaki Mn birikimi standartların üstünde bulunmuştur [59].

Erdoğrul ve arkadaşlarının (2006) yapmış olduğu çalışmada Sır ve Menzelet Baraj Göllerinden alınan *L. cephalus*, *C. carpio*, *A. 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 olmadığı belirlenmiştir [60].

Karadeniz ve Ege Denizi'nden alınan balık örneklerindeki ağır metal düzeyleri üzerine yapılan bir başka çalışmada balık örneklerindeki ağır metal içeriğini 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 rapor etmişlerdir. Yapılan analiz sonucunda balık örneklerindeki kurşun ve kadmiyum düzeyleri insan tüketimi için kabul edilebilir limitlerden daha yüksek seviyelerde bulunmuştur [61].

Akgün ve arkadaşlarının (2007) yapmış oldukları çalışmada Sakarya Nehri Çeltik Çayında yaşayan *L. cephalus* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Zn, Cd, Pb ve Cu'nun ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre *L. cephalus* balığının dokularındaki Zn, Cd ve Pb düzeylerinin kabul edilebilir limit değerlerin üstünde, Cu'nun ise kabul edilebilir limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir [62].

Uysal ve arkadaşının (2007) yapmış olduğu çalışmada Kütahya DPÜ Göleti'nden alınan *C. carpio* balığının kas, deri ve solungaç dokularındaki Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen değerlere göre, *C. carpio* balığının kas ve solungaç dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığını tehdit edecek düzeyde değildir [63].

Türkmen ve arkadaşları (2008) yaptıkları diğer bir çalışmada Marmara, Ege, Akdeniz denizlerindeki 12 balık türünün kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerini değerlendirmişlerdir. Fe incelenen tüm doku örneklerinde yüksek düzeyde bulundu, ikinci en yüksek düzeyde bulunan ağır metal ise Zn olarak bildirilmiştir. Karaciğerlerdeki 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 bulunmuştur [64].

Tepe ve arkadaşları (2008) Türkiye denizlerinden toplanan balık örneklerinin kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal seviyelerini belirlemişlerdir. Karaciğerde bütün metaller en yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. Analizler sonucunda balık tüketiminin insan sağlığı için olumsuz bir etki oluşturmayacağı belirtilmiştir [65].

Türkmen ve arkadaşları (2008) Türkiye denizlerinde yaptıkları bir diğer çalışmada bu denizlerden yakalanan iki balık türü *E. encrasicolus* ve *S. smaris*'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 [66].

Tekin-Özan ve arkadaşının (2008) yapmış olduğu çalışmada Beyşehir Gölü'nden 2 yıl boyunca 4 mevsim olarak alınan *C. carpio* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki Cr, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ağır metallerinin birikimi değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *C. carpio* balığının dokularındaki ağır metal birikimi gelecek yıllarda insan sağlığı açısından tehlikeli boyutlara ulaşacağı öngörülmüştür [67].

Fidan ve arkadaşlarının (2008) yapmış oldukları çalışmada Eber Gölü'nden 4 mevsim alınan *C. 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 *C. carassius* balığının dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olmadığı belirtilmiştir [68].

Öztürk ve arkadaşlarının (2009) yapmış oldukları çalışmada Demirköprü Baraj Gölünde yaşayan *C. 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 *C. carpio* balığının dokularındaki Cd, Cr, Ni ve Pb birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olduğu belirlenmiştir [69].

Tüzen (2009) yakalanan bazı balık örneklerinde yapmış olduğu çalışmada Karadeniz'de ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemiştir. Araştırma sonucunda ağır metal düzeylerini µg/g olarak (kuru ağırlık) *T. 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; *E. 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; *S. 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; *M. 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; *M. 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 bulunmuştur [70].

Daş ve arkadaşları (2009) Samsun ve Sinop kıyılarından toplanan bazı deniz organizmalarındaki ağır metal birikim düzeylerini belirlemişlerdir. 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 [71].

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 rapor edilmiştir. Analiz sonucunda incelenen türlerin yenilebilir kısımları da insan sağlığını tehdit edecek bir durumun olmadığı belirtilmiştir [72].

Akbulut ve arkadaşlarının (2010) yapmış oldukları çalışmada Kızılırmak Nehri'nden alınan *C. tinca*, *C. capoeta* ve *L. 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 olmuştur [73].

Nisbet ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmada Orta Karadeniz bölgesinde yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak (kuru ağırlık) *T. trachurus*'da Cd: 0.012, Cu: 1.79, Fe: 21.17, Mn: 10.72, Ni: 4.68, Pb: 0.60, Zn: 27.70; *E. encrasicolus*'da Cd: 0.035, Cu: 2.73, Fe: 26.06, Mn: 3.93, Ni: 3.12, Pb: 0.70, Zn: 26.25; *S. sarda*'da Cd: 0.025, Cu: 1.74, Fe: 25.96, Mn: 3.53, Ni: 3.04, Pb: 0.90, Zn: 19.55; *M. merlangus*'da Cd: 0.002, Cu: 3.72, Fe: 28.84, Mn: 6.92, Ni: 3.78, Pb: 0.58, Zn: 31.34; *M. barbatus*'da Cd: 0.020, Cu: 3.14, Fe: 29.17, Mn: 6.96, Ni: 2.47, Pb: 0.92, Zn: 23.71; *A. caspia*'da Cd: 0.022, Cu: 2.62, Fe: 33.78, Mn: 2.50, Ni: 1.60, Pb: 0.86, Zn: 30.87; *P. 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 sonucuna ulaşılmıştır [74].

Durali ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmada Karadeniz’de yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak *T. trachurus*’da Cd: 0.22, Cr: 0.95, Cu: 2.4, Fe: 36.4, Mn: 1.3, Pb: 0.64, Zn: 25.7; *M. merlangus*’da Cd: 0.18, Cr: 0.82, Cu: 1.8, Fe: 27.7, Mn: 3.6, Pb: 0.46, Zn: 27.7; *S. sarda*’da Cd: 0.35, Cr: 0.64, Cu: 1.9, Fe: 25.5, Mn: 2.0, Pb: 0.28, Zn: 21.0; *M. 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 sağlıklı bulunmuştur ancak balık örneklerindeki Pb ve Cd düzeyleri kabul edilebilir değerlerden daha yüksek bulunmuştur [75].

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 $\mu\text{g/g}$ olarak *E. encrasicholus*’da Cd: 0.2, Cu: 3.7, Fe: 34.0, Mn: 2.0, Pb: 0.4, Zn: 129.3; *M. 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 $\mu\text{g/g}$ olarak *E. encrasicholus*’da Cu: 3.8, Fe: 51.5, Mn: 4.2, Zn: 221.0; *M. merlangus*’da Cu: 2.7, Fe: 7.0, Mn: 3.0, Zn: 28.3 tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda hamsi’deki ağır metal birikiminin mezgıt balığındaki ağır metal birikiminden daha yüksek seviyede olduğu sonucuna ulaşmışlardır [76].

Bat ve arkadaşları (2012) yapmış oldukları çalışmada Karadenizin Sinop kıyılarından yakalanan bazı balık örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ağır metal düzeyleri $\mu\text{g/g}$ olarak (yaş ağırlık) *T. mediterraneus*’da Cd: 0.043, Cu: 2.22, Pb: 0.17, Zn: 17.89; *M. surmelutus*’da Cd: 0.025, Cu: 3.78, Pb: 0.05, Zn: 10.41; *S. sprattus*’da Cd: 0.05, Cu: 5.72, Pb: 0.24, Zn: 38.34; *M. 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 bulunmuştur [77].

Ural ve arkadaşlarının (2012) yapmış oldukları çalışmada Uzunçayır Baraj Gölünden 6 istasyondan alınan *C. umbla* balığının kas, karaciğer, solungaç, böbrek ve kalp dokularındaki Cd, Cu, Fe, Pb, Zn ağır metallerinin birikimi

değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre *C. umbla* balığının dokularındaki ağır metal birikimi insan sağlığı açısından tehlikeli olarak bulunmuştur [78].

Kır ve arkadaşlarının (2012) yapmış oldukları çalışmada Karacaören-II Baraj Gölü'nden 4 mevsim olarak alınan *C. 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 *C. carpio* balığının karaciğer ve solungaçta kas dokusuna göre daha fazla biriktiği görülmüştür [79].

2. MATERYAL – METOT

2.1. Çalışma Alanı

Karadeniz güneydoğu Avrupa ile Anadolu yarımadası arasında yer alan kuzeyinde Ukrayna, kuzeydoğusunda Rusya, doğuda Gürcistan; güneyde Türkiye ve batıda Romanya ve Bulgaristanla çevrili, Atlantik Okyanusu'na Akdeniz, Ege Denizi ve Marmara Denizi aracılığıyla bağlanan bir iç denizdir. İstanbul boğazı vasıtasıyla Marmara, Kerç boğazı Azak Denizi'ne bağlanmaktadır [80].

Karadeniz, 8 bin 350 kilometre kıyı şeridine sahip, 461.000 km² alan kaplayan (Azak Denizi dâhil, Marmara Denizi hariç), en geniş yeri doğudan batıya 1.175 km, en derin noktası 2.210 m olan, Marmara Denizi vasıtasıyla Ege Denizi'ne bağlanan, batıdan doğuya böbrek formunda bir denizdir. Tuzluluk oranı %1,8 dolayındadır. M.Ö. 6. bin yıla dek bir tatlı su gölü olan Karadeniz, bu tarihten sonra tuzlu bir denize dönüşmüştür. Karadeniz kıyılarının uzunluğu 1600 km civarındadır. Dağlar kıyıya paralel uzandığından fazla girintili çıkıntılı değildir. Karadeniz havzasının alanı denizin kendisinden 5 kat daha geniştir ve yaklaşık 2,2 milyon km²'dir [80].



Şekil 2.1: Örnekleme istasyonları

Tablo 2.1: Rakamlarla Karadeniz [80].

Coğrafi Koordinatları:	46 ° 33' - 40 ° 56' N ve 27 ° 27' - 41 ° 42' E
Drenaj alanı	2 000 000 km ²
Toplam kıyı	4 340 km
Bulgaristan	300 km
Georgia	310 km
Romanya	225 km
Rusya Federasyonu	475 km
Türkiye	1 400 km
Ukrayna	1 628 km
Su Yüzey Alanı	432 000 km ²
Nehir girişi	340,6 km ³
Su hacmi	547 000 km ³
Maksimal derinliği	2 212 m
Tuzluluk	18 – 22 ppt
Ortalama tatlı su dengesi	3,7-441 km ³
Mantarlar, Algler, Yüksek	1 619
Omurgasızlar	1 983
Balık	168
Deniz memelileri	4

Bu çalışmada belirlenen istasyonlar Karadeniz'in Doğu Karadeniz Bölümü sahil şeridindeki en önemli yerleşim yerlerinden üçüdür. Bu istasyonlardan bolca yakalanıp, insanların tüketimine sunulan balık türlerinin ağır metal kirlilik düzeylerini ve bu canlılarda var olan metal kirliliğinin boyutlarını belirleyip, bu boyutlardaki bir ağır metal kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkileyip etkilemediğini öğrenebilmek için çalışma sahası olarak bu istasyonlar seçilmiştir.

2.2. Materyal ve Metot

Araştırmada incelenen balık türleri *M. barbatus*, *P. saltatrix*, *E. encrasicolus*, *T. trachurus*, *M. merlangus*, *S. sarda*, *B. belone*, *A. alosa*, *M. cephalus* ve *S. smaris*'dir. Örneklemeler Aralık 2012–Mayıs 2013 tarihleri arasında Karadenizin Doğu Karadeniz Bölümü sahil şeridinde belirlenen üç istasyondan (Giresun, Trabzon, Rize) ticari balıkçı tekneleri yardımıyla toplanmıştır.

2.3. Metot

Belirlenen istasyonlardan, bölgedeki balıkçıların yardımlarıyla elde edilen her türe ait balık örnekleri, buz korumalı kaplar yardımıyla laboratuara getirilmiştir. İstasyonlara ve türlere göre tasnif edilip her örnekten yaklaşık 0,5 g kas ve karaciğer alınarak 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 HNO₃ 'e batırılmıştır. Bu ekipmanlar deiyonize su ile beş kez durulandıktan sonra beş kez daha damıtılmış su ile durulanmıştır ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Tüm doku örnekleri 100 ml'lik cam 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 HNO₃ tortu üzerine tekrar ilave edildi ve bu çözelti, sıcak plaka üzerinde tekrar buharlaştırıldı. Cam beherler soğutulduktan sonra, 2,5 ml 1 N HNO₃ sindirilmiş artığa eklenmiş ve bu çözelti volümetrik şişelere transfer edilerek deiyonize 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 2.2'de verilen dalga boylarında analiz edilmiştir. Metal konsantrasyonları ppm yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir. Ekstraksiyon işlemleri Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarlarında, analizler ise Giresun Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

Tablo 2.2. ICP-MS'de ağır metallerin okunduğu dalga boyları [81].

	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Dalga Boyu (nm)	228,8	238,9	267,7	324,8	259,9	257,6	231,6	220,4	213,9

Bu çalışmada referans madde olarak DORM-4 kullanılmış olup, sertifika edilen değerlerle analiz sonucu elde edilen değerler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Standart referans materyal (SRM, DORM-4)'in sertifikasyon ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları (ppm, kuru ağırlık).

Ağır Metal	SRM-DORM-2 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, One Way ANOVA yapılarak, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 17.0 istatistik program kullanılarak yapılmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışma, Giresun, Trabzon ve Rize illerinin sahil şeridinden yakalanan balıklarla yapılmıştır. Bu istasyonlarda *M. barbatus*, *P. saltatrix*, *E. encrasicolus*, *T. trachurus*, *M. merlangus*, *S. sarda*, *B. belone*, *A. alosa*, *M. cephalus* ve *S. smaris* türlerinden örneklemeler 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).

3.1. Kaslarda ağır metal düzeyleri

Analiz edilen örneklerde kas değerleri incelendiğinde; Cr; en yüksek Rize’den toplanan *S. sarda* (1.00 ppm), en düşük ise aynı istasyondan toplanan *M. merlangus* türünde (0.02 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek Giresun’dan toplanan *E. encrasicolus* türünde (0.68 ppm), en düşük ise aynı istasyondan toplanan *S. sarda* türünde (0.06 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek Giresun’dan toplanan *E. encrasicolus* türünde (53,6 ppm), en düşük ise Rize’den toplanan *M. merlangus* türünde (8.2 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek Rize’den toplanan *M. cephalus* türünde (0.32 ppm), en düşük ise Trabzon’dan toplanan *M. barbatus* türünde (0.01 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek Giresun’dan toplanan *S. sarda* türünde (5.91 ppm), en düşük ise Giresun’dan toplanan *M. merlangus* türünde (0.09 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek Rize’den toplanan *M. barbatus* türünde (3.78 ppm), en düşük ise Giresun’dan toplanan *T. trachurus* türünde (0.28 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek Giresun’dan toplanan *E. encrasicolus* türünde (17.55 ppm), en düşük ise Trabzon’dan toplanan *A. alosa* türünde (3.65 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek Trabzon’dan toplanan *T. trachurus* türünde (0.76 ppm), en düşük ise Giresun’dan toplanan *M. Barbatus*, Trabzon’dan toplanan *P. saltatrix*, *E. encrasicolus* ve Rize’den toplanan *S. sarda* türlerinde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek Giresun’dan toplanan *E. encrasicolus* türünde (4.87 ppm), en düşük ise yine aynı istasyondan toplanan *M. cephalus* türünde tespit edilmiştir (0.02 ppm).

Tablo 3.1: İstasyonlardan örneklenen balık türlerinin boy ve ağırlık değerleri (ortalama±standart hata)

Tür	N	Total Boy	Ağırlık
<i>Mullus barbatus</i>	20	15,54±0,3	37,60±2,89
<i>Pomatomus saltatrix</i>	30	16,92±0,25	43,98±2,08
<i>Engraulis encrasicolus</i>	150	10,83±0,62	8,70±0,38
<i>Trachurus trachurus</i>	35	14,00±0,31	23,20±2,05
<i>Merlangius merlangus</i>	28	17,17±0,47	41,02±4,15
<i>Sarda sarda</i>	15	37,88±1,34	60,77±8,35
<i>Belone belone</i>	21	35,49±1,66	155,00±31,22
<i>Alosa alosa</i>	12	33,13±1,85	301,22±46,92
<i>Mugil cephalus</i>	12	29,85±1,15	247,63±27,05
<i>Spicara smaris</i>	5	19,06±1,71	73,00±2,50

Giresun istasyonundan toplanan örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *P. saltatrix* (0.28 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *T. trachurus* (0.68 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde (0.06 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (53.6 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde (18.6 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *M. cephalus* türünde (0.32 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus*, *P. saltatrix*, *M. barbatus* türlerinde (0.03 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (5.91 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.09 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *S. sarda* türünde (2.96 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde (0.28 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (17.55 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde (3.75 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *T. trachurus* türünde (0.76 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (4.87 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde tespit edilmiştir (0.02 ppm).

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

İ S T	TÜR	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
G i r e s u n	M.B	0.09±0.01 ^{ab}	0.24±0.04 ^{abc}	44.7±3.08 ^{cde}	0.03±0.01 ^a	2.54±0.03 ^{fg}	1.99±0.18 ^{def}	6.02±0.45 ^{abc}	<u>0.04±0.00^a</u>	0.45±0.05 ^{ab}
	P.S	0.28±0.04^{abcde}	0.15±0.02 ^a	31.4±6.56 ^{bc}	<u>0.03±0.00^a</u>	1.68±0.030 ^{cde}	1.89±0.19 ^{cde}	4.44±0.65 ^{ab}	0.20±0.03 ^{ab}	0.28±0.04 ^a
	E.E	0.17±0.04 ^{abcd}	0.68±0.18^e	53.6±0.45^e	0.03±0.01 ^a	1.04±0.35 ^{bc}	2.31±0.28 ^{def}	17.56±2.13^f	0.15±0.05 ^a	4.87±1.04^g
	T.T	0.09±0.03 ^{ab}	0.44±0.14 ^{cde}	39.4±6.09 ^{cde}	0.04±0.02 ^a	1.41±0.01 ^{cd}	<u>0.28±0.13^a</u>	<u>3.75±0.73^a</u>	0.76±0.27^d	1.81±1.08 ^{bcde}
	M.M	<u>0.04±0.01^a</u>	0.43±0.13 ^{bcd}	32.1±6.89 ^{bcd}	0.04±0.00 ^a	<u>0.09±0.02^a</u>	2.40±0.25 ^{def}	3.77±0.22 ^a	0.05±0.00 ^a	0.66±0.08 ^{ab}
	S.S	0.23±0.09 ^{abcde}	0.23±0.05 ^{abc}	40.7±10.42 ^{cde}	0.04±0.00 ^a	5.91±0.21^j	2.96±0.11^{fg}	12.97±3.68 ^{de}	<u>0.04±0.00^a</u>	0.52±0.23 ^{ab}
	B.B	0.05±0.01 ^a	0.10±0.02 ^a	<u>18.6±5.75^{ab}</u>	0.08±0.05 ^a	1.72±0.06 ^{cdef}	0.65±0.23 ^a	5.75±0.60 ^{abc}	0.42±0.19 ^{abcd}	1.12±0.48 ^{abcd}
M.C	0.07±0.01 ^a	<u>0.06±0.01^a</u>	42.9±4.26 ^{cde}	0.32±0.48^b	0.64±0.36 ^{ab}	0.57±0.20 ^a	4.18±0.41 ^{ab}	0.57±0.27 ^{bcd}	<u>0.02±0.01^a</u>	
T r a b z o n	M.B	0.35±0.09 ^{bcde}	0.43±0.08 ^{bcde}	49.5±8.70^{cde}	<u>0.01±0.00^a</u>	1.73±0.02 ^{cdef}	1.74±0.13 ^{bcde}	7.15±0.64 ^{abc}	0.12±0.03 ^a	1.03±0.10 ^{abcd}
	P.S	0.51±0.13^e	<u>0.12±0.03^a</u>	48.0±5.43 ^{cde}	0.05±0.00^a	<u>0.41±0.14^{ab}</u>	2.24±0.30 ^{def}	6.76±0.39 ^{abc}	<u>0.04±0.02^a</u>	<u>0.13±0.03^a</u>
	E.E	<u>0.12±0.02^{abc}</u>	0.57±0.10^{de}	52.9±0.42 ^c	0.04±0.00 ^a	0.48±0.12 ^{ab}	2.21±0.36 ^{def}	15.04±1.02^{ef}	<u>0.04±0.02^a</u>	3.85±0.57^{fg}
	T.T	0.43±0.14 ^{de}	0.27±0.03 ^{abc}	45.7±5.20 ^{cdefg}	0.02±0.00 ^a	1.77±0.03 ^{cdef}	2.41±0.25 ^{def}	6.38±0.95 ^{abc}	0.16±0.04 ^a	0.76±0.16 ^{ab}
	M.M	0.28±0.06 ^{abcde}	0.30±0.04 ^{abc}	45.6±4.52 ^{cde}	0.03±0.00 ^a	1.80±0.04 ^{cdef}	<u>1.62±0.25^{bcd}</u>	5.65±0.58 ^{abc}	0.12±0.03 ^a	1.30±0.31 ^{abcd}
	S.S	0.24±0.04 ^{abcde}	0.16±0.03 ^a	47.4±3.83 ^{cde}	0.04±0.00 ^a	2.94±0.92^{gh}	2.75±0.32^{ef}	11.73±1.97 ^d	0.04±0.01 ^a	0.37±0.20 ^{ab}
	B.B	0.25±0.04 ^{abcde}	0.15±0.02 ^a	39.0±4.07 ^{cde}	0.02±0.00 ^a	1.88±0.10 ^{cdef}	2.41±0.13 ^{def}	8.01±0.60 ^c	0.12±0.02 ^a	0.37±0.02 ^{ab}
A.A	0.29±0.04 ^{abcde}	0.19±0.04 ^{abc}	<u>38.6±4.39^{cde}</u>	0.03±0.00 ^a	1.57±0.01 ^{cd}	3.00±0.86 ^{fg}	<u>3.65±0.55^a</u>	0.18±0.06^a	0.85±0.22 ^{ab}	

Tablo 3.2 (Devam): Balık örneklerinin kas dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı (ppm).

İ S T	TÜR	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
	M.B	0.11±0.02 ^{abc}	0.32±0.10 ^{abcd}	30.5±8.46 ^{bc}	0.06±0.04^a	1.78±0.08 ^{cdef}	1.81±0.15 ^{bcde}	5.00±0.31 ^{abc}	0.09±0.02 ^a	1.30±0.16 ^{abcd}
	P.S	0.39±0.02 ^{cde}	<u>0.13±0.03^a</u>	43.4±5.28 ^{cde}	0.04±0.00 ^a	0.27±0.06 ^{ab}	2.52±0.14 ^{def}	5.75±0.77 ^{abc}	<u>0.05±0.02^a</u>	<u>0.18±0.04^a</u>
	E.E	0.17±0.02 ^{abcd}	0.63±0.05^e	53.1±0.59^e	0.03±0.01 ^a	0.54±0.15 ^{ab}	2.42±0.15 ^{def}	11.14±0.48 ^d	0.31±0.15 ^{abc}	2.99±0.37^{ef}
	T.T	0.19±0.04 ^{abcd}	0.23±0.06 ^{abc}	40.9±5.02 ^{cde}	<u>0.02±0.00^a</u>	1.78±0.10 ^{cdef}	1.85±0.25 ^{cde}	5.57±1.04 ^{abc}	0.15±0.05 ^a	2.49±0.67 ^{de}
R i z e	M.M	<u>0.04±0.01^a</u>	0.18±0.08 ^{abc}	<u>8.16±2.32^a</u>	0.03±0.00 ^a	2.44±0.49 ^{cfig}	1.65±0.26 ^{bcd}	4.08±0.36 ^{ab}	0.08±0.02 ^a	1.29±0.21 ^{abcd}
	S.S	0.10±0.345 ^f	0.60±0.22 ^e	37.8±7.53 ^{cde}	0.03±0.01 ^a	4.46±1.06^e	3.78±0.92^g	12.47±2.53^{de}	0.04±0.00 ^a	0.29±0.09 ^a
	B.B	0.19±0.11 ^{abcd}	0.19±0.04 ^{abc}	30.4±7.84 ^{bc}	<u>0.02±0.00^a</u>	1.96±0.15 ^{cdef}	<u>0.82±0.31^{ab}</u>	6.58±0.76 ^{abc}	0.60±0.27^{cd}	0.81±0.25 ^{ab}
	M.C	0.09±0.03 ^{ab}	0.16±0.09 ^{ab}	41.1±4.34 ^{cde}	0.32±0.30 ^b	<u>0.09±0.04^a</u>	0.95±0.29 ^{abc}	<u>3.99±0.99^{ab}</u>	0.30±0.17 ^{abc}	0.90±0.32 ^{ab}
	A.A	0.27±0.07 ^{abcde}	0.25±0.04 ^{abc}	35.0±4.11 ^{bcde}	<u>0.02±0.00^a</u>	1.70±0.09 ^{cde}	1.74±0.16 ^{bcde}	4.28±0.78 ^{ab}	0.22±0.10 ^{ab}	2.32±0.76 ^{cde}
	S	0.42±0.04^{de}	0.18±0.06 ^{abc}	51.8±0.43 ^{de}	0.04±0.00 ^a	3.56±0.38 ^h	2.52±0.16 ^{def}	7.33±0.55 ^{bc}	0.27±0.05 ^{abc}	3.90±0.60 ^{fg}

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

*Dikey olarak farklı harflerle gösterilen düzeyler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

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

Trabzon istasyonundan toplanan örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *P. saltatrix* (0.51 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde (0.11 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *E. encrasicolus* (0.57 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde (0.12 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (52.9 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde (38.6 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *E. encrasicolus* ve *P. saltatrix*, *S. sarda* türlerinde (0.04 ppm), en düşük ise *M. barbatus* türünde (0.01 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (2.94 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde (0.41 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *A. alosa* türünde (3.00 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (1.62 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (15.04 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde (3,65 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *A. alosa* türünde (0.18 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus*, *S. sarda*, *P. saltatrix* türlerinde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (3.85 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.13 ppm).

Rize istasyonundan toplanan örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.2’de verilmiştir. Tablo 3.2’ye göre Cr; en yüksek *S. sarda* (1.00 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *E. encrasicolus* (0.63 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde (0.13 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (53.1 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (8.2 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *M. cephalus* türünde (0.32 ppm), en düşük ise *T. trachurus*, *A. alosa* türlerinde (0.02 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (4.46 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde (0.09 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *S. sarda* türünde (3.78 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde (0.82 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *S. sarda* türünde (12.46 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde (3.99 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *B. belone* türünde (0.60 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *S. smaris* türünde (3.90 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.18 ppm).

Analiz edilen değerler istatistiksel açıdan incelendiğinde sadece Co ağır metalindeki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$), diğer metallerde türler ve istasyonlar arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

3.2. Karaciğerlerde ağır metal düzeyleri

Analiz edilen örneklerin karaciğer değerleri incelendiğinde; Cr; en yüksek Rize'den toplanan *S. sarda* (1.31 ppm), en düşük ise Giresun'dan toplanan *B. belone* ve *M. cephalus* türlerinde (0.16 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek Rize'den toplanan *M. cephalus* türünde (1.89 ppm), en düşük ise Trabzon'dan toplanan *A. alosa* türünde (0.44 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek Giresun'dan toplanan *T. trachurus* türünde (339 ppm), en düşük ise Trabzon'dan toplanan *A. alosa* türünde (74,8 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek Giresun'dan toplanan *M. barbatus* türünde (1.39 ppm), en düşük ise Giresun'dan toplanan *P. saltatrix* türünde, Trabzon'dan toplanan *B. belone*, *A. alosa* ve Rize'den toplanan *P. saltatrix*, *A. alosa* türlerinde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek Giresun'dan toplanan *S. sarda* türünde (6.89 ppm), en düşük ise toplanan Giresun'dan toplanan *M. merlangus* türünde (0.25 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek Trabzon'dan toplanan *B. belone* türünde (7.50 ppm), en düşük ise Giresun'dan toplanan *T. trachurus* türünde (2.10 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek Giresun'dan toplanan *E. encrasicolus* türünde (40.05 ppm), en düşük ise Rize'den toplanan *M. merlangus* türünde (10.58 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek Rize'den toplanan *B. belone* türünde (3.43 ppm), en düşük ise Giresun'dan toplanan *S. sarda* türünde (0.06 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek Rize'den toplanan *M. merlangus* türünde (11.38 ppm), en düşük ise yine Trabzon'dan toplanan *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.34 ppm).

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

I S T	TÜR	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
G i r e s u n	M.B	0.41±0.21 ^{abc}	1.63±0.37 ^{bcdef}	114.8±16.98 ^{ab}	1.39±0.31 ^d	2.90±0.12 ^{hi}	2.83±0.20 ^{ab}	15.27 ±0.39 ^{abcd}	2.93±0.72^d	1.33±0.46 ^{abcd}
	P.S	0.40±0.07 ^{abc}	1.19±0.03 ^{abcdef}	123.1±9.34 ^{ab}	<u>0.04±0.01^a</u>	2.59±0.20 ^{ghi}	6.26±0.62^{def}	18.95±1.08 ^{defgh}	0.27±0.03 ^a	0.68±0.19 ^{abc}
	E.E	0.31±0.07 ^{abc}	1.07±0.22 ^{abcdef}	190.3±13.06 ^b	0.08±0.04 ^a	1.10±0.17 ^{abcde}	5.87±0.16 ^{cdef}	40.05±1.29 ^l	0.99±0.14 ^{abc}	5.89±1.03 ^g
	T.T	0.28±0.08 ^{abc}	1.61±0.35 ^{bcdef}	339.6±43.58^c	0.37±0.19 ^{abc}	5.09±0.65 ^{kl}	<u>2.10±0.86^a</u>	<u>11.18±1.02^{ab}</u>	1.66±0.675 ^c	0.56±0.14 ^{abcd}
	M.M	0.47±0.03^{abc}	1.78±0.43^{def}	<u>107.3±3.51^a</u>	0.30±0.21 ^{abc}	<u>0.25±0.06^a</u>	4.21±0.75 ^{abcde}	11.32±1.01 ^{ab}	0.68±0.14 ^{ab}	0.56±0.14 ^{ab}
	S.S	0.33±0.09 ^{abc}	1.61±0.12 ^{bcdef}	153.3±22.28 ^{ab}	0.08±0.02 ^a	6.89±0.35^m	3.86±0.11 ^{abcd}	16.59±0.73 ^{bcede}	<u>0.06±0.01^a</u>	4.70±1.52 ^{fg}
	B.B	<u>0.16±0.02^a</u>	0.99 ±0.06 ^{abcde}	105.8±14.87 ^a	0.25±0.09 ^{ab}	3.36±0.04 ^{ij}	4.91±0.53 ^{bcede}	16.03±0.74 ^{abcde}	1.59±0.58 ^{bc}	1.69±0.58^{abcd}
M.C	0.26±0.01 ^a	<u>0.86±0.06^{abc}</u>	107.9±13.77 ^a	0.61±0.08^{bc}	0.99±0.46 ^{abcd}	5.49±0.94 ^{bcdef}	21.59±2.90^{efgh}	0.89±0.33 ^{abc}	<u>0.44±0.07^{ab}</u>	
T r a b z o n	M.B	0.44±0.09 ^{abc}	1.21±0.05 ^{abcdef}	130.68±29.60 ^{ab}	0.72±0.12^c	1.96±0.12 ^{defg}	4.23±0.68 ^{abcde}	<u>17.05 ±1.14^{bcdef}</u>	0.67±0.15^{ab}	1.46±0.13 ^{abcd}
	P.S	0.64±0.11^{bc}	1.20±0.09 ^{abcdef}	142.18±10.45 ^{ab}	0.06±0.01 ^a	<u>0.79±0.24^{abc}</u>	6.00±0.52 ^{cdef}	23.18±1.04 ^{ghij}	<u>0.09±0.02^a</u>	<u>0.34±0.15^a</u>
	E.E	<u>0.20±0.02^a</u>	0.84±0.04 ^{abc}	153.08±3.38^{ab}	0.05±0.01 ^a	1.57±0.33 ^{bcdef}	4.80±0.38 ^{bcede}	32.52±1.53^k	0.54±0.03 ^a	4.27±0.65^{efg}
	T.T	0.68±0.23 ^c	0.90±0.04 ^{abcd}	126.00±13.77 ^{ab}	0.11±0.02 ^a	2.03±0.12 ^{defg}	4.61±0.55 ^{bcede}	15.37±1.23 ^{abcd}	0.31±0.05 ^a	1.12±0.29 ^{abcd}
	M.M	0.46±0.08 ^{abc}	0.99±0.13 ^{abcde}	111.49±10.64 ^{ab}	0.05±0.00 ^a	2.01±0.12 ^{defg}	<u>3.61±0.36^{abcd}</u>	12.88±1.12 ^{abc}	0.19±0.03 ^a	2.06±0.39 ^{abcde}
	S.S	0.32±0.04 ^{abc}	1.36 ±0.10^{bcdef}	76.92±7.03 ^a	0.05±0.01 ^a	2.43±0.01^{gh}	4.42±0.26 ^{abcde}	19.91±1.58 ^{defgh}	0.10±0.03 ^a	2.04±0.69 ^{abcde}
	B.B	0.33±0.04 ^{abc}	0.93±0.06 ^{abcd}	99.79±12.03 ^a	<u>0.04±0.00^a</u>	2.21±0.20 ^{efg}	7.50±1.02^f	22.86±1.92 ^{fghi}	0.15±0.03 ^a	0.49±0.02 ^{ab}
A.A	0.34±0.04 ^{ab}	<u>0.44±0.09^a</u>	<u>74.82±6.30^a</u>	<u>0.04±0.00^a</u>	1.69±0.03 ^{cdef}	3.67±1.07 ^{abcd}	17.47±2.56 ^{cdefg}	0.23 ±0.06 ^a	0.99±0.25 ^{abcd}	

Tablo 3.3 (Devam): Balık örneklerinin karaciğer dokularındaki ağır metal düzeylerinin istasyonlara göre dağılımı (ppm).

I S T	TÜR	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
	M.B	0.48±0.19 ^{abc}	1.39±0.32 ^{bcdef}	337.3±79.67^c	0.30±0.04 ^{abc}	4.12±0.67 ^{jk}	6.93±1.60^{ef}	23.48±4.00 ^{hij}	0.65±0.20 ^{ab}	6.10±1.39^g
	P.S	0.44±0.03 ^{abc}	1.20±0.08 ^{abcdef}	98.2±7.69 ^a	0.06±0.00 ^a	0.48±0.14 ^{ab}	5.71±0.62 ^{cdef}	21.34±2.05 ^{defghi}	0.16±0.04 ^a	<u>0.72±0.46^{abc}</u>
	E.E	0.25±0.03 ^{ab}	0.89±0.08 ^{abcd}	90.5±9.80 ^a	0.06 ±0.01 ^a	1.22±0.10 ^{abcde}	4.25±0.41 ^{abcde}	25.25±3.42 ^{ij}	0.64±0.13 ^{ab}	2.87±0.48 ^{bcdef}
R i z e	T.T	0.34±0.02 ^a	<u>0.60±0.07^{ab}</u>	88.3±4.20 ^a	0.12±0.02 ^a	2.06±0.14 ^{defg}	2.82±0.33 ^{ab}	11.48±1.68 ^{abc}	0.32±0.06 ^a	2.61±0.73 ^{abcdef}
	M.M	0.24±0.09 ^a	0.94±0.34 ^{abcd}	109.4±4.46 ^a	<u>0.04±0.00^a</u>	2.66±0.09 ^{gh}	2.70±0.33 ^{ab}	<u>10.58±0.58^a</u>	0.29±0.07 ^a	11.38±1.37 ^h
	S.S	1.31±0.36^d	1.86±0.09 ^{ef}	<u>83±3.05^a</u>	0.08±0.02 ^a	5.84±0.64 ^l	4.71±0.41 ^{bcde}	20.20±0.83 ^{defghi}	<u>0.06±0.00^a</u>	2.64±0.81 ^{abcdef}
	B.B	0.37±0.09 ^{cdef}	0.95±0.24 ^{abcd}	93.9±1.72 ^a	0.36±0.23 ^{abc}	2.54±0.32 ^{gh}	4.72±0.38 ^{bcde}	16.92±1.67 ^{bcdef}	3.43±0.92^d	1.05±0.44 ^{abcd}
	M.C	<u>0.18±0.04^a</u>	1.89±0.89^f	90.1±9.01 ^a	0.61±0.42^{bc}	<u>0.29±0.05^a</u>	3.16±0.46 ^{abc}	21.21±3.22 ^{defghi}	0.44±0.18 ^a	3.33±1.77 ^{def}
	A.A	0.38±0.06 ^{abc}	0.68±0.07 ^{ab}	124.8±19.03 ^{ab}	<u>0.04 ±0.00^a</u>	2.15±0.22 ^{efg}	<u>2.55±0.15^{ab}</u>	16.08±1.77 ^{abcde}	0.36±0.10 ^a	3.11±0.75 ^{cdef}
	S	0.52±0.05 ^{abc}	<u>0.60±0.06^{ab}</u>	136.1±8.89 ^{ab}	0.06 ±0.00 ^a	5.33 ±1.02^l	5.68±0.31 ^{cdef}	28.59 ±1.22^{jk}	0.50±0.07 ^a	4.93±0.23 ^{fg}

MB: *Mullus barbatus* **PS:** *Pomatomus saltatrix* **EE:** *Engraulis encrasicolus* **TT:** *Trachurus trachurus* **MM:** *Merlangius merlangus* **SS:** *Sarda sarda*
BB: *Belone belone* **AA:** *Alosa alosa* **M.C:** *Mugil cephalus* **S:** *Spicara smaris*

*Dikey olarak farklı harflerle gösterilen düzeyler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Altı çizili olan değerler minimum, **kalın yazılmış olan değerler maksimum değeri göstermektedir.

Giresun istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Tablo 3.3’e göre Cr; en yüksek *M. merlangus* (0.47 ppm), en düşük ise *B. belone* ve *M. cephalus* türlerinde (0.16 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *M. merlangus* (1.78 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde (0.86 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek *T. trachurus* türünde (339,6 ppm), en düşük ise *B. belone* türünde (105,7 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *M. barbatus* türünde (1.39 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (6.89 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (0.25 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *P. saltatrix* türünde (6.26 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde (2.10 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (40.05 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde (11.18 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *M. barbatus* türünde (2.93 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (0.06 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (5.89 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde tespit edilmiştir (0.44 ppm).

Trabzon istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Tablo 3.3’e göre Cr; en yüksek *T. trachurus* (0.68 ppm), en düşük ise *E. encrasicolus* türünde (0.20 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *S. sarda* (1.36 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde (0.44 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (153,1 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde (74.8 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *M. barbatus* türünde (0.72 ppm), en düşük ise *B. belone*, *A. alosa* türlerinde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (2.43 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde (0.79 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *B. belone* türünde (7.50 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (3.61 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (32.52 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (12.88 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *M. barbatus* türünde (0.67 ppm), en düşük ise, *P. saltatrix* türünde (0.09 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *E. encrasicolus* türünde (4.27 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.34 ppm).

Rize istasyonundan toplanan örneklerin karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Tablo 3.3’e göre Cr; en yüksek *S. sarda* (1.31 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde (0.18 ppm) tespit edilmiştir. Mn; en yüksek *M. cephalus* (1.89 ppm), en düşük ise *T. trachurus* türünde (0.60 ppm) tespit edilmiştir. Fe; en yüksek *M. barbatus* türünde (337,3 ppm), en düşük ise *S. sarda*

türünde (83 ppm) tespit edilmiştir. Co; en yüksek *M. cephalus* türünde (0.61 ppm), en düşük ise *M. merlangus*, *A. alosa* türlerinde (0.04 ppm) tespit edilmiştir. Ni; en yüksek *S. sarda* türünde (5.84 ppm), en düşük ise *M. cephalus* türünde (0.29 ppm) tespit edilmiştir. Cu; en yüksek *M. barbatus* türünde (6.93 ppm), en düşük ise *A. alosa* türünde (2.55 ppm) tespit edilmiştir. Zn; en yüksek *S. smarıs* türünde (28.59 ppm), en düşük ise *M. merlangus* türünde (10.58 ppm) tespit edilmiştir. Cd; en yüksek *B. belone* türünde (3.43 ppm), en düşük ise *S. sarda* türünde (0.6 ppm) tespit edilmiştir. Pb; en yüksek *M. merlangus* türünde (11.38 ppm), en düşük ise *P. saltatrix* türünde tespit edilmiştir (0.72 ppm).

Analiz edilen değerler incelendiğinde türler ve istasyonlar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Örneklemelemlerin yapıldığı istasyonlardaki balıkların kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal düzeyleri kıyaslandığında karaciğerlerdeki birikimin kas dokusundaki birikime oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. İncelenen metaller arasında her iki dokuda da demirin en yüksek düzeyde, kobaltın ise en düşük düzeyde birikim gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar, pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir [61,65,82-84]

Kas dokuda istasyonlardan elde edilen ortalama 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 değerleri; Türkiye Denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Karadeniz Sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005; Türkmen ve ark., 2006) için bildirilen değerlerle uyumlu, Ege, Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007) ve California(Tamira ve ark., 2001) için bildirilen değerlerden düşüktür.

Mn düzeyleri; Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Orta Karadeniz (Tüzen, 2003; Bat ve ark., 1998), Ege, Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2006) için belirtilen değerlerden düşük, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008) ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005) için belirtilen değerlerle uyumludur.

Fe derişimleri; Orta Karadeniz (Tüzen, 2003; Bat ve ark., 1998), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005; Türkmen ve ark., 2006) değerlerinden yüksek, Türkiye Denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Karadeniz Sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), değerleriyle uyumlu, Ege, Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007) için belirtilen değerlerden yüksektir.

Co değerleri; Akdeniz (Türkmen ve ark., 2006) için belirtilen değerlerden düşük, Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Akdeniz

(Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005) için bildirilen değerlerle uyumludur.

Ni düzeyleri; Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005) değerlerinden yüksek, California(Tamira ve ark., 2001) ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008) için belirtilen değer aralıklarındadır.

Cu derişimleri; Ege, Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007) ve Orta Karadeniz (Bat ve ark., 1998) değerlerinden yüksek, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005) Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Orta Karadeniz (Tüzen, 2003; Bat ve ark., 1996) için belirtilen değerlerle ise uyumludur.

Zn düzeyleri; Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Orta Karadeniz (Tüzen, 2003), Ege, Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008) ve California(Tamira ve ark., 2001) değerlerinden düşük, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Orta Karadeniz (Bat ve ark., 1996), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005; Türkmen ve ark., 2006) için belirtilen değerlerle uyumludur.

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	R.
Türkiye denizleri	0.05–1.87	0.14–1.33	9.99–43.3	0.01–0.53	0.06–4.70	0.21–5.89	3.85–15.9	0.01–0.38	0.09–0.81	1
Karadeniz Sahilleri	<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	2
Orta Karadeniz	-	1.06-3.76	9.52-32.4	-	-	1.28-2.93	9.5-22.9	0.09-0.48	0.22-0.85	3
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	4
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	5
Ege, Karadeniz	0.95-1.98	1.28-6.54	68.6-163	-	1.92-5.68	0.84-1.83	35.4-106	0.45-0.90	0.33-0.93	6
Orta Karadeniz	-	-	-	-	-	0.77-7.77	5.88-45.35	0.02-0.09	0.03-0.28	7
Orta Karadeniz	-	0.95	25-21	-	1.20-1.22	0.54-0.58	-	0.05	0.51-0.55	8
Ege, Marmara, Akdeniz	0.09–0.51	0.14–2.82	11.9–169	0.01–0.08	0.06–1.51	0.21–8.58	7.12–45.6	0.01–0.07	0.12–0.87	9
Akdeniz	0.02-2.01	1.46-6.01	8.15-38.21	0.42-4.35	0.21-3.43	0.84-4.64	3.76-12.25	0.04-1.84	0.64-4.26	10
Akdeniz	0.07–6.46	0.05–4.64	0.82–	0.03–5.61	0.11–12.88	0.04–5.43	0.60–11.57	0.01–4.16	0.09–6.95	11
California Lagünü	1.9–24	-	-	1.6–1.7	0.61–12	1.9–7.5	36–150	0.1–0.3	0.8–4.1	12
Türkiye denizleri	0.07-1.19	0.07-2.58	18.5-72.3	0.04-0.26	0.01-2.78	0.34-16.7	3.36-42.6	0.02-0.30	0.04-1.31	13
Ulusal standartlar	-	-	-	-	-	20	50	0.1	1.0	A
Uluslararası standartlar	1.0	-	-	-	-	10-100	30-100	0.05-5.5	0.5-6.0	B
Bu çalışma	0,24	0,28	39,41	0,05	9,83	1,92	6,88	0,20	1,26	

1. Türkmen ve ark. (2009) [72], 2. Topçuoğlu ve ark. (2002) [56], 3. Tüzen (2003) [57], 4. Tepe ve ark. (2008) [65], 5. Türkmen ve ark. (2008) [64], 6. Uluözlü ve ark. (2007) [61], 7. Bat ve ark. (1996) [51], 8. Bat ve ark. (1998) [52], 9. Türkmen ve ark. (2008) [66], 10. Türkmen ve ark. (2006) [85], 11. Türkmen ve ark. (2005) [83], 12. Tamira ve ark. (2001) [86], 13. Türkmen ve ark. (2008) [87], A. TKB (2002) [27], B. Nauen, C.E. (1983) [88].

Cd düzeyleri; Orta Karadeniz (Bat ve ark., 1998) ve Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008) değerlerinden yüksek, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Orta Karadeniz Bat ve ark., 1996), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005; Türkmen ve ark., 2006), California (Tamira ve ark., 2001) değerleriyle uyumlu, Orta Karadeniz (Tüzen, 2003), Ege, Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007) değerlerinden düşüktür.

Pb derişimleri; Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Orta Karadeniz (Tüzen, 2003; Bat ve ark., 1996; Bat ve ark., 1998), Ege, Karadeniz (Uluözlü ve ark., 2007), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008) değerlerinden yüksek, Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005; Türkmen ve ark., 2006), California (Tamira ve ark., 2001) değerlerinden düşüktür. İncelenen kas dokuları ulusal ve uluslar arası standartlarla karşılaştırıldığında Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn derişimleri müsaade edilebilir düzeylerin altında olduğu görülmüştür, diğer metallerle ilgili ise karşılaştırma yapılabilecek herhangi bir sınır değer belirtilmediğinden kıyaslama yapılamamıştır (TKB, 2002; Nauen, 1983).

Karaciğer organının istasyonlardan elde edilen ortalama ağır metal derişimlerinin çeşitli çalışmalar ile karşılaştırılması Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Cr değerleri; Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010) değerlerinden düşük, İspanya (Usero ve ark., 2003) değerlerinden yüksek, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2005; Türkmen ve ark., 2006), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) için belirtilen değerlerle uyumludur.

Mn düzeyleri; Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) değerleriyle uyumlu, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010) ve İspanya (Usero ve ark., 2003) değerlerinden düşük, Orta Karadeniz (Öztürk ve ark., 1994; Bat ve ark., 1996) için ise belirtilen değerlerden yüksektir.

Fe derişimleri; Orta Karadeniz (Öztürk ve ark., 1994; Bat ve ark., 1996) değerlerinden yüksek, İspanya (Usero ve ark., 2003) değerlerinden düşük, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) için belirtilen değerlerle uyumluluk göstermektedir. Co düzeyleri; Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) için belirtilen değerlerle uyumludur.

Ni değerleri; Orta Karadeniz (Öztürk ve ark., 1994; Bat ve ark., 1996), İspanya (Usero ve ark., 2003), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) için belirtilen değerlerden yüksektir.

Cu derişimleri; Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008) ve İspanya (Usero ve ark., 2003) değerlerinden düşük, Orta Karadeniz (Öztürk ve ark., 1994; Bat ve ark., 1996) değerlerinden yüksek, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) için belirtilen değerlerle uyumludur.

Zn düzeyleri; Orta Karadeniz (Öztürk ve ark., 1994; Bat ve ark., 1996) değerlerinden yüksek, İspanya (Usero ve ark., 2003), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) için belirtilen değerlerle uyumludur.

Tablo 4.2: Karaciğer dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalarla karşılaştırılması (ppm).

Örnekleme Bölgesi	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	R.
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	1
Türkiye Denizleri	0.20-2.87	0.61-7.33	49.9-889	0.11-1.45	0.40-9.70	1.11-46.62	9.83-195	0.04-0.86	0.38-5.20	2
Ege,Marmara, 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	3
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	4
Türkiye denizleri	0.27-3.03	0.60-12.4	61.5-253	0.21-0.92	0.11-6.81	1.70-44.6	14.1-91.4	0.06-0.74	0.58-2.06	5
Orta Karadeniz	-	0.95	8.85-14.71	-	4.89-3.92	1.49-1.38	3.79-4.16	0.070-	0.89-1.36	6
Orta Karadeniz	-	0.44	9.14	-	2.73	0.52	4.48	0.47	0.74	7
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	8
Ege, Akdeniz	0.34-3.97	0.47-9.90	68.7-318	0.10-0.96	0.44-10.02	1.56-51.1	13.2-93.8	0.03-0.86	0.40-7.15	9
İspanya	0,01-0.06	1.23-4.61	185-560	-	0,08-0,39	13,7-164	15-81.8	0.08-0.51	0.20-0.60	10
Bu çalışma	0,40	1,14	132,70	0,24	14,36	4,51	18,90	0,68	2,51	

1. Türkmen ve ark. (2008) [66], 2. Tepe ve ark. (2008) [65], 3. Türkmen ve ark. (2008) [64], 4. Türkmen ve ark. (2009) [89], 5. Türkmen ve ark. (2008) [87], 6. Bat ve ark. (1996) [51], 7. Öztürk ve ark. (1994) [91], 8. Türkmen ve ark. (2010) [90], 9. Türkmen ve ark. (2009) [72], 10. Usero ve ark. (2003) [92].

Cd değerleri; Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Orta Karadeniz (Öztürk ve ark., 1994), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2010) ve İspanya (Usero ve ark., 2003) değerlerinde yüksek, Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009), Ege, Marmara, Karadeniz (Türkmen ve ark., 2008), Orta Karadeniz (Bat ve ark., 1996), Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) için belirtilen değerlerle ise uyumludur.

Pb derişimleri; Ege, Marmara, Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2008; Türkmen ve ark., 2009) ve Ege ve Akdeniz (Türkmen ve ark., 2009) değerleriyle uyumlu, Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008), Orta Karadeniz (Öztürk ve ark., 1994; Bat ve ark., 1996), Akdeniz (Türkmen ve ark., 2008) ve İspanya (Usero ve ark., 2003) için belirtilen değerlerden yüksektir. Duncan testine göre kas dokuda Co hariç, karaciğer ve kas dokularındaki diğer metallerde ise değerler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemlidir. (Tablo 3.2 ve 3.3).

Bu çalışmada incelenen balık türlerinin kas dokuları için elde edilen birikim düzeyleri kullanılarak ağır metallerin günlük ve haftalık alım miktarları hesaplanmıştır (Tablo 4.3). Türkiye’de kişi başına ortalama günlük balık tüketimi 20 gr olarak bildirilmektedir [114]. Bu bilgi ışığında haftalık kişi başı balık tüketimi 140 gram olarak hesaplanır. Yetmiş kg ağırlığında bir kişinin haftada 140 gr balık tükettiği ele alınarak HHA (hesaplanan haftalık alım) ve HGA (hesaplanan günlük alım) değerleri Tablo 4.3’de gösterilmiştir. Yetişkin bir kişi için elde edilen Tablo 4.3’deki HHA değerleri Tablo 3.2’de belirtilmiş olan kaslardaki maksimum birikim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır [HHA (ppm/70 kg vücut ağırlığı/hafta)=en yüksek metal düzeyi (ppm) X balık tüketim miktarı (kg/70 kg vücut ağırlığı/hafta)]. Daha sonra HHA değerleri elde edilen HGA değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. 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’de de görülebileceği gibi bu çalışmada belirlenen istasyonlardan yakalanan balık türleri için elde edilen HHA ve HGA değerlerinin tavsiye edilen değerlerin altındadır.[95-97].

Tablo 4.3: Balıklarda hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması

Metal	THA*	THA ^b	TGA ^c	HHA ^d (HGA) ^e
Cd	7 ^a	490	70	106,40 (15,2)
Co	–	–	–	44,8 (6,4)
Cr	–	–	–	140 (20)
Cu	3500 ^a	245000	35000	529,2 (75,6)
Fe	5600 ^a	392000	56000	7499,8 (1071,4)
Ni	35 ^g	2450	350 ^f	827,4 (118,2)
Mn	980 ^g	68600	9800 ^h	95,2 (13,6)
Pb	25 ^a	1750	250	681,8 (97,4)
Zn	7000 ^a	490000	70000	2457(351)

^a (FAO/WHO, 2004),

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

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

^d HHA, hesaplanan haftalık alım, $\mu\text{g}/\text{hafta}/70 \text{ kg}$ vücut ağırlığı,

^e HGA, hesaplanan günlük alım, $\mu\text{g}/\text{gün}/70 \text{ kg}$ vücut ağırlığı,

^f WHO (1993) 1 kg vücut ağırlığı için günlük 5 μg 'lık bir TGA önermektedir.
(yani 70 kg ağırlığındaki bir kişi için 350 μg),

^g Bir hafta için hesaplanan değer ($\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$ vücut ağırlığı),

^h EPA (2008) 1 kg vücut ağırlığı için 0.14 mg referans doz önermektedir.
(yani 70 kg vücut ağırlığında bir kişi için 9800 μg),

* 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 [94].

4.1. Sonuç

Doğu Karadeniz sahil şeridinde belirlenmiş olan 3 istasyondan (Giresun, Trabzon, Rize) yakalanmış olan balık örneklerinin (*M. barbatus*, *P. saltatrix*, *E. encrasicolus*, *T. trachurus*, *M. merlangus*, *S. sarda*, *B. belone*, *A. alosa*, *M. cephalus* ve *S. smaris*) kas dokularındaki ağır metal birikim düzeyleri ulusal ve uluslararası standartların altında, karaciğer dokularındaki ağır metal birikim düzeylerinde literatürdeki diğer çalışmaların paralelinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada kas doku için hesaplanmış olan günlük ve haftalık alımların (HGA ve HHA) uluslar arası otoriteler tarafından bildirilen sınır değerlerinin altında olduğu [95-97] ve bu nedenle bu bölgede yakalanarak tüketilen balıkların insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek herhangi bir probleme neden olmayacağı söylenebilir.

Sonuç olarak, Doğu Karadeniz sahil şeridinde çalışılan dönemde ağır metal birikiminin ciddi boyutlarda olmadığı görülmüştür. Ancak, ileriki zamanlarda oluşabilecek kirliliği engellemek için şüphesiz alınması gereken önlemlerin başında, çevre bilincinin oluşturulması ile birlikte sanayi ve evsel arıtmaların ciddi bir şekilde denetlenmesi, gereksiz gübreleme ve tarım ilaçlarından sakınma ve alternatif ucuz arıtma sistemlerinin geliştirilmesi yer almalıdır.

KAYNAKLAR

[1] Sunlu, U., 1994. SÜFA Dalyanı ve Ege Denizi'nin Farklı Bölgelerindeki Kirlenme Durumu ile Bazı Ekonomik Balık Türlerinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İzmir.

[2] 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.

[3] Rashed, M.N., 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment International* 27, 27-33.

[4] Topcuoğlu, S., Kirbaşoğlu, C., Güngör, C., 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea. *Environment International* 27, 521-526.

[5] Yücel, A. 1993. Et ve Su Ürünleri Teknolojisi, *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları*. No: 47 Bursa.

[6] Lloyd, R., 1992. Pollution and Freshwater Fish, *Fishing new books* 77-85

[7] Flos, R., Caritat, A., Balasch, J., 1979. Zinc content in organs of dogfish (*Scyliorhinus canicula* L.) subjected to sublethal experimental aquatic zinc pollution. *Comp. Biochem. Physiol* 64 C, 77-81.

[8] Li, J., Quabius, E. S., Wendelaar Bonga, S. E., Flik, G., Lock, R. A. C. 1998. Effects of water-borne copper on branchial chloride cells and Na⁺/K⁺ - ATPase activities in Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquatic Toxicology* 43, 1-11.

[9] Levesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P. G. C., Hontela, A. 2002 Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquatic Toxicology* 60, 257-267.

[10] Lall, S. P. 1989. The Minerals. In: J. E. Halver., (ed), Fish Nutrition. *Academic Press Inc. Sandiago, USA*, 219-256,

- [11] Ginneken, L. V., Chowdhury, M. J., Blust, R., 1999. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18, 2295-2304,
- [12] Kalay, M., Ay, O., Canlı, M., 1999 Heavy metal concentrations in fish tissues from the northeast Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 63, 673-681.
- [13] Kress, N., Hornung, H., Herut, B., 1998 Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in deep sea benthic fauna from the southeastern Mediterranean Sea: A comparison study between fauna collected at a pristine area and at two waste disposal sites. *Marine Pollution Bulletin* 36, 11, 911-922.
- [14] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri I. *TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi*, Sayı: 136: 47-53. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf
- [15] Balkıs, N., Algan, O., 2005. Marmara Denizi yüzey sedimentlerinde metallerin birikimi ve denetleyen mekanizmalar. *Deniz Kirliliği*, 21, TÜDAV Yayınları, İstanbul.
- [16] Domingo, J. L., 1998. Developmental Toxicity of Metal Chelating agents. *Reproductive Toxicology*; 12: 499- 510. 48.
- [17] Altundoğan, H. S., Erdem, M., Orhan, R., Özer, A., Tümen, F., 1998. Heavy Metal Pollution Potential Of Zinc Leach Residues Discarded İn Çinkur Plant. *Tr. J. Of Engineering And Environmental Science*, 22: 167-177.
- [18] Acker, L. A., McMahan, J. M., Gawel, J. E., 2005. The Effect Of Heavy Metal Pollution İn Aquatic Environments On Metallothionein Production İn *Mytilus* Sp., Proceedings Of The 2005 Puget Sound Georgia Basin Research Conference
- [19] Ağcasulu, Ö., 2007. Investigation Of Accumulation Of Heavy Metals İn Tissues Of *Capoeta Tinca* (Heckel, 1843) Living İn Celtikce Stream Of Sakarya River, (İn Turkish) Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- [20] Lobban, C. S., Harrison, P. J., 1997. *Saeweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, 366p.

- [21] Ayas, D., Kalay, M., Sangün, M.K. 2009. Mersin Körfezi'nden örneklenen yüzey suyu ve *Patella* türlerindeki (*Patella caerulea*, *Patella rustica*) Cr, Cd ve Pb düzeylerinin belirlenmesi. *Ekoloji* 70, 32-37.
- [22] Kayhan, F.E., Balkısı, N., Aksu, A. 2006. İstanbul Balık Halinden Alınan Akdeniz Midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) Arsenik Düzeyleri. *Ekoloji* 61, 1-5.
- [23] Dutta, H. M., 1996. A composite approach for evaluation of the effects of pesticides on fish. In: Fish Morphology, (eds) J.S.D. Munshi & H.M. Dutta. *Science Publishers Inc*, USA. p:249.
- [24] Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükçü, M., 2004. Cu, Zn, Pb and Cd contents in some molluscs and crustacean in the Gulf of Antalya. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28: 95-100.
- [25] Widdows, J., 1985. Physiological responses to pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 16: 129-134.
- [26] Nikinmaa, M., 1992. How does environmental pollution effect red cell function in fish? *Aquatic Toxicology*, 22: 227-238.
- [27] TKB 2002. Fisheries laws and regulations. Ministry of agriculture and rural affairs, conservation and control general management. Ankara, Turkey
- [28] Lawrence, A. J., Hemingway, K. L., 2003. *Effects of Pollution on Fish*. UK. P: 144- 153.
- [29] Hinton, D.E., Couch, J.A., 1984. Pathological measures of marine pollution effects. In: Concepts in marine pollution measurements, (ed) H. White. University of Maryland, Sea Grant College, College Park.
- [30] Heath, A. G., 1987. Water Pollution and Fish *Physiology*. *CRC pres*. USA. (96-102).
- [31] 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

[32] Sağlamtimur, B., Cicik, B., Erdem, C., 2003. Effects of different concentrations of Cu alone and Cu+Cd mixture on the accumulation of Cu in the gill, liver, kidney and muscle tissues of *Oreochromis niloticus*. (In Turkish). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27: 813-820.

[33] Guevara, S.R., Bubach, D., Vigliano, P., Lippolt, G., Arribere, M., 2004. Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina. *Biological Trace Element Research*, 102: 245-263.

[34] Argese, E. C., Bettiol, C., Rigo, S., Bertini, S., Colomban P., Ghetti, F., 2005. Distribution of arsenic compound in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice Lagoon, Italy. *Science of the Total Environment*, 15: 267- 277.

[35] Kalay, M., Koyuncu, C.E., Dönmez, A.E. 2004. Comparison of Cd Levels in the Muscle and Liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Caught from the Mersin Gulf in Turkish. *Ekoloji* 52, 23-27.

[36] Kayhan, F.E., Gulsoy, N., Balkıs, N., Yüce, R., (2007), Cadmium and lead levels of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from Bosphorus, İstanbul, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 915-919.

[37] Casalino, E., Calzaretto, G., Sblano, C., Landriscina, C., 2002. Molecular inhibitory mechanisms of antioxidant enzymes in rat liver and kidney by cadmium. *Toxicology*. 179: 37-50.

[38] Doğan, M. 2002. Sağlıklı Yaşamın Kimyası. *Popüler Bilim Dergisi*. s: 32-34.

[39] Atsdr, (2003). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>

[40] Boğa, A. 2007. Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları. 16: 218
Çavaş, T. 2008. In vivo Genotoxicity of Mercury Chloride and Lead Acetate:

Micronucleus Test on Acridine Orange Stained Fish Cells. *Food and Chemical Toxicology* 46, 352-358.

[41] Anonim, 2009. Atık Sular ve Özellikleri. http://www.warezturks.com/atik_sular_ve_ozellikleri1-T554.0.html;imode, Web adresinden 13 Mart 2013 tarihinde edinilmiştir.

[42] Sağmanlıgil, H. 1994. Environmental Health And Risk Of Chemicals, (In Turkish). *Y.Y.Ü. Vet.Fak.Derg.*, 5(1-2): 57-64.

[43] Cicik, B. 2003. The Effects Of Copper-Zinc Interaction On The Accumulation Of Metals In Liver, Gill And Muscle Tissues Of Common Carp (*Cyprinus Carpio L.*), (In Turkish). *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12(48): 32-36

[44] Kesler, S. E., 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment. New York: *Macmillan College Publishing Company, Inc.*, s 223, USA.

[45] Dökmeci, İ. 2001. *Zehirler Ve Zehirlenmeler*, S: 249-692, İ.Dökmeci [Eds.], Toksikoloji, 3. Baskı İstanbul: Nobel.

[46] Tunçer, S., 1985. İzmir ve Çandarlı (Aliğa Limanı) Körfezlerinde Yaşayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki Ağır Metal Kirlenmesi ile İlgili Araştırmalar. Ege Üniversitesi Hidrobiyoloji ve Su ürünleri Araştırma Uygulama Merkezi, Doktora Tezi, 86s.

[47] Güven, K. C., Öztürk, B. 2005., Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler ve Analiz Yöntemleri. *Tüdev Yayınları*, No:21, 512s.

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

[49] 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.

[50] Ünsal, M., Dogan, M., Ataç, Ü., Yemenicioglu, S., Akdogan, S., Kayıkçı, Y. Ve Aktas, M., 1992. Orta ve Dogu Karadeniz’de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında İz Elementlerin Belirlenmesi, Tarım ve Köyisleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Arastırma Enstitüsü, Proje No: DEBAG-18/G, 52s.,Erdemli.

[51] 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.

[52] Bat, L. and Raffaelli, D., 1998. Sediment toxicity testing: A bioassay approach using the amphipod *Corophium volutator* and the polychaete *Arenicola marina*. *J. exp. Mar. Biol. Ecol.*, 217-239 pp.

[53] 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 Karsılaştırılması, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 15 (3-4): 241-261 s.

[54] Ünsal, M., Çağatay, N., Bekiroğlu, Y., Kıratlı, N., Alemdağ, N., Aktaş, M., Sarı, E. 1998. Karadeniz’de Ağır Metal Kirliliği. Deniz Bilimleri Enstitüsü - Erdemli, İçel ve Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü - Yomra, Trabzon. YDEBÇAG-456/G-457/G.

[55] 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.

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

[57] 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

[58] Göksu, M. Z. L., Çevik, F., Fındık F. ve Sarıhan, E., 2003. Seyhan Baraj Gölü’ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion*

lucioperca L.,1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* Cilt 20, Sayı (1-2): 69 – 74 ISSN 1300 – 1590

[59] Tekin-Özan, S., Kir, İ. 2005. Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis*. *Parasitology Research*, Volume 97, Issue 2, pp 156-159

[60] Erdoğan, Ö., Ateş, A. D. 2006. Determination of Cadmium and Copper in fish samples from Sır and Menzelet Dam Lake Kahramanmaraş, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 117:1-3, 281-290.

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

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

[63] Uysal K., Atalay M. A., 2007. 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) Ulusal Su Günleri 2007 Sempozyum Özel Sayısı, 5-8, 663-670.

[64] 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.

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

[66] 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.

[67] Tekin-Özan, S., Kir, İ. 2008. Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, Volume 138, Issue 1-3, pp 201-206

[68] Fidan, A. F., Ciğerci, İ. H., Konuk, M., Küçükkurt, İ., Aslan, R., Dündar, Y., 2008. Determination of some heavy metal levels and oxidative status in *Carassius carassius* L., 1758 from Eber Lake. *Environmental Monitoring and Assessment*. Volume 147, Issue 1-3, pp 35-41

[69] Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E., 2009. Determination Of Heavy Metals In Fish, Water And Sediments Of Avsar Dam Lake In Turkey. *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, Vol. 6, No. 2, pp. 73-8073

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

[71] Das, Y. K., Aksoy, A., Baskaya, R., Duyar H. A., Guvenc, 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.

[72] 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

[73] Akbulut, A., Akbulut, N. E., 2010. The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment, and fish tissue in Kızılırmak River Basin in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment August*, Volume 167, Issue 1-4, pp 521-526

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

[75] 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.

[76] Aygun, 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.

[77] 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

[78] Ural, M., Yildirim, N., Danabas, D., Kaplan, O., Yildirim, N. C., Ozcelik, M., Kurekci, E. F., 2012. Some Heavy Metals Accumulation in Tissues in Capoeta umbla (Heckel, 1843) from Uzuncayir Dam Lake (Tunceli, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Volume 88, Issue 2, pp 172-176

[79] Kır, I., 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. doi: 10.5053/ekoloji.2011.829

[80] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Karadeniz>, Web adresinden 13 Mart 2013 tarihinde edinilmiştir.

[81] Anonim., 2005. <http://www.ttb.org.tr/bergama/5.html>. Web adresinden 13 Mart 2013 tarihinde edinilmiştir.

[82] 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.

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

[84] Dural, M., Göksu, M. Z. L., Özak, A. A., 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon, *Food Chemistry*, 102: 415-421.

[85] 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.

[86] Tamira, C., Shane, S. Q. H., Ambrose, R. F., 2001. Trace metals in fish and invertebrates of there California Coastal Wetlands. *Marine Pollution Bulletin*, 42(3), 224–232.

[87] Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., 2008. Metal Contaminations in Five Fish Species From Black, Marmara, Aegean And Mediterranean Seas”, Turkey. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 53 (1), 1435-1439.

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

[89] 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.

[90] 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.

[91] Öztürk, M., Bat, L., 1994. Levels of trace elements in some edible organisms in the Sinop coast of the Black Sea. *J Fish Aquat Sci*; 16(1): 177-96 (in Turkish).

[92] Usero, J., Izquierdo, C., Morillo, J., Gracia, I., 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environment International* 29, 949– 956.

[93] FAO., 2008. FAO, (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Fisheries and Aquaculture, Turkey, http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey, Web adresinden 13 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.

[94] 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.

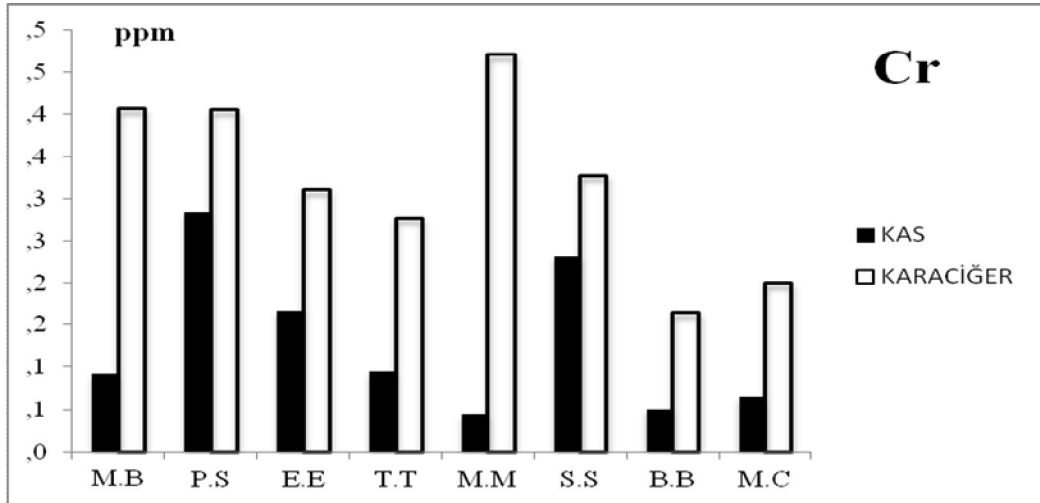
[95] WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, Chemical aspects. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/, (Geneva: WHO), Web adresinden 13 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.

[96] EPA, 2008. U.S. Environmental Protection Agency, Manganese compounds <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html>, Web adresinden 13 Ocak 2013 tarihinde edinilmiştir.

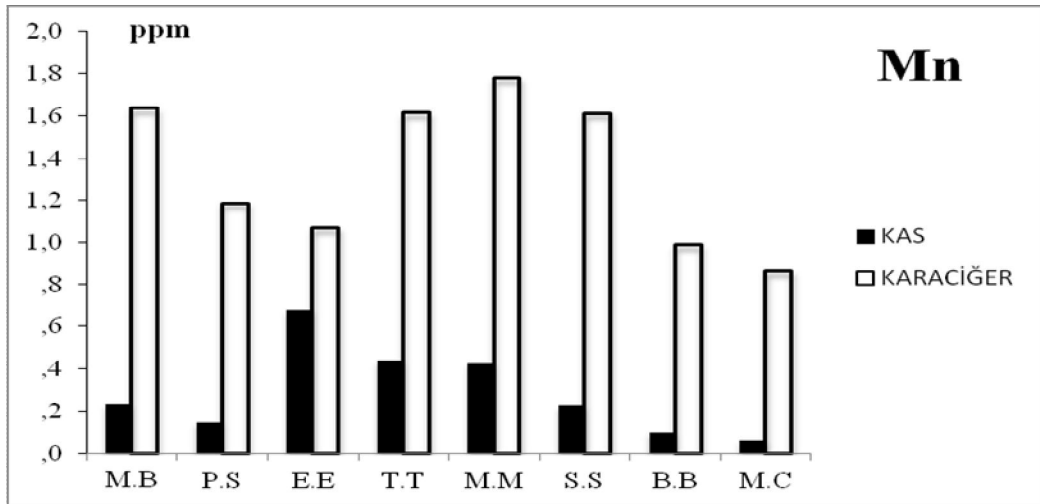
ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Akçaabat'ta tamamladı. 2007 yılında girdiği Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden Temmuz 2011'de mezun oldu. Aynı yıl girdiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans programında öğrenim görmeye devam etmektedir.

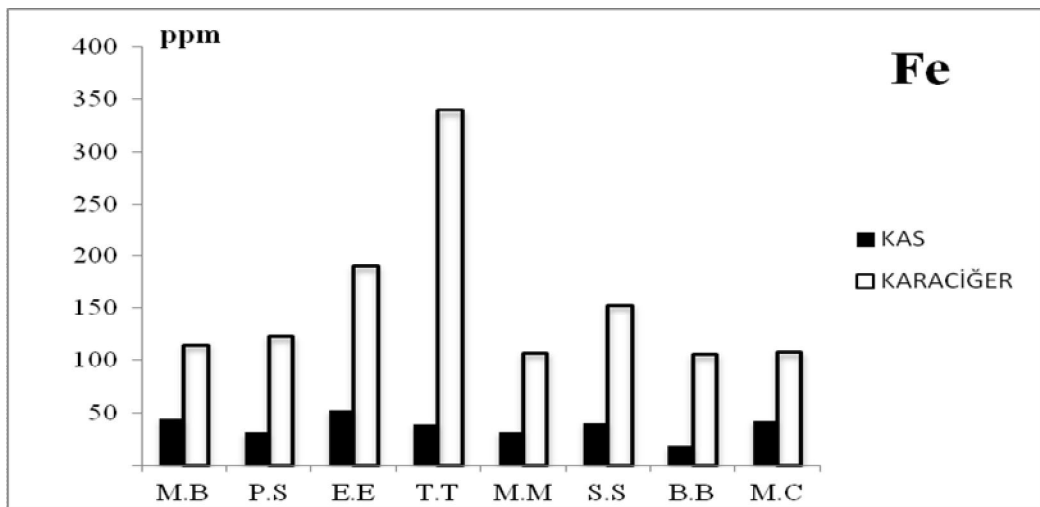
EK-1



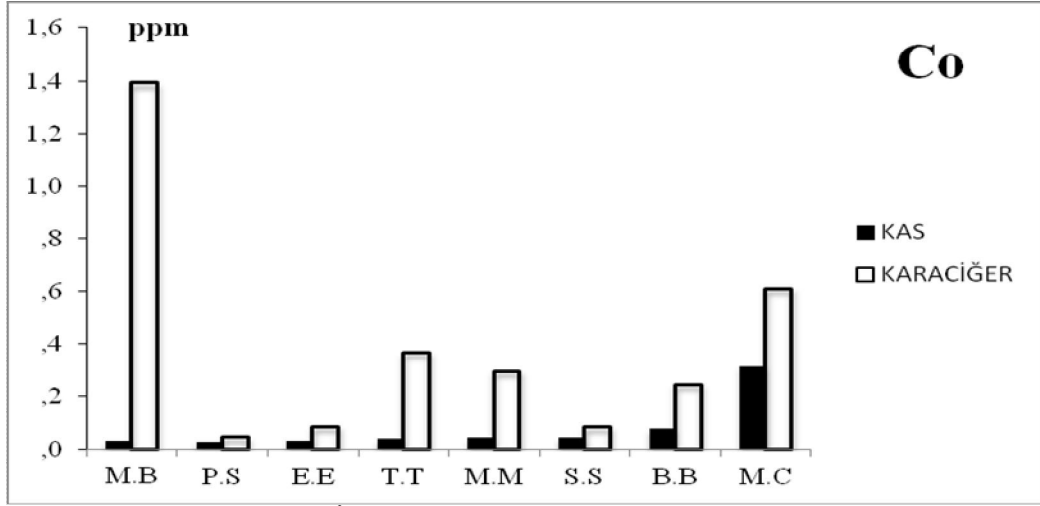
Şekil 3.1: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri



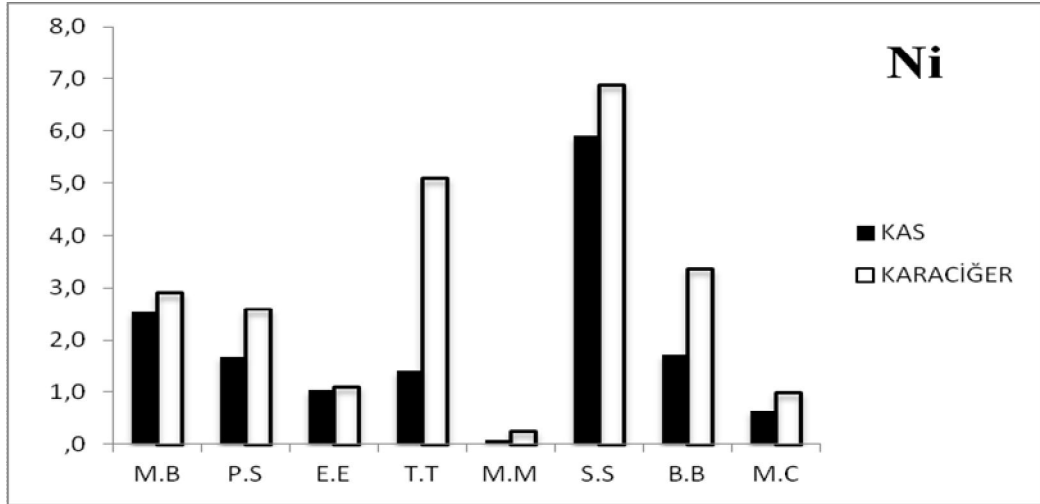
Şekil 3.2: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri



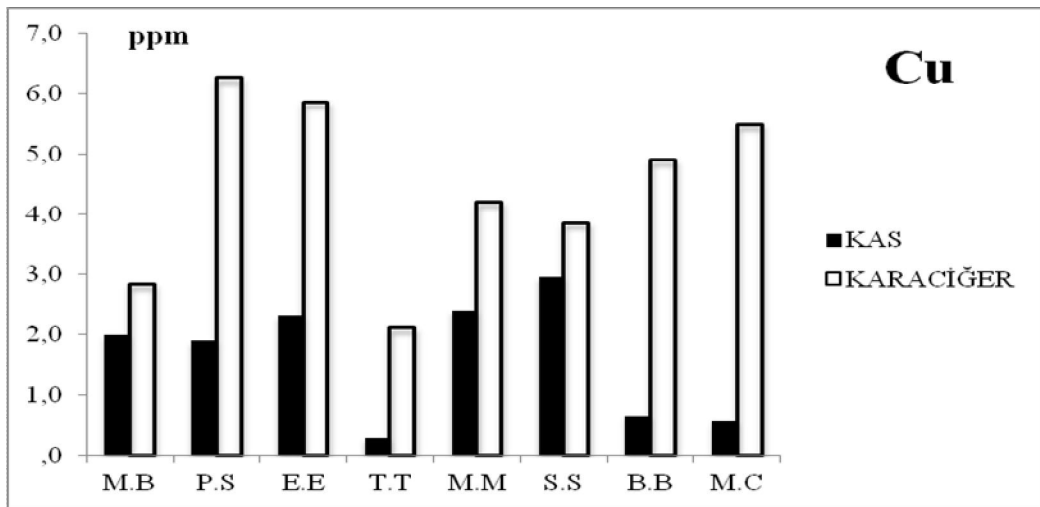
Şekil 3.3: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri



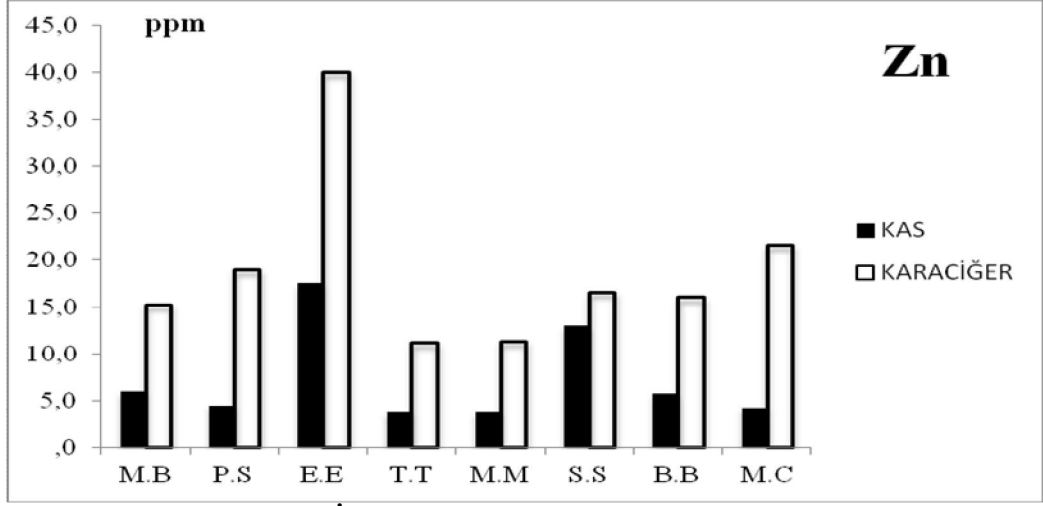
Şekil 3.4: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri



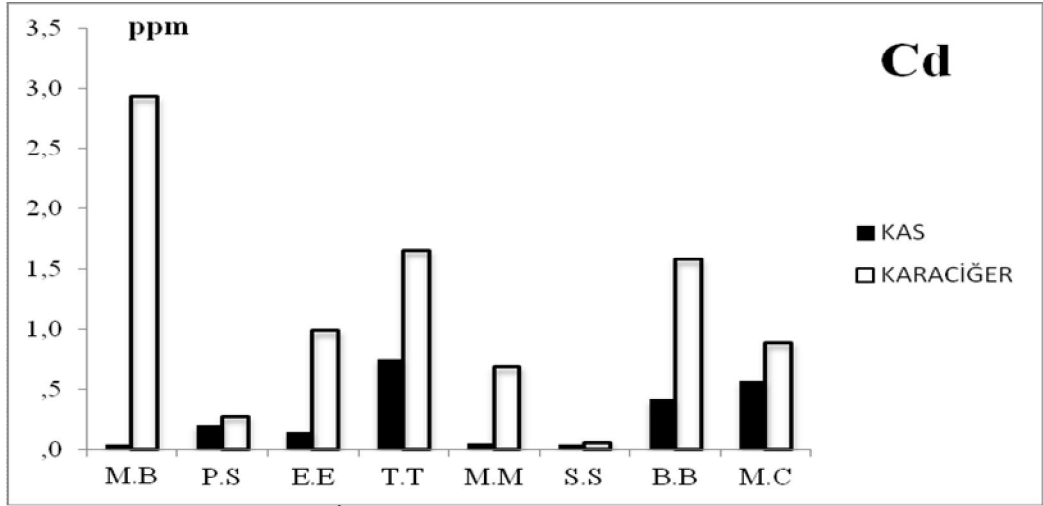
Şekil 3.5: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri



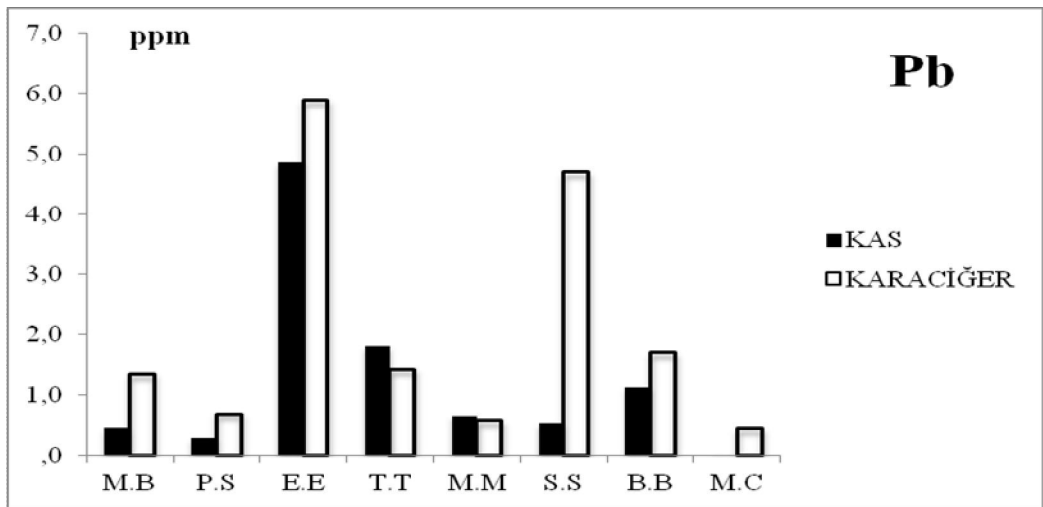
Şekil 3.6: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri



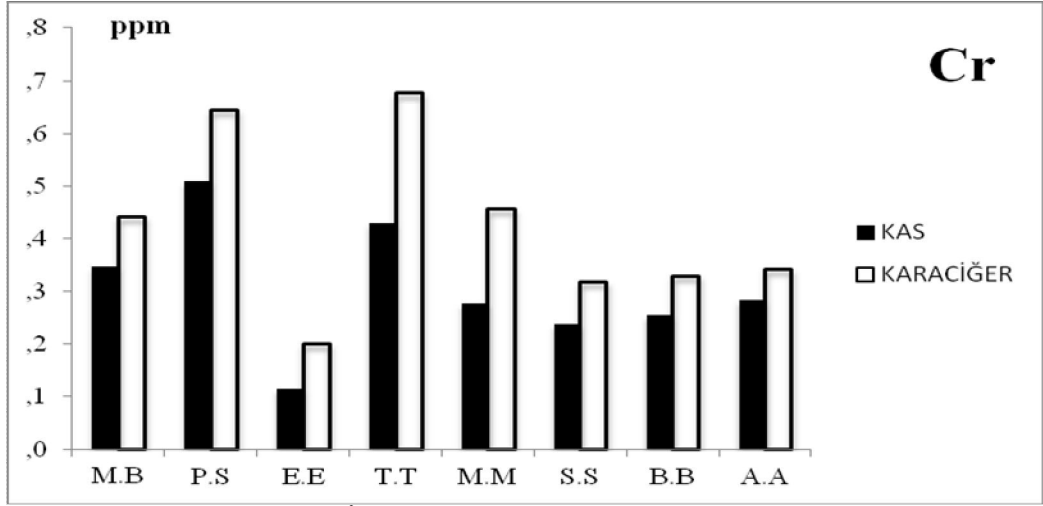
Şekil 3.7: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri



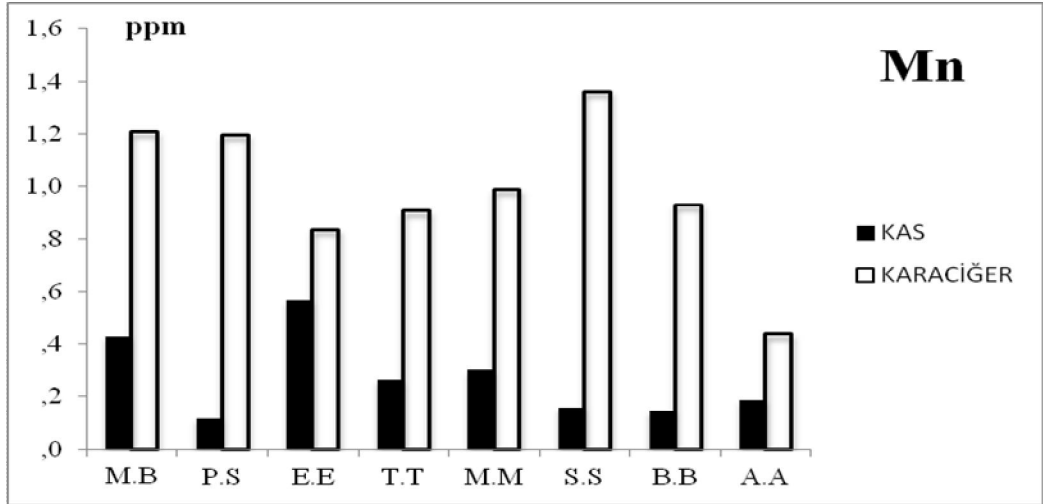
Şekil 3.8: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri



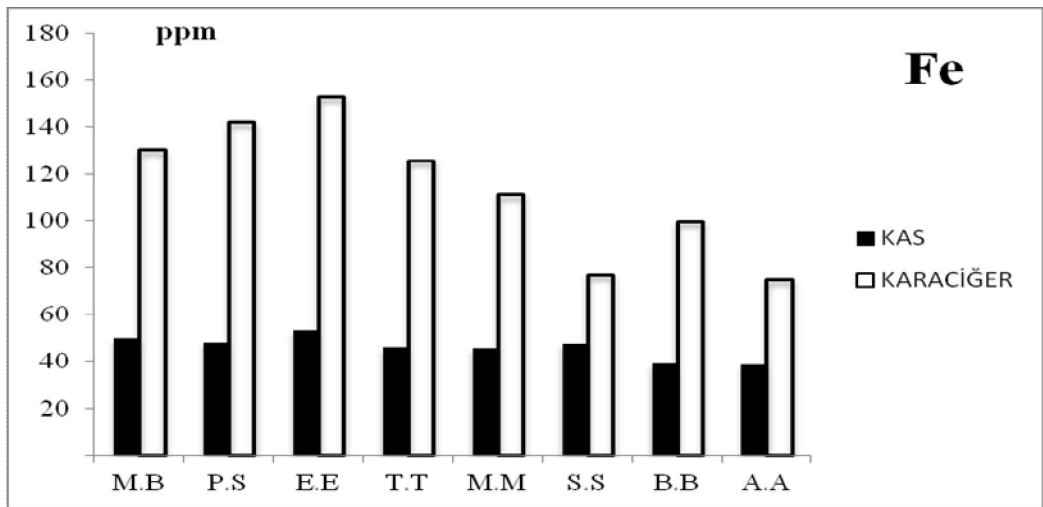
Şekil 3.9: Giresun İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri



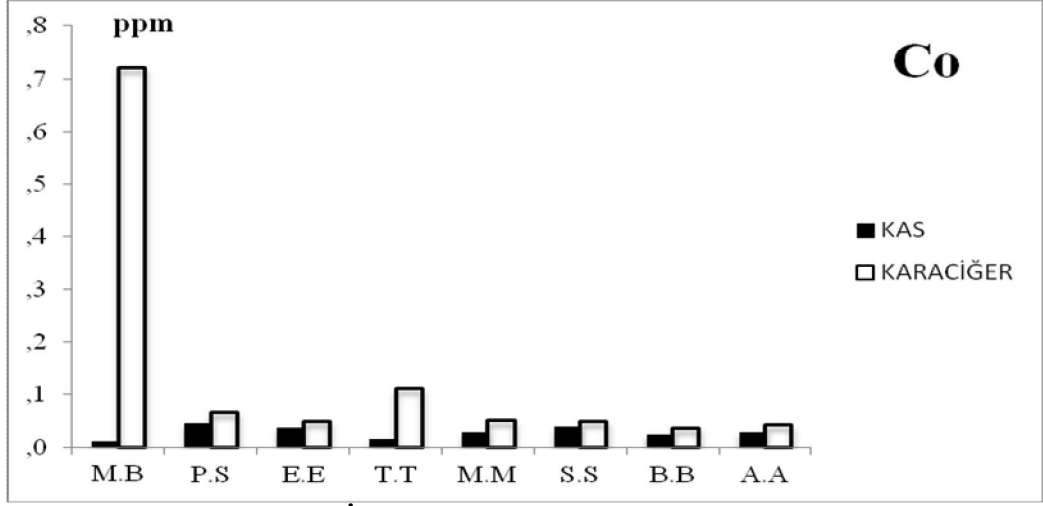
Şekil 3.10: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri



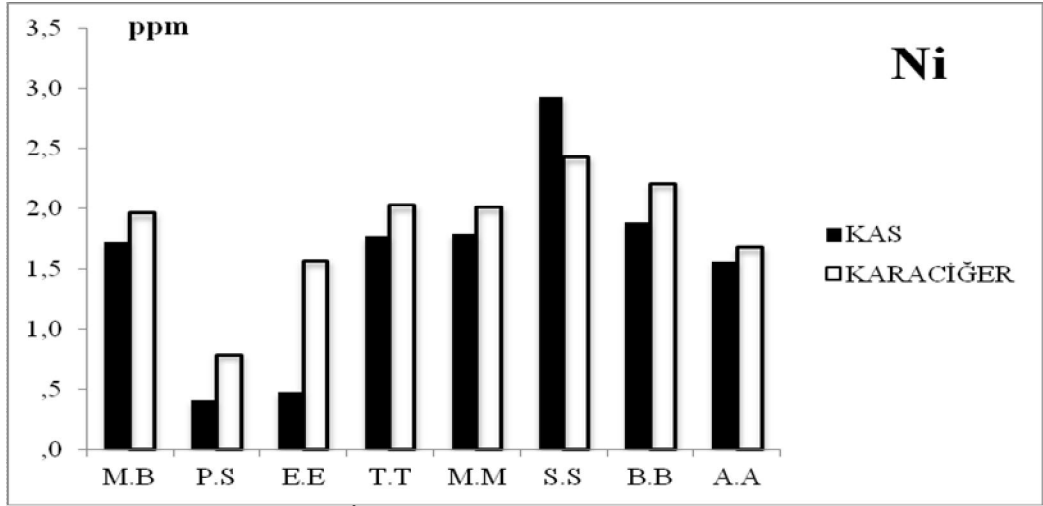
Şekil 3.11: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri



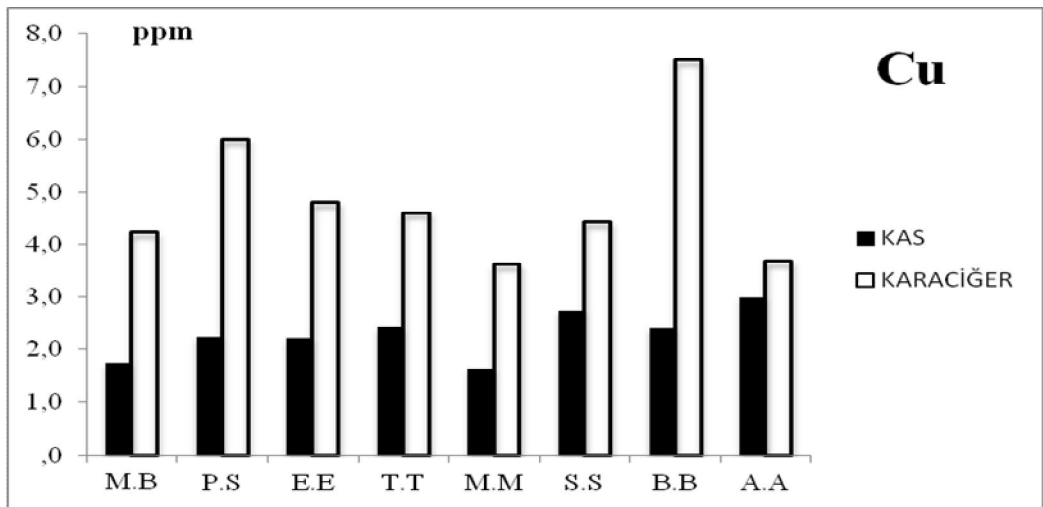
Şekil 3.12: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri



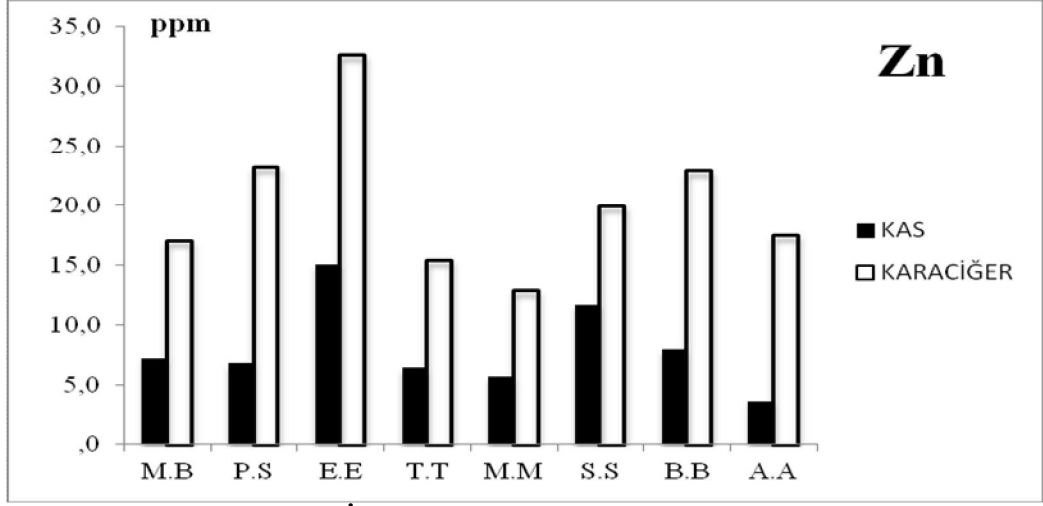
Şekil 3.13: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri



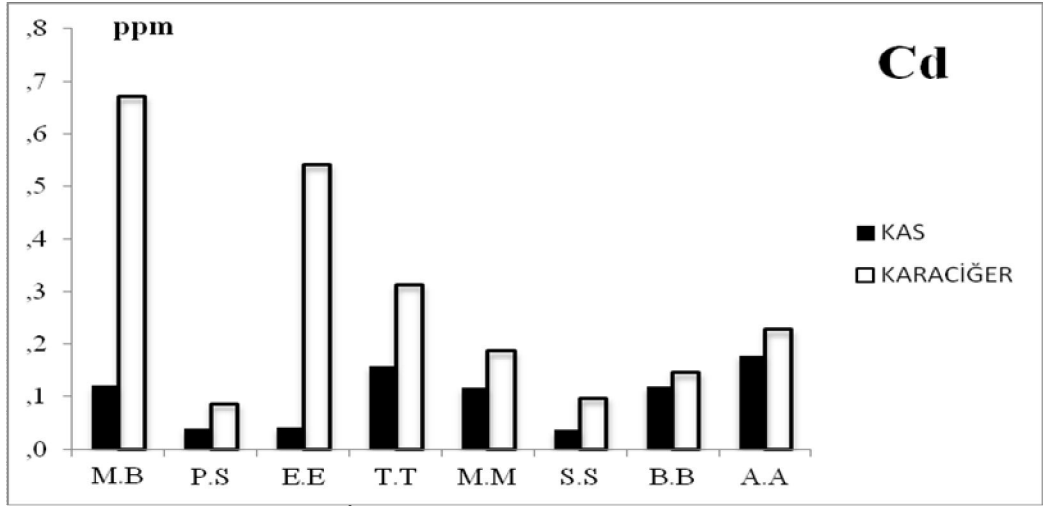
Şekil 3.14: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri



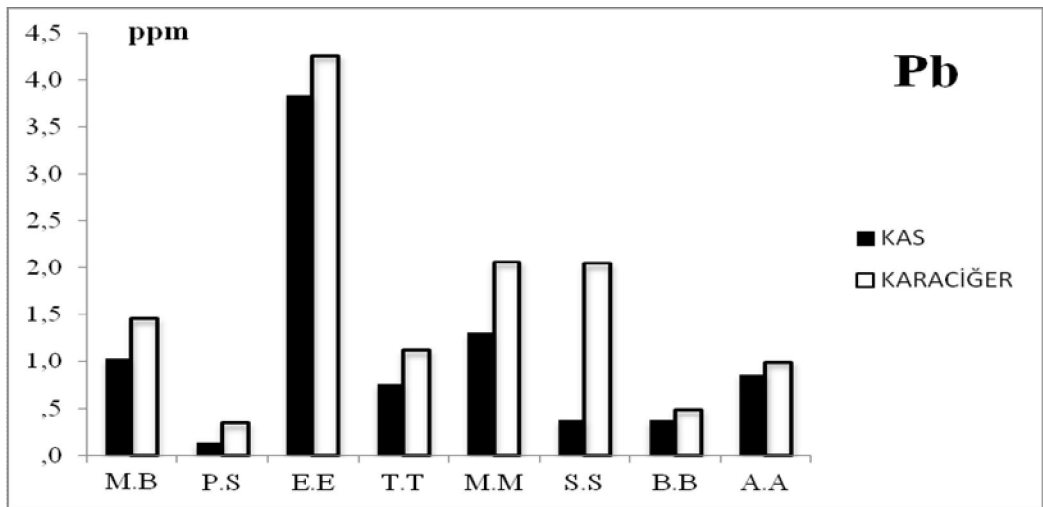
Şekil 3.15: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri



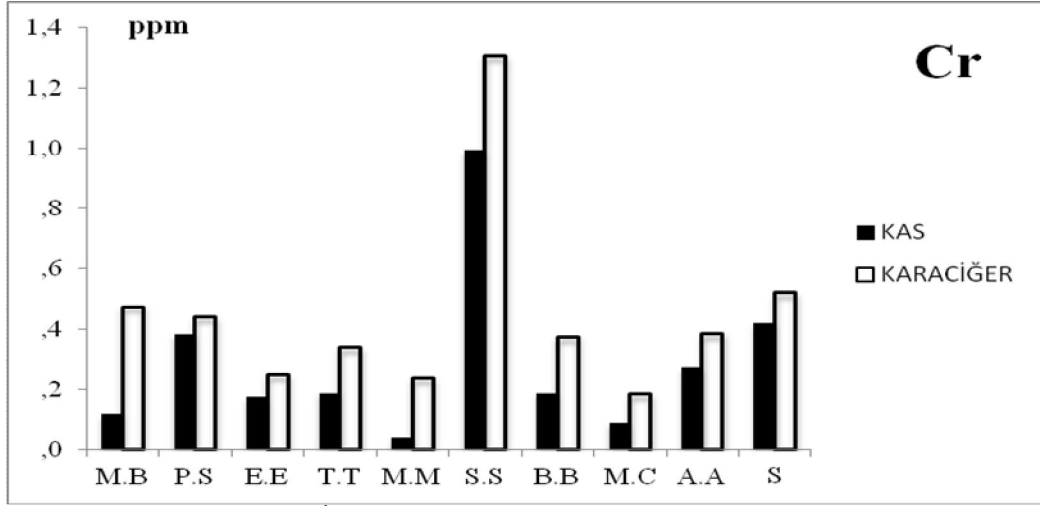
Şekil 3.16: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri



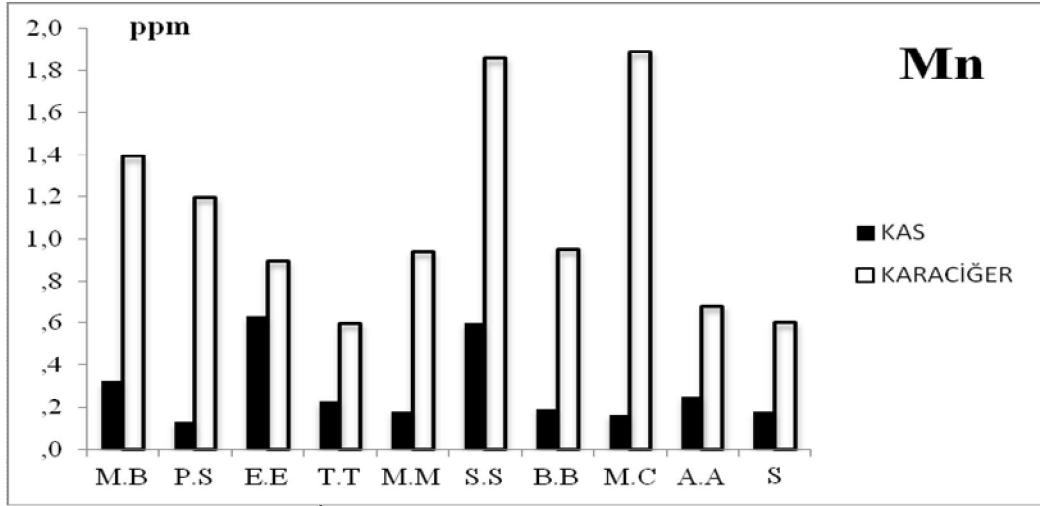
Şekil 3.17: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri



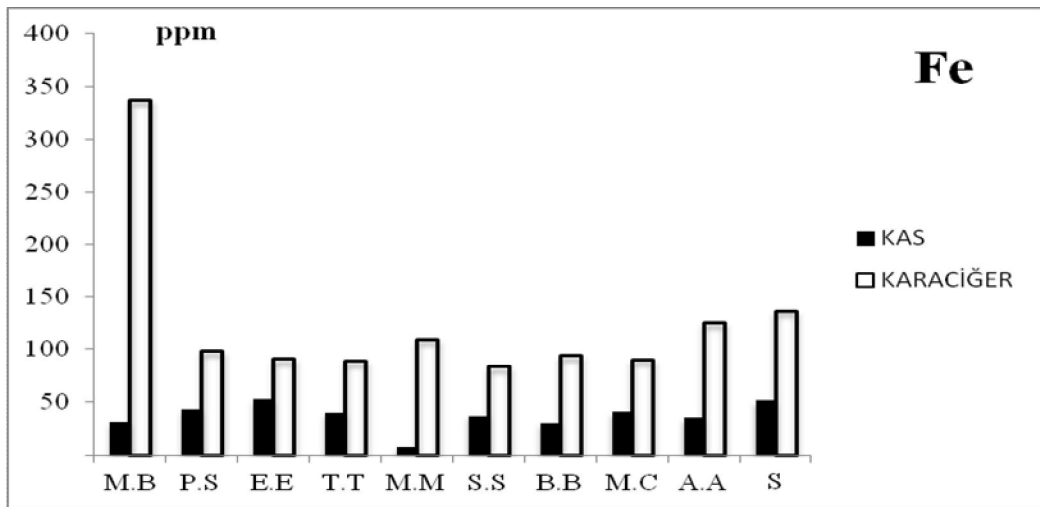
Şekil 3.18: Trabzon İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri



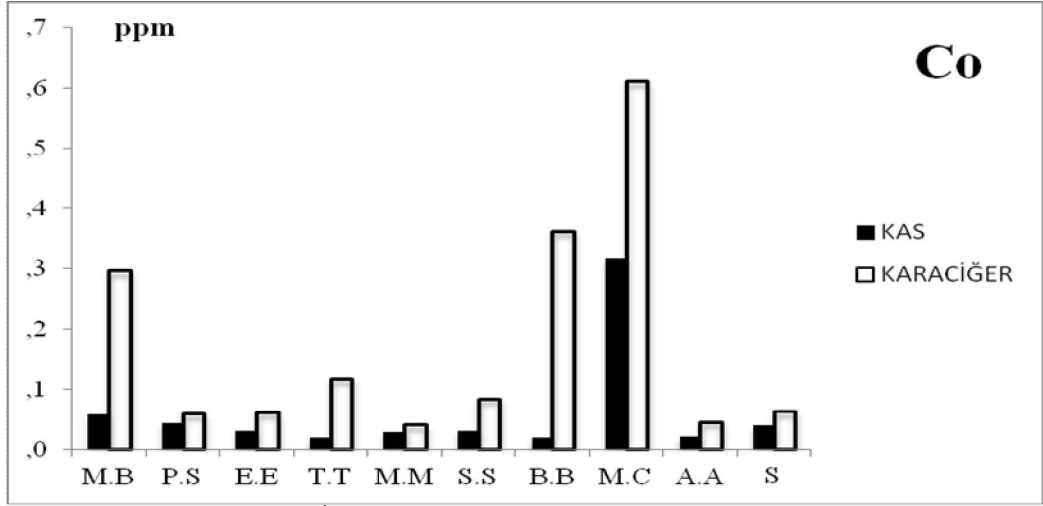
Şekil 3.19: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cr Düzeyleri



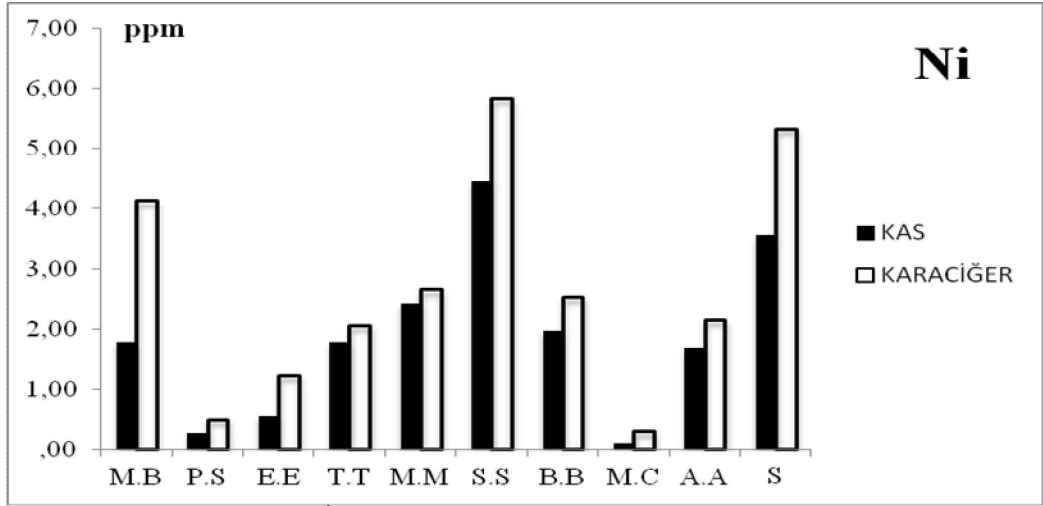
Şekil 3.20: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Mn Düzeyleri



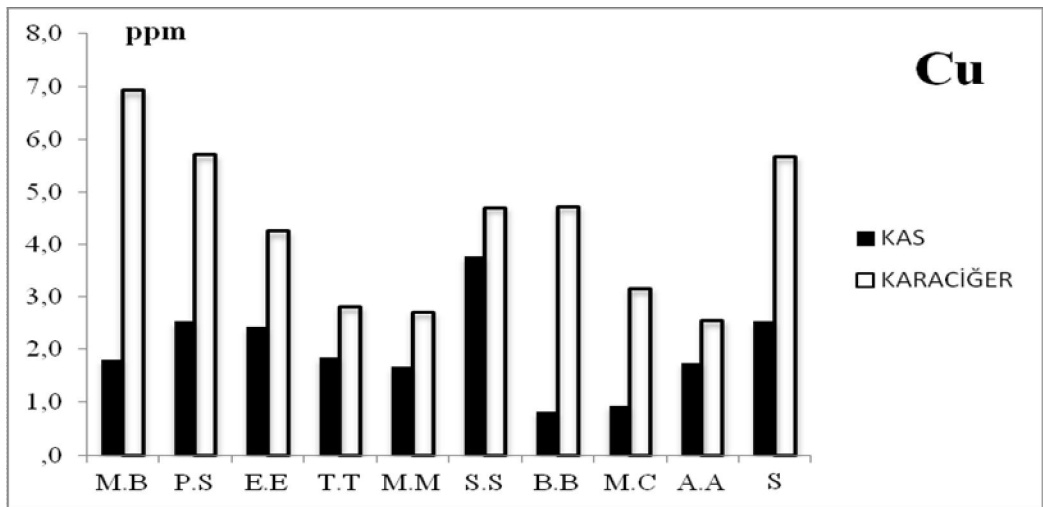
Şekil 3.21: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Fe Düzeyleri



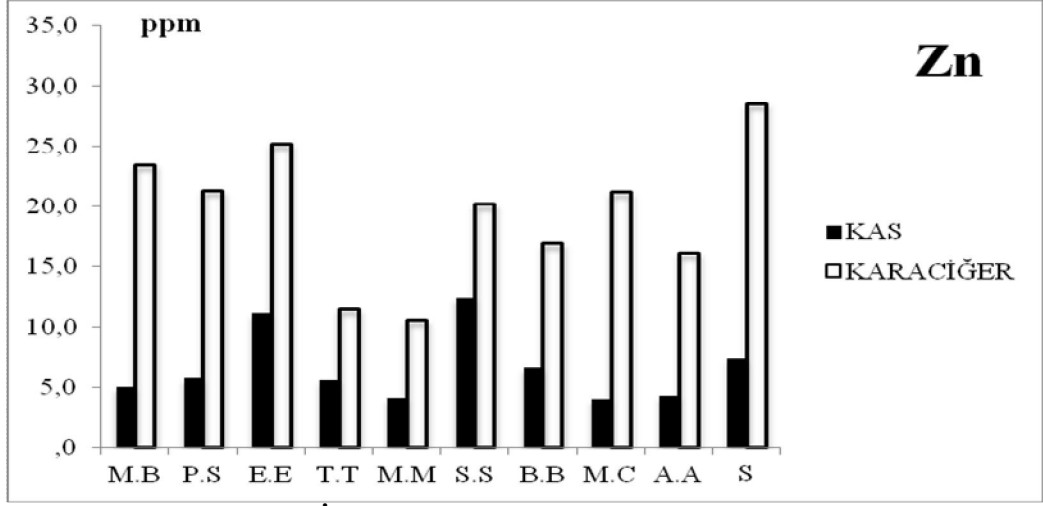
Şekil 3.22: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Co Düzeyleri



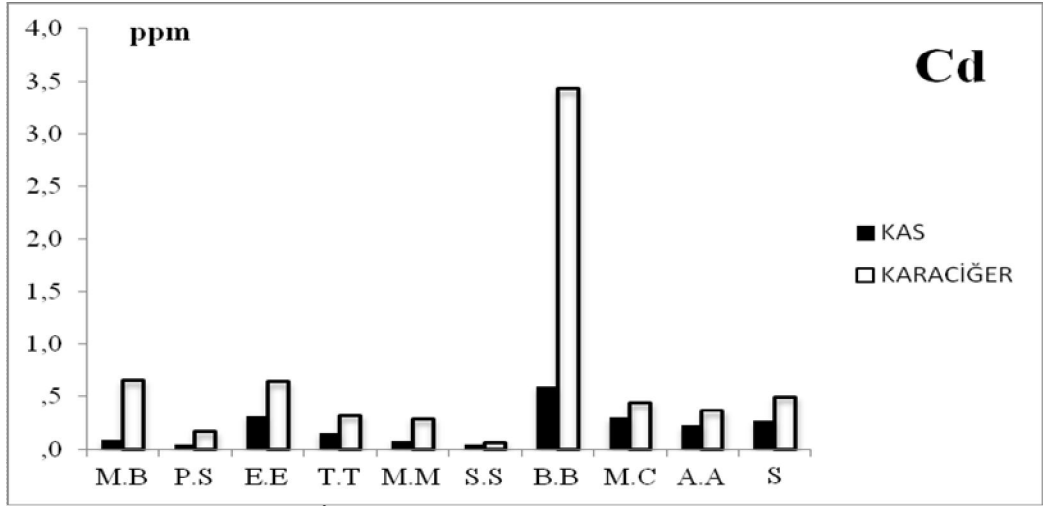
Şekil 3.23: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Ni Düzeyleri



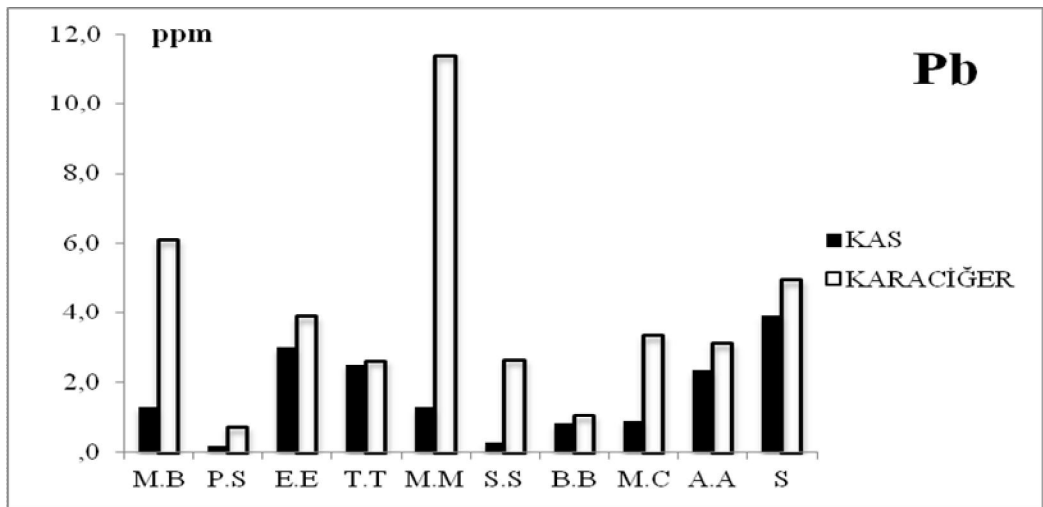
Şekil 3.24: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cu Düzeyleri



Şekil 3.25: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Zn Düzeyleri



Şekil 3.26: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Cd Düzeyleri



Şekil 3.27: Rize İstasyonunda Balık Türlerine Göre Pb Düzeyleri