

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ (VETERİNER)
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI (VFT-2020-0001)

**BÜYÜK MENDERES NEHRİ BATIKÖY MEVKİİNDE SU,
SEDİMENT VE KEFAL BALIK (*MUGİLİDAE SP.*)
DOKULARINDA BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YİĞİT SEFEROĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Cavit KUM

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından VTF-19031 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji ve Toksikoloji (Veteriner) Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Yiğit SEFEROĞLU tarafından hazırlanan “**Büyük Menderes Nehri Batıköy Mevkiinde Su, Sediment ve Kefal Balık (*Mugilidae sp.*) Dokularında Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması**” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 01 /09/2020

Üye (T.D.)

Üye

Üye

ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınan nolu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Süleyman AYPAK
Müdür V.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamda ilgi, yardım ve hoşgörüsünü esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Cavit Kum'a çok teşekkür ederim. Ayrıca bana her konuda yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr Murat Boyacıoğlu, Prof. Dr. Selim Sekkin ve Arş. Gör. Hande Şahiner'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince gösterdiği sabır, özveri ve destekleri için aileme ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
RESİMLER DİZİNİ	vii
TABLOLAR DİZİNİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. Büyük Menderes Nehrinin Genel Özellikler	3
2.2. Kefal Balığı Genel Özellikleri	3
2.3. Ağır Metaller	4
2.4. Bazı Önemli Ağır Metaller	6
2.4.1. Bakır (Cu)	6
2.4.2. Demir (Fe)	7
2.4.3. Kurşun (Pb)	7
2.4.4. Kadmiyum (Cd)	8
2.4.5. Krom (Cr)	10
2.4.6. Nikel (Ni).....	11
2.4.7. Mangan (Mn)	12
3.GEREÇ VE YÖNTEM	13
3.1. Gereç	13
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Su / Sediment / Balık Dokularının Analize Hazır Hale Getirilmesi	15
3.2.2. Metot Validasyonu.....	18
3.2.2.1. Doğrusallık.....	18
3.2.2.2. Ölçüm Limiti.....	19
3.2.2.3. Kesinlik.....	19

3.2.3. İstatistik.....	19
4. BULGULAR	20
4.1. Metot Validasyonu.....	20
4.1.1. Doğrusallık.....	20
4.1.2. Ölçüm Limiti.....	24
4.1.3. Kesinlik.....	25
4.2. Sediment Örnekleri	26
4.3. Su Örnekleri	35
4.4. Balık Örnekleri	45
5. TARTIŞMA	64
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	69
Ek 1 (Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri)	77
Ek 2 (Kanada Sediment Kalite Yönergesi)	80
Ek 3 (ADÜ HADYEK Kararı)	81
ÖZGEÇMİŞ	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	: Atomik absorpsiyon spektrofotometre
ATP	: Adenozin trifosfat
BPA	: Baird parker agar
Ca	: Kalsiyum
CaCl₂	: Kalsiyum klorür
Cd	: Kadmiyum
CdO	: Kadmiyum oksit
CdCl₂	: Kadmiyum klorür
CdSO₄	: Kadmiyum sülfat
Cd(SO₃)	: Kadmiyum sülfid
Cr	: Krom
Cr⁺³	: Kromit
Cr⁺⁶	: Kromat
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Fe⁺²	: Ferro
Fe⁺³	: Ferri
Hg	: Civa
HNO₃	: Nitrik asit
JES	: Jeotermal Enerji Santralleri
KCl	: Potasyum klorür
KM	: Kuru madde
LOQ	: En düşük ölçüm limiti
Mg	: Magnezyum
NaCl	: Sodyum klorür
Mn	: Mangan
Ni	: Nikel
NO	: Nitrik oksit
Pb	: Kurşun

PTWI	: Geçici izin verilen tolere edilebilir haftalık alım miktarı ($\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$ vücut ağırlığı)
RfD	: Referans Derişimi
RSD	: Bağlı standart sapma
ROT	: Reaktif Oksijen Türleri
US EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Gereç ve yöntem iş akış şeması.....	15
Şekil 2.	AAS’de elde edilen Cd kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm)....	20
Şekil 3.	AAS’de elde edilen Cr kalibrasyon eğrisi (0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm).....	21
Şekil 4.	AAS’de elde edilen Cu kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm)....	21
Şekil 5.	AAS’de elde edilen Fe kalibrasyon eğrisi (0,1, 0,25, 0,5, 1, 3, 5, 10 ppm)...	22
Şekil 6.	AAS’de elde edilen Mn kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm)...	22
Şekil 7.	AAS’de elde edilen Ni kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm)..	23
Şekil 8.	AAS’de elde edilen Pb kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm)..	23
Şekil 9.	Sediment numunelerinin ay bazında kurşun (Pb) değerleri (mg/kg).....	27
Şekil 10.	Sediment numunelerinin ay bazında toplam krom (Cr) değerleri (mg/kg)...	28
Şekil 11.	Sediment numunelerinin ay bazında kadmiyum (Cd) değerleri (mg/kg).....	29
Şekil 12.	Sediment numunelerinin ay bazında toplam demir (Fe) değerleri (mg/kg)..	30
Şekil 13.	Sediment numunelerinin ay bazında bakır (Cu) değerleri (mg/kg).....	31
Şekil 14.	Sediment numunelerinin ay bazında nikel (Ni) değerleri (mg/kg).....	32
Şekil 15.	Sediment numunelerinin ay bazında mangan (Mn) değerleri (mg/kg).....	33
Şekil 16.	Sediment numunelerinin ay bazında metal gruplarının değerleri (mg/kg)...	34
Şekil 17.	Su numunelerinin ay bazında kurşun (Pb) değerleri (mg/l).....	37
Şekil 18.	Su numunelerinin ay bazında toplam krom (Cr) değerleri (mg/l).....	38
Şekil 19.	Su numunelerinin ay bazında kadmiyum (Cd) değerleri (mg/l).....	39
Şekil 20.	Su numunelerinin ay bazında toplam demir (Fe) değerleri (mg/l).....	40
Şekil 21.	Su numunelerinin ay bazında bakır (Cu) değerleri (mg/l).....	41
Şekil 22.	Su numunelerinin ay bazında nikel (Ni) değerleri (mg/l).....	42
Şekil 23.	Su numunelerinin ay bazında mangan (Mn) değerleri (mg/l).....	43
Şekil 24.	Su numunelerinin ay bazında tüm metal gruplarının değerleri (mg/l).....	44
Şekil 25.	Balık dokularında aylara göre kurşun (Pb) değerleri (mg/kg).....	53
Şekil 26.	Balık dokularında aylara göre toplam krom (Cr) değerleri (mg/kg).....	54
Şekil 27.	Balık dokularında aylara göre kadmiyum (Cd) değerleri (mg/kg).....	55
Şekil 28.	Balık dokularında aylara göre toplam demir (Fe) değerleri (mg/kg).....	56
Şekil 29.	Balık dokularında aylara göre bakır (Cu) değerleri (mg/kg).....	57
Şekil 30.	Balık dokularında aylara göre nikel (Ni) değerleri (mg/kg).....	58
Şekil 31.	Balık dokularında aylara göre mangan (Mn) değerleri (mg/kg).....	59

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.	Ergin bir kefal balığı.....	3
Resim 2.	Numune alım istasyon noktası.....	13
Resim 3.	Numunelerin alındığı Batıköy Mevkii.....	14
Resim 4.	Alınan sediment örneğinin kaba filtre kağıdı ile süzme işlemi.....	16
Resim 5.	Alınan sediment örneklerinin kurutma işleminden sonra 2 mm'lik elekten geçirilme işlemi	16
Resim 6.	Rutin olarak her ay alınan balık örnekleri.....	17

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.	Endüstrilerin atıklarındaki metal türleri.....	5
Tablo 2.	Doğrusallık İçin Çalışmada Kullanılan Standart Stok Solüsyonlar.....	18
Tablo 3.	Cr, Cd, Ni, Mn ölçüm limiti (LOQ) değerleri.....	24
Tablo 4.	Fe, Cu,Pb ölçüm limiti (LOQ) değerleri.....	25
Tablo 5.	Kanada Sediment Kalite Yönergesi.....	26
Tablo 6.	Su örneklerinde aylık ölçülen pH değerleri	35
Tablo 7.	Su örneklerinde aylık ölçülen binde (%) tuzluluk değerleri	36
Tablo 8.	Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri.....	45
Tablo 9.	Solungaç dokusunda metal düzeylerinin aylara göre karşılaştırılması (mg/l)....	46
Tablo 10.	Kas dokusunda metal düzeylerinin aylara göre karşılaştırılması (mg/l).....	48
Tablo 11.	Karaciğer dokusunda metal düzeylerinin aylara göre karşılaştırılması (mg/l)....	50
Tablo 12.	Eylül ayı balık kas dokuları oral RfD değerleri.....	60

ÖZET

BÜYÜK MENDERES NEHRİ BATIKÖY MEVKİİNDE SU, SEDİMENT VE KEFAL BALIK (*MUGİLİDAE SP.*) DOKULARINDA BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Seferoğlu, Y. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji ve Toksikoloji (Veteriner) Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2020.

Bu çalışmada Büyük Menderes Nehri üzerinde Batıköy mevkiinde su, sediment ve bölgede yaygın olarak bulunan kefal balık (*Mugilidae sp.*) dokularında (solungaç, karaciğer ve kas) çevredeki sanayi kuruluşlarına göre seçilen ağır metallerin düzeylerini aylık olarak değerlendirmek ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturma risklerinin belirlenerek, varsa olası kirliliğe yönelik tedbirlerin ortaya konması amaçlanmıştır.

Ağır metal analizleri Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (AAS)'de gerçekleştirildi. Analiz sonunda elde edilen değerler ortalama olarak verilerek kendi aralarında ve aylık olarak değerlendirildi.

Sediment örneklerinde metaller arasında en yüksek değer toplam krom(Cr) ağır metal grubu olarak Mayıs ayında belirlenmiştir. Su örneklerinde metal grupları arasında en yüksek değer Aralık ve Ocak ayları haricindeki 10 ayda Cr, Aralık ve Ocak aylarında ise Mn olarak tespit edilmiştir. Balık karaciğer dokularında metal grupları arasında en yüksek değer Temmuz ayında yaşamsal bir metal olan demir (Fe) grubunda tespit edilmiştir. Balık solungaç dokularında metal grupları arasında en yüksek değer yine Temmuz ayında Fe grubunda tespit edilmiştir. Balık kas dokularında metal grupları arasında en yüksek değer Mart ayında yine Fe metal grubunda tespit edilmiştir.

Kefal balıklarının tüketilebilir bölgesi olan kas dokularının ağır metal seviyelerinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USP EPA)'nın belirlediği oral referans derişimi (RfD) değerleri hesaplamalarında, Pb ve Ni haricinde tüm aylar içerisinde analiz yapılan ağır metal gruplarının günlük alım limitlerinin geçilmediği tek zamanın Eylül ayı olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar ışığında Büyük Menderes Nehri Batıköy Mevkii'nde belirlenen noktada kefal balıklarının örnekleme yapılan tüm aylarda toksikolojik açıdan insan tüketimine uygun olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca bölgedeki suda ağır metal kirliliği örnekleme yapılan tüm

aylarda yüksek olarak tespit edilmiştir. Balık dokularında ve özellikle sularda tespit edilen yüksek ağır metal düzeyleri Büyük Menderes Nehri'nden kaynaklı önemli bir kontaminasyonun varlığını göstermektedir. Bu sebeple yetkili mercilerin konuya hassasiyet göstermesi, sanayinin yoğun olduğu bölgelerde sıklıkla gerekli kontrollerin yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, balık, Büyük Menderes, sediment, su.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HEAVY METAL LEVELS IN WATER, SEDIMENT AND MULLET(MUGILIDAE SP.) TISSUES IN BUYUK MENDERS RIVER BATIKOY AREA

Seferoğlu, Y. Aydın Adnan Menderes University Health Sciences Institute of Pharmacology and Toxicology (Veterinary) Program, Master's Thesis, Aydın, 2020.

In the study, it was planned to monthly evaluation of some heavy metal levels in water, sediment and tissues (gill, liver and muscle) of mullet fish (*Mugilidae sp.*) in Batikoy locality on Great Meandros according to the surrounding industrial establishments. As a result of evaluation, it was aimed to take measures against threats to human health and environmental pollution.

Heavy metal analyzes were carried out in Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The values obtained at the end of the analysis were given as averages, samples evaluated among themselves and monthly.

In sediment samples, the highest value total chromium (Cr) metal group was determined in May. In water samples, the highest value was found in the Cr metal group in 10 months except December and January, and the highest value was found Mn heavy metal group in December and January. In fish liver tissues, total iron (Fe) was found to have the highest value in July. The highest value in gill tissues was detected in the Fe metal group in July. The highest value in muscle tissues was detected in the Fe metal group in March.

Heavy metal levels of muscle tissues which are the consumable region of mullet fish, were calculated according to oral reference dose values determined by World Health Organization and United States Environmental Protection Agency. As a result of the calculations, it was determined that the heavy metal groups analyzed in all months, except for Pb and Ni, did not exceed the weekly intake limits only in September.

In the light of the results obtained, it has been determined that the mullet fish are not suitable for human consumption in terms of toxicology in all months of the sampling at the point determined in the Büyük Menderes River Batıköy Location. In addition, heavy metal pollution in the water in the region was found to be high in all months of sampling. High heavy metal levels detected in fish tissues and especially in waters indicate the presence of a significant contamination originating from the Büyük Menderes River. For this reason, it is necessary for

the competent authorities to show sensitivity to the issue and the necessary controls should be made frequently in areas where industry is concentrated.

Keywords: Fish, Great Meandros, Heavy metal, sediment, water.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve artan sanayileşme ile birlikte doğal çevremiz her geçen gün biraz daha kirlenmektedir. Metaller ve diğer artıklardan oluşan kirleticiler çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına karşı dayanıklı olmaları, sürekli olarak biyolojik sistemlere etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda abirikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında önemli bir önem tutarlar. Çevre ve besin kirlenmesine yol açan metaller arasında civa (Hg), krom (Cr), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) gibi metaller kirletici özelliklerine göre ilk sırada yer alırlar (Elmacı, 2007).

Ağır metallerin bazıları canlılar için gerekli, bazıları gelişimi uyarıcı; ancak yüksek dozlarda hepsi toksik etki yapmaktadır. Örneğin demir (Fe), anemiyi önler; çinko (Zn) ise, 100'den fazla enzim reaksiyonlarında bir kofaktör olarak yer alır. Ancak, bu tür metaller, gereksinim duyulan miktardan fazla alındığında canlılarda ciddi toksisiteye yol açmaktadırlar. Yüksek dozlarda, vücut için toksik olabilir ya da diğer iz elementlerin noksanlığına neden olabilirler. Tatlı su ekosistemlerindeki sedimentin, metallerin ve diğer kirleticilerin en önemli deposu niteliğinde olduğu, toksin kaynağı olarak davrandığı ve biriktirdiği metaller veya diğer kirleticileri yüzey sularına bırakma potansiyeline sahip olduğu ve böylece sudaki organizmaları olumsuz şekilde etkileyebildiği gösterilmiştir (Elmacı, 2007; Wang, 2004).

Ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk kayıtlara geçen zehirlenme vakası Japonya'da ortaya çıkmıştır (Kahvecioğlu ve ark, 2004). 1953-1960 yılları arasında Japonya'da Hg ile kontamine balık ve istridyeleri yiyen insanlarda görülen zehirlenme olayı sonucu 421 akut zehirlenme olmuş ve 47 kişi ölmüştür (Vural, 1993).

Son yıllarda, balık etinin dünyada tüketimi, besleyici ve tedavi edici faydalarının giderek artmasıyla birlikte eş zamanlı olarak artmıştır. Balık önemli bir protein kaynağı olmasının yanında, tipik olarak temel mineraller, vitaminler ve doymamış yağ asitleri bakımından zengin içeriklere sahiptir. Amerikan Kalp Derneği (*American Heart Association, AHA*), günlük omega-3 yağ asit ihtiyacının karşılanması için haftada en az iki defa balık yenilmesini tavsiye etmektedir (WEB_1).

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 etkileşmesidir (Flos,

1979). Bu konuda birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmaların çoğu temel olarak yenilebilir kısımdaki (kas dokusu) ağır metallere yoğunlaşmıştır.

Ağır metallerin insan sağlığına çeşitli olumsuz etkileri uzun zamandır bilinmekte olup, böbrek yetmezliği, karaciğer hasarı, kardiyovasküler, nörolojik hastalıklar ve hatta ölüm gibi ciddi tehditler içerdiği belirtilmektedir. Örneğin; Yüksek Cu düzeyi dolaylı olarak Alzheimer hastalığı ve prion hastalıkları gibi bazı nörolojik hastalıklarla ilişkili olduğu (Stern ve ark, 2007), Cd'un kronik zehirlenmesi sonucu "İtai itai" denilen inleme hastalığı geliştiği, cilt, akciğer, karaciğer ve mesane kanserine neden olabildiği, Pb'un sinir sistemi, kan, mide, bağırsak ve böbrekler üzerinde olumsuz etkilere neden olduğunu göstermiştir (Vural, 1993).

Bu amaçla çalışmada, Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunan ve nehrin denize deşarj olduğu bölgenin gerisinde yer alan Aydın-Didim'e bağlı Batıköy mevkiinde su, sediment ve bölgede yaygın olarak bulunan kefal balık (*Mugilidae sp.*) dokularında (solungaç, karaciğer ve kas) bazı ağır metal (Pb, Cr, Cd, Ni, Fe, Cu gibi) düzeylerini aylara göre değerlendirmek ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturma risklerinin belirlenerek, varsa olası kirliliğe yönelik tedbirlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

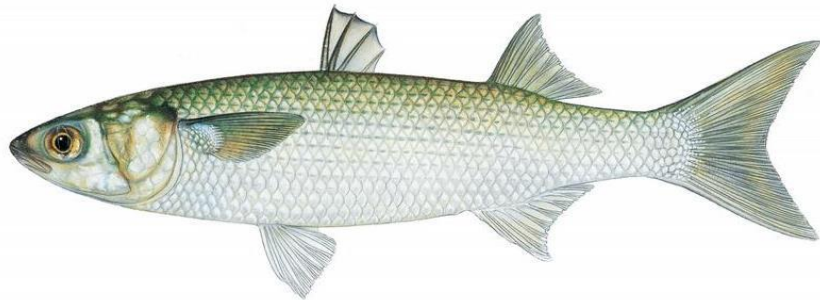
2.1. Büyük Menderes Nehrinin Genel Özellikleri

Büyük Menderes Nehri, Türkiye'nin batısında Büyük Menderes Havzasını besleyen ana su kaynağı olup yaklaşık 584 km uzunluğundadır. Akarsu, Dinar'ın kuzey-doğusundaki Kireçtaşı mağaralarında yer alan karstik kökenli kaynaktan doğmaktadır. Sandıklı Ovası'nı çeviren yüksek dağlardan inen derelerin birleşmesiyle oluşan ikincil kol ile birleşerek, Çivril Ovası'nda Büyük Menderes adını almaktadır. Nehir, Banaz Çayı ile Adıgüzel Barajı'nda birleşmektedir. Daha sonra, Çürüksu, Dandalas Çayı, Akçay ve Çine Çayı ile birleşmekte ve Bafa Gölü'nün batısından Ege Denizi'ne dökülmektedir. Akarsuyun debisi mevsimlere göre değişiklik göstermekte, özellikle yan derelerin kurumması ile debisi önemli oranda azalmaktadır (Durdu ve ark, 2012).

2.2. Kefal Balığı Genel Özellikleri

Kefal balığı türleri birbirlerine çok benzer. Vücutları genellikle torpil şeklinde ancak yanlardan hafif yassılaştırmış olup parlak renkli pullarla kaplıdır. Burun kısmı küt yapılıdır. Omur sayıları 24-26 arasındadır. Ömürleri yaklaşık 14-15 yıldır (MEGEP, 2011).

Kefalin *Mugil cephalus*, *Mugil chelo*, *Mugil capito*, *Mugil saliens*, *Mugil auratus*, ve *Mugil labeo* türleri Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz'de yaygındır. Kefal türleri tuzlu, acı ve tatlı sularda tropik ve ılıman bölgelerde çok geniş sıcaklık (3,5-35 °C), tuzluluk ve oksijen aralıklarında yaşayabilirler. Bu nedenle düzenli aralıklarla göç eden (katadrom) balıklardır. Beslenme açısından omnivor özelliktedir. *Crustacea*, algler, diatomlar doğal besinleridir. Sularımızda yaşayan kefaller değişik yaşlarda cinsiyet olgunluğuna ulaşır. (MEGEP, 2016).



Resim1. Ergin bir kefal balığı (MEGEP, 2016).

2.3. Ağır Metaller

Ağır metallerin bazıları canlılar için esansiyel, bazıları gelişimi uyarıcı; bazıları esansiyel veya yaşamsal olmayan sınıfta bulunmasına karşın yüksek dozlarda hepsi toksik etki gösterir. Ağır metal terimi ağır metaller olarak adlandırılan elementlerin tüm bileşenlerinin toksik veya ekotoksik etkilere sahip olduğu varsayımına neden olmaktadır. Bu varsayımın kimyasal ve toksikolojik olarak bir temele dayanmamaktadır. Ağır metal teriminin kullanımından kaçınmak için periyodik tabloya dayalı olarak toksisitenin kimyasal temeli ve toksik etikilerin tahmini için yeni bir sınıflandırmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Duffus, 2002). Örneğin demir (Fe), anemiyi önler; çinko (Zn) ise, 100'den fazla enzim reaksiyonlarında bir kofaktör olarak yer alır. Diğer bir örnek olarak bakır (Cu), hayvanlarda ve insanlarda alyuvarların birçok oksidasyon ve redüksiyon mekanizmalarının önemli bir parçasıdır. Ancak, bu tür metaller bile gereksinim duyulan miktardan fazla alındığında canlılarda ciddi toksisiteye yol açmaktadırlar. Yüksek dozlarda, vücut için toksik olabilir ya da diğer iz elementlerin noksanlığına neden olabilirler (Bigersson ve ark, 1988). Kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) bileşikleri ve kükürtlü enzimlere bağlanabilen civa (Hg) bileşikleri yaşamsal olmayan ağır metallerde en iyi örnektir. Çok düşük konsantrasyon değerlerinde bile toksik etki yaratmaktadır.(Duffus, 1996, Güner, 2008).

Balıklar alıcı ortamdaki ağır metalleri , yem veya en çok solungaçlar aracılığıyla alırlar. Dolaşıma geçen metaller metabolizmada kullanılır ve daha sonra atıldıkları veya biriktikleri organlara taşınırlar. Metallerin etkileri, alınma yolu, dozu ve temas süresine bağlı olarak değişim göstermektedir (McGeer ve ark, 2000). Metallerin balık tarafından alınmasında en önemli yol solungaçlar olduğu için akut zehirlenmelerde en fazla hasar gören organdır. Gaz alışverişi ve iyon transferinde görevli olan ve bunun için balığın vücut derisinden 10-60 kat daha geniş bir yüzey alanına sahip olan solungaçlar, bu sebeple de birincil hedef konumundadır (Wepener, 2001). Metaller genellikle solungaç epitelindeki Ca^{+2} kanallarını yarışmalı bir şekilde bloke edip Ca^{+2} taşınmasını bozarlar. Su kirliliğinin yüksek olmadığı doğal ortamlarda Ca^{2+} ve Mg^{2+} oranlarının yüksek olması bu iyonların yeterli miktarda alınarak dengenin sağlanmasına neden olur ve bu durum diğer metallerin solungaçlardan geçişini de azaltır (Pratap ve ark, 1993).

Metaller genelde biyolojik yıkımlanmaya uğramadıklarından tüm dünyada balık, istiridye, midye, sediment gibi sucul ekosistem komponentlerinde birikime sebep olurlar (Wepener ve ark, 2001).

Endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprak ve toprağın doğal bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ile birlikte bu ağır metaller nehir, göl ile yer altı sularına ulaşarak su kaynaklarına geçer. Su kaynaklarına geçen ağır metaller aşırı derecede seyrelerek kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşikler oluşturmak sureti ile su tabanlarına çökerek o bölgede zenginleşmektedirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselme eğilimindedir. Ağır metallerin ekolojik sistemdeki yaygınlığına bakıldığında, insandan kaynaklanan yayılımın doğal yayılımdan daha fazla olduğu belirtilmektedir (Rether, 2002).

Ağır metal gruplarının çevreye etkilerini gösteren en önemli endüstriyel faaliyetler Tablo 1.'de genel olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Endüstrilerin atıklarındaki metal türleri (Rether, 2002).

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi	+	+	+	+	+	+	+	+
Tekstil Sanayi	+	-	-	-	+	-	-	-

Tabloda farklı endüstrilerin atıklarında yoğun olarak barındırdıkları ağır metal grupları + ile; atıklarında barındırmadıkları ağır metal grupları – ile belirtilmiştir. Ağır metal gruplarından kadmiyum Cd, krom Cr, bakır Cu, civa Hg, kurşun Pb, nikel Ni, kalay Sn, çinko Zn şeklinde sembolleri ile gösterilmiştir.

Çalışmada analiz yapılacak ağır metal grupları Büyük Menderes Nehri çevresinde bulunan deri, tekstil sanayi kuruluşları atıkları, kentsel atıklar, JES (Jeotermal Enerji Santralleri) akışkanları, zeytin karasuları, tarımda kullanılan ilaç ve gübreler göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

2.4. Bazı Önemli Ağır Metaller

2.4.1. Bakır (Cu)

Bakır, birçok enzimin yapısında bulunması ve hücrelerdeki çeşitli görevlerin yerine getirilmesi için tüm canlı gruplarının ihtiyaç duyduğu bir iz elementtir. Ancak aşırı derişimlerde doğrudan protein denaturasyonuna ve dolaylı olarak da ROT (reaktif oksijen türlerinin) oluşumuna yol açmakta ve toksik derecede etki göstermektedir. Suda subletal miktarlarda bulunması balıkların gelişimini ve üremesini yavaşlamakta veya tamamen durdurmaktadır. Bunlara ek olarak bakır Na ve Cl dengesinde bozulma ve plazma ozmorlaritesinde düşmeye sebep olduğundan dolayı ozmoregülatör etkili bir zehir olarak kabul edilmektedir (Wepener ve ark, 2001).

Bakırın balık fizyolojisi üzerine etkileri ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bunların metabolizma üzerine etkileri diğer kirleticilere göre daha fazla olduğu bilinmektedir. Araştırmacılar farklı konsantrasyonlarda uygulanan bakırın balıklarda oksijen tüketimini incelemiş, uzun süre bakırın etkisinde kalan balıklarda oksijen tüketiminde azalma olduğu ortaya konulmuştur. *Salmo trutta* ile yapılan çalışmada bakırın etkisinde kalma sonucu balığın besin tüketiminde geçici olarak bir azalma gözlemişlerdir. Metalin etkisinde kalan balıkta plazma kortizol ve adrenalin konsantrasyonunun arttığı saptanmıştır (Güner, 2008). Bazı araştırmacılar bakıra maruz kalan Nil tilapylarında (*Oreochromis niloticus*) solungaçlardaki Na⁺ /K⁺ ATPaz aktivitesini önemli ölçüde inhibe ettiğini, alkalin fosfataz aktivitesini ise arttırdığını belirtmişlerdir (Atlı ve Canlı, 2003). Emilimi bağırsaklarda gerçekleşen bakır, portal venler ile karaciğere taşınmaktadır. Karaciğer bakır için hem depolanma hem de diğer organlara dağılma yeridir (Linder ve ark, 1998).

Sudaki bakır düzeyinin balıklara yönelik etkilerinin yorumlanması güçtür. Çünkü karbonat iyonları, pH ve organik karbon bakırın farklı formlarının oluşmasında birbirini etkilemektedir (Grosell, 2007). Mg⁺² ve Ca⁺² balık tarafından alınan bakır ile yarışa girerler ve bu parametrelerdeki değişiklikler letal dozda yaklaşık 60 kata kadar farka sebep olabilmektedir (Sciera ve ark, 2004). pH'ın azalması toksisitenin artışına yol açmakta ve pH'da her bir ünite azalmada zehirlilikte 100 katlık artış görülmektedir. Bakır zehirlenmesine sıcak su balıklarının soğuk su balıklarından daha dirençli oldukları bildirilmiştir. Yassı kafalı golyan balıklarında yapılan bir çalışmada suda NaCl ve CaCl₂ artışının bakırın toksisitesini azalttığı ve KCl'ün artışının ise bakıra duyarlılığı arttırdığı gözlenmiştir (Erickson, 1996).

2.4.2. Demir (Fe)

Demir neredeyse tüm canlı organizmaların büyüüp gelişebilmesi ve hayatını sürdürmesi için gerekli en önemli elementler arasındadır. Toprak ve kayalarda bol miktarda bulunmaktadır. Alüminyumdan sonra %4,2 oran ile yer kabuğunda en sık rastlanan metaldir. Demir, alg gibi organizmalar ve sitokrom, katalaz gibi enzimlerin yanı sıra hemoglobin ve miyoglobin gibi oksijen taşıyan proteinlerin işlevinde rol alan hayati bileşenlerden biridir (Vuori, 1995).

Demir (Fe), çözünebilir şekli olan ferro (Fe^{+2}) şeklinde olabildiği gibi çözünmeyen bileşiği olan ferri (Fe^{+3}) şeklinde de yüzey sularında bulunur. Bu iki şeklin oranı pH ve suyun diğer özelliklerine bağlıdır (Sotero, 2007).

Balıklarda demire bağlı hasar genellikle kışın havuzlarda düşük oksijen içeriği ve özellikle düşük pH ile oluşmakta olup bu aşamada demir başlıca çözüner şekli olan Fe^{+2} şeklinde bulunur. Balıkların solungaçlarındaki alkali reaksiyonlar ferro demiri, ferri bileşiklere oksitler. Fe^{+3} böylece solungaç lamellerini kaplayarak solunumu engeller. Düşük su sıcaklığında ferri demir solungaçlardaki bakterilerin çoğalmasına ve ferro bileşiklerin oksitlenmesine yol açar. Suda bulunan demir ayrıca mikroorganizmaların üremesini de engelleyebilir (Filazi ve ark, 2016).

2.4.3. Kurşun (Pb)

İnsanların en fazla karşılaştığı ağır metaldir. Sanayide özellikle pil yapımında, benzin katkı maddesi olarak, radyasyon koruyucusu olarak, kablo yalıtkanı olarak, boyalarda, lehimde ve birçok faaliyette kullanılan önemli bir metal olan kurşun özellikle kent yaşamının önemli bir parçasıdır. Kurşun (Pb) parçalanamaz özelliğe sahiptir zararsız bir forma dönüştürülemez. Her formu toksiktir. Su kaynakları ve nehirlerde dipte bulunabilir, ancak pH değeri yüksek olan sularda çözünebilir. Besin,su yoluyla insan vücuduna girebilir. Solunum yoluyla vücuda alınan kurşunun %5-10'u vücutta birikebilir. Kurşun en çok kemik ve dişlerde birikirken esas zararı yumuşak dokularda gösterir. Vücuttan atılım hızı çok yavaş olan kurşun kanda 30 gün, kemiklerde 27 yılda atılır.(Erickson, 2005, Güner, 2008).

Kalsiyumla ile kurşunun iyonik olarak birbirlerine benzemelerinden dolayı kurşun iyonu, kalsiyum iyon taşıyıcıları tarafından taşınır. Kurşun, kalsiyum taşınma mekanizması ile yarıştığından dolayı diyetteki kalsiyum içeriğinin az olması kurşun emilimini arttırmaktadır. Yani kurşun ile kalsiyum emilimi ters orantılıdır. Kurşunun kalsiyum ile girdiği yarış, presinaptik reseptörde gerçekleştiğinde asetilkolin salınımını uyararak kalsiyumun etkisi

baskılanır ve “end-plate” potansiyelde azalma ortaya çıkar. Sinir dokusunda mitokondrial solunumun ve normal işlevlerin bozulması, kurşunun membran bağlanma alanları için kalsiyum ile yarışmasının sonucudur. Kurşun divalan katyon olduğu için sülfidril gruplara bağlanma kapasitesi oldukça yüksektir ve oluşturduğu ürünler enzim ve proteinleri inhibe eder. Kurşun aynı zamanda *pirimidin 5'-nükleotidaz* aktivitesini bozarak alyuvarlar içindeki pirimidin nükleotidlerini arttırır. Bu durum eritrosit olgunlaşmasını önleyerek eritrosit sayısını düşürür ve anemi ile sonuçlanır. Bu sonuç kurşunun en yaygın bilinen toksik etkilerinden biridir (Fujita, 2002).

Kurşun zehirlenmesinden en çok çocuklar etkilenmektedir. Zihinsel ve davranış bozukluğuna sebep olan kurşuna kronik olarak maruz kalan kişilerde ilerde obeziteye sebep olur. Yalıtım malzemelerinde, mürekkep, kumaş boyaları ve parlak kağıtta bol miktarda bulunmakla birlikte, bazı konservelerde de kurşun bulunmaktadır. Boyalar içerisinde yağlı boyalarda kurşun içeriği yüksektir. Özellikle çocuklarda çok ciddi tehlike oluşturduğundan Almanya ve diğer gelişmiş ülkelerde 1971’ de boya maddelerindeki kurşun kullanımı ve 1979’ da ise yemek saklama kutularındaki kurşun kullanımını sınırlayıcı yasalar çıkarılmıştır (Güner, 2008).

2.4.4. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum yumuşak, gümüş beyazı renkte olan bir metaldir. Kadmiyum, çevrede genellikle saf metalden ziyade, kadmiyumoksit (CdO), kadmiyumklorür (CdCl₂), kadmiyumsülfat (CdSO₄), kadmiyumsülfid (Cd(SO₃)) gibi oksijen, klor veya sülfür bileşikleri halinde bulunur. Kadmiyum, 10-30 yıl arasında değişen uzun bir yarılanma ömrüne sahip olması ile birlikte vücut içerisinde tüm organlara dağılım göstermesi nedeniyle toksisitesi yüksek olan bir metaldir (Jarup, 1998).

Kadmiyum endüstriyel alanda en fazla nikel-kadmiyum pillerinin ve aktif elektrot maddelerinin yapımında, plastik, seramik ve cam pigmentlerinde, polivinilklorürün (PVC) ısıya karşı dayanıklılaştırılmasında, çelik ve bazı demir içermeyen metallerin kaplanmasında, çeşitli alaşımlarda kullanılmaktadır (Thornton 1992, Larc 1993, USGS 1997).

Kadmiyum(Cd), lağım atıklarından toprağa geçmesinin yanı sıra gübreler aracılığıyla toprağa ve bitkilere geçebilmektedir (Jarup ve ark, 1998, Wittman, 2002). Çevresel kadmiyumun temel kaynağı; tahıl ürünleri ve sebzeler gibi lifli besinlerdir. Tarımda kullanılan çinko- 11 sülfat içerikli gübrelerde de kadmiyum kontaminasyonları tespit edilmektedir.

Topraktaki kadmiyumun vücuda girişi yeşil yapraklı sebzeler, meyveler ve patates tüketimi ile olmaktadır (Satarug ve Moore, 2004).

Kadmiyum(Cd) öncelikle plazmada albümine sonra metalotiyonine bağlanarak karaciğer dokusuna girmekte ve kan dolaşımına katılmaktadır. Metalotiyonine bağlanmış kadmiyum renal glomerüllerden süzülür ve proksimal tübül hücreleri tarafından yeniden absorbe edilir (Foulkes 1980).

Kadmiyumun memelilerde anemiye neden olduğu belirlenmiştir. Aneminin mekanizması; büyük ölçüde hemoglobin sentezi için barsak demir absorpsiyonunda meydana gelen düşmedir. Böyle bir mekanizmanın balıklarda olup olmadığı henüz tam olarak bilinmemektedir. Kadmiyum aynı zamanda yapısı bozulan çok sayıda eritrositin meydana gelmesine neden olmuştur. Kadmiyum etkisinin bir sonucu olarak böbrekte *amino levülinik asit dehidrataz* enziminde bir artış görülmüştür. Bu da hemoglobin sentezinin ilk basamağının kadmiyum tarafından bloke edilmediğini enzim aktivitesindeki artışa rağmen hemoglobin sentezinin düştüğünü gösterir (Güner, 2008). Kadmiyum(Cd)'un sebep olduğu başlıca patolojik etkiler kemik kaybı ve renal hasarlardır. Böbrekteki kadmiyum konsantrasyonundaki artış osteoporozu da beraberinde getirmektedir (Jarup, 1998). Bağırsaklarda kadmiyum absorpsiyonu normal koşullarda düşüktür. Ancak diyetlerde vücuda alınan kalsiyum, protein, çinko, demir ve bakır miktarı azaldıkça kadmiyumun bağırsaklardan emilimi artmaktadır (Fox, 1988).

Kadmiyum tüm memeliler ve balıklar için en toksik ağır metallere biri olarak değerlendirilir. Canlı organizmaların hiçbiri için esansiyel bir element değildir. Son yıllarda sucul ortamda Cd kontaminasyonu sürekli artma eğiliminde olup gıda zincirinde bulunan sucul organizmaların dokularında hızlı birikme yeteneğine sahiptir (George, 1991).

Balıklardaki en yüksek Cd düzeylerine sırayla böbrekler, karaciğer ve solungaçlarda rastlanmıştır. Çinko, sudaki omurgasız hayvanlarda kadmiyumun toksisitesini arttırabilir. Bununla beraber sudaki yüksek Ca^{+2} derişimleri, alınma yerlerinde yarışmayla kadmiyum alımını engelleyebilirler. Hipokalseminin balıklarda su ya da besin yolu ile kadmiyum(Cd)'a maruz kalması sonrasında kadmiyum toksisitesinin temel mekanizması olduğu bildirilmiştir (George, 1991). Kadmiyumun yüksek kontrasyonlar olduğu gibi düşük konsantrasyonlarda da çeşitli balık türlerinde anemiye sebep olduğunu tespit etmişlerdir (Heath, 1995).

2.4.5. Krom (Cr)

Vücut içerisinde insulin hareketini sağlayarak su, karbonhidrat ve protein metabolizmasını etkileyen krom, doğada her yerde bulunan bir metaldir. Kromun (+3) ve (+6) değerlikli iyonları biyolojik önem taşır. Organizmada *in vivo* olarak Cr^{+6} (kromat) şekli Cr^{+3} (kromit) şekline dönüşür. Cr^{+3} insan ve hayvanlarda esansiyel eser elementtir (Güner, 2008). Krom(Cr)'un başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesi ile oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve yer aldığı ortam içerisindeki fiziksel yapısına bağlıdır. Günümüzde özellikle alaşım elementi olarak kullanılmaktadır (Mertz, 1987).

En önemli krom(Cr) cevheri dünyada üretimi 9 milyon tondan fazla olan kromittir. Cr çoğunlukla paslanmaz çelik üretiminde, ısıya dayanıklı olarak amaçlanan yüksek erime noktası ve kimyasal hareketsizlik nedeniyle harç ve beton yapımında kullanılmaktadır. Cr yer kabuğunda bolca bulunur ve bulunuş sırası 21'dir. Kromun antropojenik temel kaynakları elektrikli fırınlar, çelik üretimi ve kömür yakıtlı santral kaynaklı atmosferik birikimdir. Kömür gibi çeşitli endüstriyel prosesler, elektro kaplama, deri tabaklama, metal işleme, tekstil ve kürk boyama gibi faaliyetlerin etkisi ile krom ile kirlenmiş atıksu deşarjı olabilir. (Bradl, 2005).

Krom(Cr) içeren mineral yapıların endüstriyel oksidasyonu fosil yakıtların, ağaç ve kağıt sanayi ürünlerinin yanması neticesinde doğada (hekzavalent) Cr^{+6} oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı yapıdayken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda Cr^{+3} 'e geri redüklenir. Cr^{+3} 'ün vücuttaki karbonhidrat, yağ ve proteinin metabolizması ve depolanması için kritik bir hormon olan insülinin etkisini arttırdığı bilinmektedir. Kromun kayalar ve toprak üzerinden suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denizlere gitmekte ve okyanus tabanında çökelmektedir. Günde ortalama krom alımı (tüm değerliklerinde) ortalama 30-200 µg olarak belirtilmiş olup bu oranda alınan krom(Cr)'un toksikolojik bir etkisi olmamak ile birlikte yetişkin bir insanın günlük krom ihtiyacını karşıladığı belirtilmektedir. Günde 250 µg' a kadar alınan kromun vücut sağlığına zararı yoktur. Yaklaşık olarak alınan Cr^{+3} 'ün %0.5 – 3'ü vücut tarafından adsorbe edilirken Cr^{+6} 'ın sindirim sistemindeki adsorpsiyonu bu orandan yaklaşık 3-5 kat (%3-6) daha fazladır Adsorbe olan krom genelde üre bileşiği olarak olarak atılır. Çözeltideki yani suda çözünen krom bileşikleri deri tarafından hemen adsorbe edilir ve kırmızı kan hücreleri vasıtasıyla böbreklere giderek buradan atılır. Doğada (hekzavalent) Cr^{+6} okside kromun hava ve saf suda nispeten kararlıyken ekosistemde bulunan organik yapılarda, toprak ile suda Cr^{+3} 'e geri redüklenmektedir. Cr^{+6} daha

toksik olup bilinen en genel allerjen bir maddelerden biridir. Ancak krom kaynaklı cilt kanserine rastlanmamıştır. Pek çok araştırma sonucunda, solunum ve deri teması sonucunda kroma maruz kalan kişilerin sağlık sorunu ile karşılaştıkları tespit edilmesine rağmen kesin sınır değerleri belirlenmemiştir. Cr^{+6} 'nın hava yoluyla vücuda alınması sonucu burun akmaları, burun kanamaları, kaşınma ve üst solunum yollarında delinmelerin yanı sıra kroma karşı alerji reaksiyon gösyeren insanlarda astım krizleri de görülebilmektedir. Cr^{+3} 'in hava ile alınması solunum yollarına Cr^{+6} kadar negatif etki yapmamaktadır (Mertz, 1987).

Balıklarda kromun toksik etkisi balığın türü, yaşı ve gelişme dönemi ile derişimi, formu, su sıcaklığı, pH, sertlik ve tuzluluktan etkilenmektedir. Cr^{+6} balıklarda endokrin sistemi bozmasına ek olarak genotoksik etkilere de sebep olmaktadır. Akut zehirlenmelerde vücut yüzeyi mukus ile kaplanır ve solunum epiteli hasara uğrarken ölümler boğulma sonucunda gerçekleşir. Kronik zehirlenmelerde farklı balık türlerinde yapılan çalışmalarda büyüme hızında yavaşlama ve hayatta kalma oranında azalma görülürken kral sombalığında bunlara ek olarak DNA hasarı tespit edilmiştir (Velma ve ark, 2009).

2.4.6. Nikel (Ni)

Nikel, doğada çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. Parlak, gümüşümsü, sert bir ferromanyetik bir metal olan nikel nitrik asitte çözünebilirken, seyreltik hidroklorik ve sülfürik asit içerisinde az oranda çözünür, sıcak-soğuk su veya amonyakta ise hiç çözünmemektedir (Özkan, 2009).

Nikelin ana kullanım alanı paslanmaz çelikler, bakır-nikel alaşımları ve korozyonlara karşı dayanıklı alaşım ürünleridir. Saf nikel kimyasal katalizör olarak elektrolitik kaplamalarda, alkali pillerde, pigmentler, madeni paralar, kaynak ürünleri, mıknatıslarda, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçalarında ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır. Doğal yayınının yanında nikel insan aktivitelerine bağlı olarak da doğada bulunmaktadır. Havada bulunan nikel uzun süreli maruz kalınması durumunda insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Nikel yakıtların yanması, madencilik uygulamaları ve kentsel kaynaklı atıkların yakılması sonucunda atmosfere yayılmaktadır (Özkan, 2009).

Fazla miktarda veya sürede nikel maruz kalmanın oluşturabileceği başlıca sağlık riski solunum sistemi kanserleridir. Nikel ile çalışan kişilerde astım gibi olumsuz sağlık etkilerine ek olarak burun ve gırtlak kanserleri de görülebilmektedir. Deri absorpsiyonu sonucunda kontakt dermatit gibi alerjik deri hastalıkları ortaya çıkar. Deri üzerindeki etkileşim nikel bileşenleri içeren takı kullanımında ortaya çıkabilmektedir (Özkan, 2009).

Balıklarda nikel(Ni) toksisitesini etkileyen çeşitli fizikokimyasal faktörler bulunmaktadır. Düşük su pH derecelerinde, yumuşak sularda, yüksek alkalinite ve yüksek askıda katı madde miktarlarında akut nikel toksisitesi artmaktadır (Pyle ve ark, 2002). Balıklarda düşük Ni seviyelerine uzun süreli maruz kalma sonucunda iskelet kireçlenmesine ve boğulmaya neden olabilmektedir (Bradl, 2005). Bazı balık türlerinde yapılan çalışmalarda nikelin toksisitesi sonucunda hücrel antioksidan savunma mekanizma inhibisyonu ile DNA ve DNA proteinlerinde oksidatif hasar tespit edilmiştir (Pane ve ark, 2003).

2.4.7. Mangan (Mn)

Mangan genellikle doğada demir ve daha birçok element ile bağlı biçimde bulunmaktadır. Mangan yaşam için gerekli olup tahıl ve çay gibi pek çok gıdalarda bulunan esansiyel bir iz elementtir. Genellikle metal endüstrisinde alaşımlarda kullanılır ve özellikle paslanmaz çelik yapımında alaşımda gerekli bir hammaddedir. Demir-çelik fabrikaları, güç santralleri, yakma fırınları ve maden yataklarının tozlarından havaya karışmaktadır. Suya ve toprağa karışımı doğal kaynaklardan, atıkların deşarjıyla ve atmosferik taşınım ile olur. Göl, nehir ve yeraltı sularında doğal olarak bulunan Mn ve suda bulunan bitkiler tarafından da bir miktar alınarak birikim göstermektedir (Topkaya, 2015).

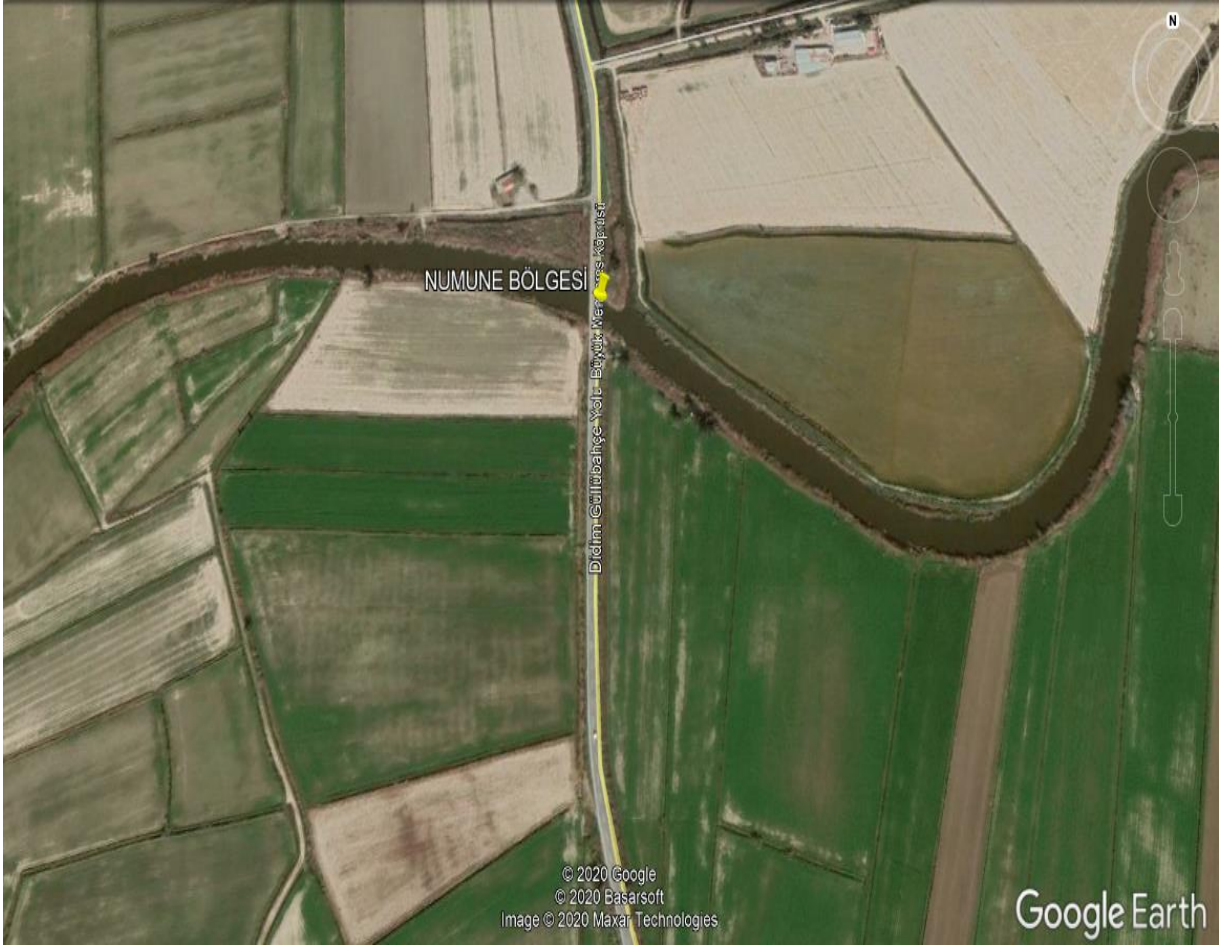
Yüksek seviyelerde mangan insanlarda zehirlenmeye sebep olur. Manganın toksik etkileri başlıca solunum sistemi ve beyinde gözlenir. Mangan zehirlenmesinin belirtileri halüsinasyonlar, unutkanlık ve sinir sisteminde yarattığı hasarlardır. Mangan ayrıca ek olarak parkinson, akciğer embolisi ve bronşite sebep olabilir. Manganın neden olduğu sendrom; şizofreni, matite, kas zayıflıkları, baş ağrısı ve uykusuzluk gibi belirtilere sebep olmaktadır (Topkaya, 2015).

Balıklarda yapılan çalışmalarda mangan toksisitesinin birçok balık türünde hematolojik parametreleri olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur (Sharma ve Langer, 2014).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesinin en büyük nehri ve Menderes havzasının ana sulama kaynağı olan yaklaşık 548 km uzunluğundaki Büyük Menderes nehrinin kolu üzerinde bulunan Aydın-Didim'e bağlı Batıköy mevkiinde belirlenen konumdan Eylül 2018 – Ağustos 2019 tarihleri arasında bölgedeki su hacmi de gözlenerek her ay 5 adet kefal balığı (*Mugilidae sp.*) (toplam 60 adet), 5 su ve 5 sediment (toplam 120 adet) örneği alındı.



Resim 2. Numune alım istasyon noktası, Koordinat: 37°54'79.15"K, 27°23'71.73"D (Google Earth, 2018).



Resim 3. Numunelerin alındığı Batıköy Mevkii.

Balık örnekleri belirlenen bölgede doğal koşullarda avlanan yerel balıkçılardan taze olarak temin edildi. Su ve sediment örnekleri temiz HDPE şişelerde, balıklar ise kas, karaciğer ve solungaçlarından doku örnekleri alımı için buz kalıplar içerisinde muhafazalı bir şekilde Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Laboratuvarına getirilerek derin dondurucuda muhafaza edildi. Balıklar derin dondurucuda muhafaza edilmeden önce her ay 10-1000 gramlık Chyo MK 2000B marka dijital terazide ağırlık ölçümleri yapıldı.

Su numuneleri derin dondurucuda muhafaza edilmeden önce her ay laboratuvarında ATAGO marka refraktometre cihazı ile tuzluluk ve HANNA cam elektrotlu pH metre cihazı ile pH değerleri ölçüldü.

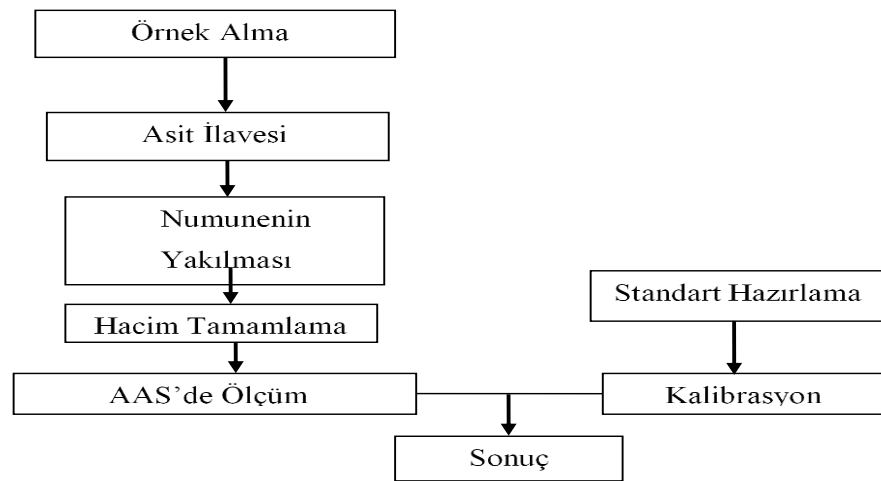
3.2. Yöntem

3.2.1. Su / Sediment / Balık Dokularının Analize Hazır Hale Getirilmesi

Alınan su, sediment ve balık örneklerinin tamamı analiz işlemi için hazırlanmadan önce derin dondurucudan çıkarılarak oda sıcaklığında çözündürüldü.

HDPE şişe içerisindeki çözündürülen su örneklerinden 1 ml alınarak 1 ml nitrik asit (HNO_3) çözeltisi (beher 4 ml deiyonize suya 1 ml %65 nitrik asit konularak hazırlanan çözelti) ile iyice homojenize edildi ve toplam metal içeriği (çözünmüş ve asılı halde) doğrudan herhangi bir işleme maruz bırakılmadan mavi bantlı filtre kağıdı ile filtre edilerek analize tabi tutuldu (Moore, 1984).

Sediment örnekleri ise öncelikle 105°C 'de etüvde kurutularak, homojen haline getirildi ve 2 mm'lik bir elekten geçirildi (Resim 4 ve 5). Sediment örneklerinin çözülmesinde farklı yöntemler ve çözücüler kullanılmaktadır. Bu çalışmada kurutulmuş örneklerden 4 g tartılarak, 250 ml'lik sokselet balonuna konuldu. Üzerine 10 ml kral suyu (Aqua regia: 1 hacim HNO_3 + 3 hacim HCl) ilave edilerek, çeker ocakta, kum banyosu üzerinde tutuldu (2 saat 25°C , 2 saat 60°C , 2 saat 105°C , 3 saat 125°C 'de). Sonra soğumaya bırakıldı. Kral suyu uçtuktan sonra kalan kısım mavi bant filtre kağıdıyla 100 ml'lik balon jöje içerisine süzüldü. Beher birkaç kez % 1'lik HNO_3 ile yıkandı. Beher gibi filtre kağıdı da aynen birkaç kez %1'lik HNO_3 ile yıkandı (Tokalıoğlu ve ark, 2000). Hacim iki defa saflaştırılmış su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra saklama kaplarına konulan çözeltiler Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (AAS) okuma işlemine kadar 4°C ' de buzdolabında bekletildi (Oros, 2007).



Şekil 1: Gereç ve yöntem iş akış şeması.



Resim 4. Alınan sediment örneğinin kaba filtre kağıdı ile süzme işlemi.



Resim 5. Alınan sediment örneklerinin kurutma işleminden sonra 2 mm'lik elekten geçirilme işlemi.

Analiz işlemlerine başlanmadan önce balıklar önce çeşme suyu daha sonra deiyonize su ile yıkanarak üzerlerindeki kalıntılardan arındırıldı (Resim 6). Her ay için 5 adet balığın nekropsileri gerçekleştirilerek tüketim için balığın en çok tercih edildiği bölgesi olan dorsal kas bölgesi ile metallerin vücuda giriş yeri olan solungaç ve metabolize edildiği karaciğer dokularından numuneler alındı. Numuneler 105 °C’de kurutuldu ve bunlardan 0.5 g alınarak (Denver Instrument APX-153 Markalı Hasas terazi ile) 6 ml %65’lik nitrik asit ve 3 ml hidrojen peroksit (%30’luk) ile homojenize edilerek kül fırınında kuru yakma (kül fırını 550°C’ye geldiğinde 5 saat bekletildi) işlemi gerçekleştirildi. Kül haline gelmiş, fırından çıkan deksikatörde soğutulan örnekler sıcak deiyonize su ile yıkandı ve mavi bantlı filtre kağıdı ile süzülerek 50 ml’ye tamamlandı (Abbruzzini ve ark, 2014).



Resim 6. Rutin olarak her ay alınan balık örnekleri.

Su, sediment ve balık dokularındaki ağır metal analizleri Grafit Fırınılı Atomik Absorbsiton Spektrofotometre (AAS)’de gerçekleştirildi. Su, sediment ve balık dokularındaki ağır metal analizleri Grafit Fırınılı Atomik Absorbsiton Spektrofotometre (AAS)’de gerçekleştirildi. Tespit edilen krom (Cr) değerleri toplam krom; demir (Fe) ise toplam demir olarak ölçüldü. Hesaplamalar $C \text{ (mg/l)} = A \times S.F$ formülüne göre yapıldı.

A :Cihazdan okunan element konsantrasyonu

S.F.:Seyreltme faktörü

3.2.2. Metod Validasyonu

Metod validasyonunun belirlenmesinde doğrusallık, ölçüm limiti ve kesinlik parametreleri kullanıldı. Valide edilen metod Standart Flame Atomic Absorption Spectrometry (WEB_5) metodudur.

3.2.2.1. Doğrusallık

Doğrusallık için çalışmada kullanılan standart stok solusyonları günlük olarak hazırlandı. Bütün konsantrasyonlara ait pik alanlar tayin edildi. Konsantrasyonlar ve bunlara karşılık gelen pik alan değerleri kullanılarak kalibrasyon eğrileri çizilip korelasyon katsayıları hesaplandı.

Tablo 2. Doğrusallık İçin Çalışmada Kullanılan Standart Stok Solüsyonlar.

STANDART ADI	MARKA	TEKNİK ÖZELLİK
Cd (Kadmiyum)	İNORGANİK VENTURES	1000±10µg/ml Cadmium 3% (v/v) HNO ₃
Cu (Bakır)	MERCK	1000mg/l Cu HNO ₃ 0,5mol/l içerisinde Cu(NO ₃) ₂
Cr (Krom)	İNORGANİK VENTURES	1000±10µg/ml Chromium 2% (v/v) HNO ₃
Fe (Demir)	İNORGANİK VENTURES	1000±10µg/ml Iron 2% (v/v) HNO ₃
Ni (Nikel)	İNORGANİK VENTURES	1000±10µg/ml Iron 2% (v/v) HNO ₃
Pb (Kurşun)	MERCK	1000mg/L Pb HNO ₃ 0,5mol/l içerisinde Pb(NO ₃) ₂
Mn (Mangan)	MERCK	1000mg/L Mn HNO ₃ 0,5mol/l içerisinde Mn(NO ₃) ₂

3.2.2.2. Ölçüm Limiti

Ölçüm limiti (LOQ) için; tüm analitik aşamaları içerecek şekilde hazırlanan kör örnek okutulmuş, köre karşılık gelen absorbans değeri hazırlanan örneklerin absorbans değerinden çıkarılarak okutma yapılmıştır. Cr: 0,1 mg/l, Cd: 0,05 mg/l, Ni: 0,05 mg/L, Mn:0,05 mg/l, Fe:0,1 mg/l, Cu:0,05 mg/l, Pb:0,05 mg/l, olacak şekilde görülebilen en düşük konsantrasyon 10 defa çalışılarak ortalama ve standart sapması hesaplandı.

3.2.2.3. Kesinlik

Tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik çalışması için düşük orta ve yüksek konsantrasyonlarda olmak üzere su ve atık su numunelerinde bağımsız çalışmalar yapılmıştır. Veriler arasındaki uygunluk bağıl standart sapma (%RSD) ile değerlendirilmiştir.

3.2.3. İstatistik

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi amacıyla SPSS 22.00 paket programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi kullanılarak yapıldı. Normal dağılım gösteren gruplar arası farklılık tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile, farkların önem kontrolü ise *post hoc* Duncan testi ile gerçekleştirildi. Normal dağılım göstermeyen gruplar arası farklılıklar Kruskal-Wallis varyans analizi ile değerlendirildi. Farkların hangi grup veya gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi uygulandı. Yapılan istatistiksel analizlerden elde edilen sonuçlardan $P < 0.05$ olan değerler önemli kabul edildi ve tüm veriler ortalama ve \pm standart hata olarak verildi (Conover, 1998).

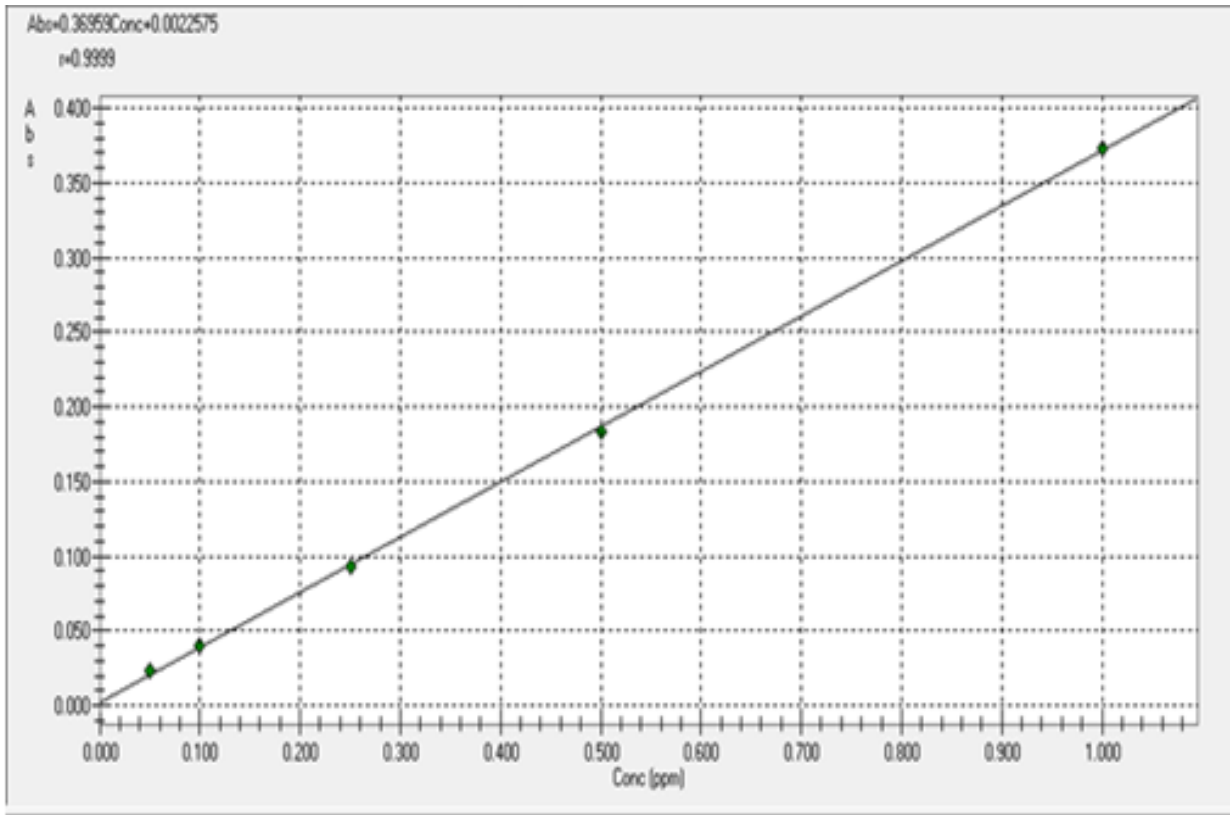
4. BULGULAR

Büyük Menderes nehri örnekleme noktasından alınan toprak, su ve balık (solungaç, kas, karaciğer) örneklerinin analiz sonuçları aylık ve yıllık ortalama olarak değerlendirildi.

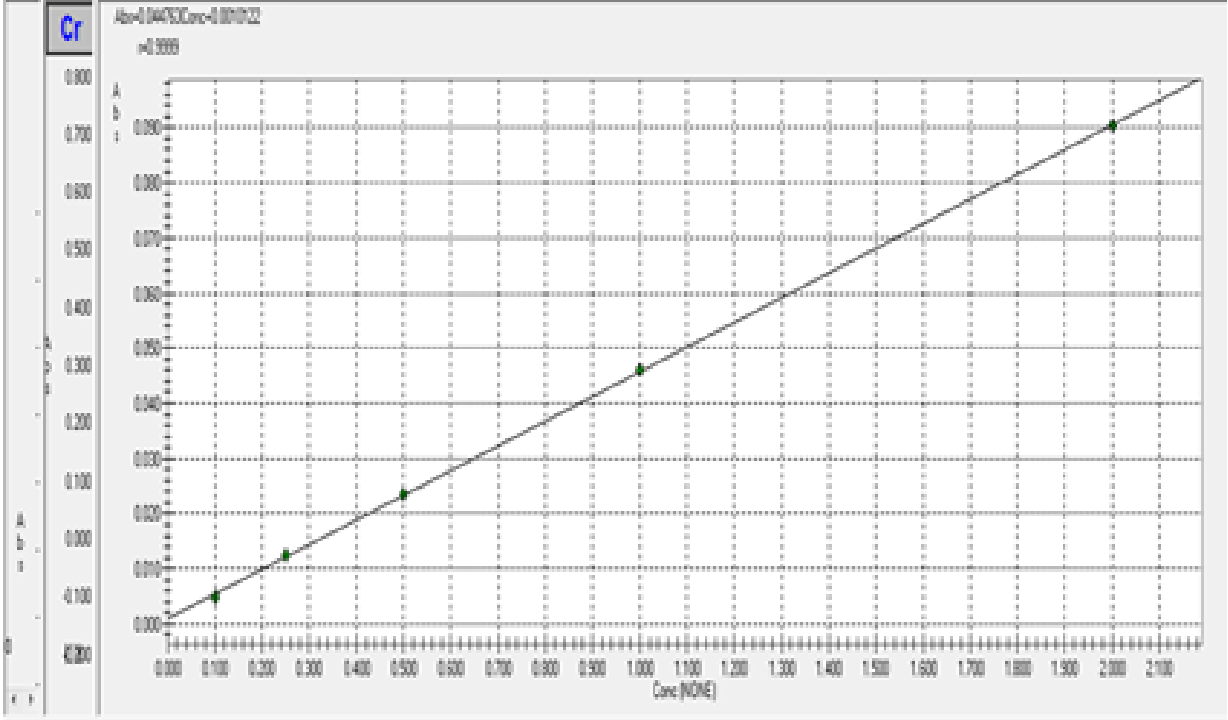
4.1. Metot Validasyonu

4.1.1 Doğrusallık

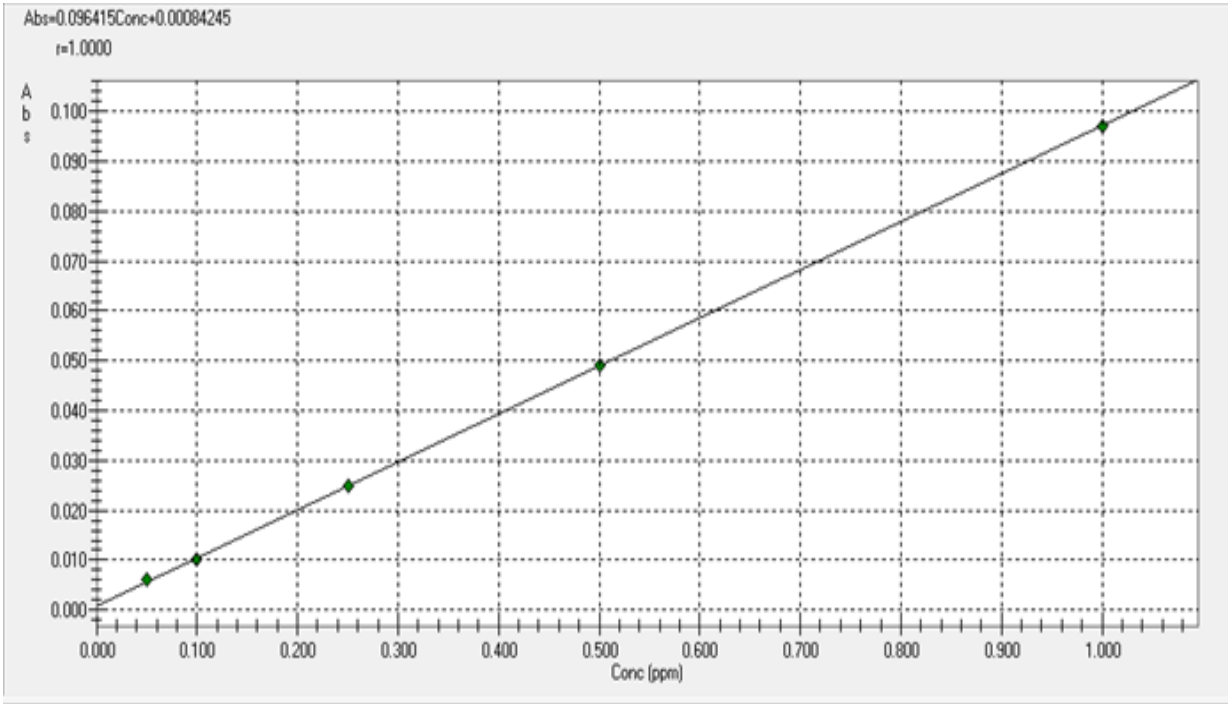
Kadmiyum için (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm), toplam krom için (0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm), bakır için (0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm), toplam demir için (0,1, 0,25, 0,5, 1, 3,5, 10 ppm), mangan için (0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm), nikel için (0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm), kurşun için (0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm) AAS sistemine enjekte edilmesi sonucunda stok konsantrasyonlara karşılık gelen pik alan değerleri ile kalibrasyon eğrileri çizildi ve korelasyon katsayıları (r) hesaplandı (Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8).



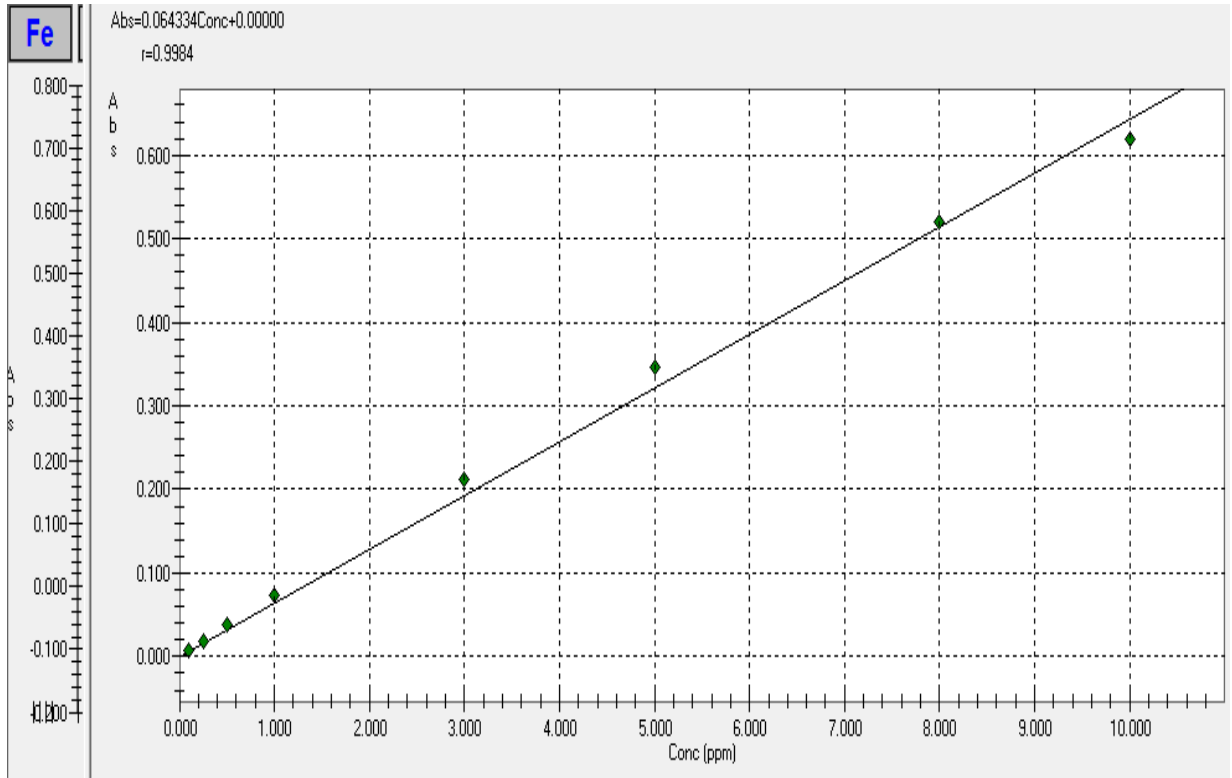
Şekil 2. AAS'de elde edilen Cd kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm). $r= 0,9999$



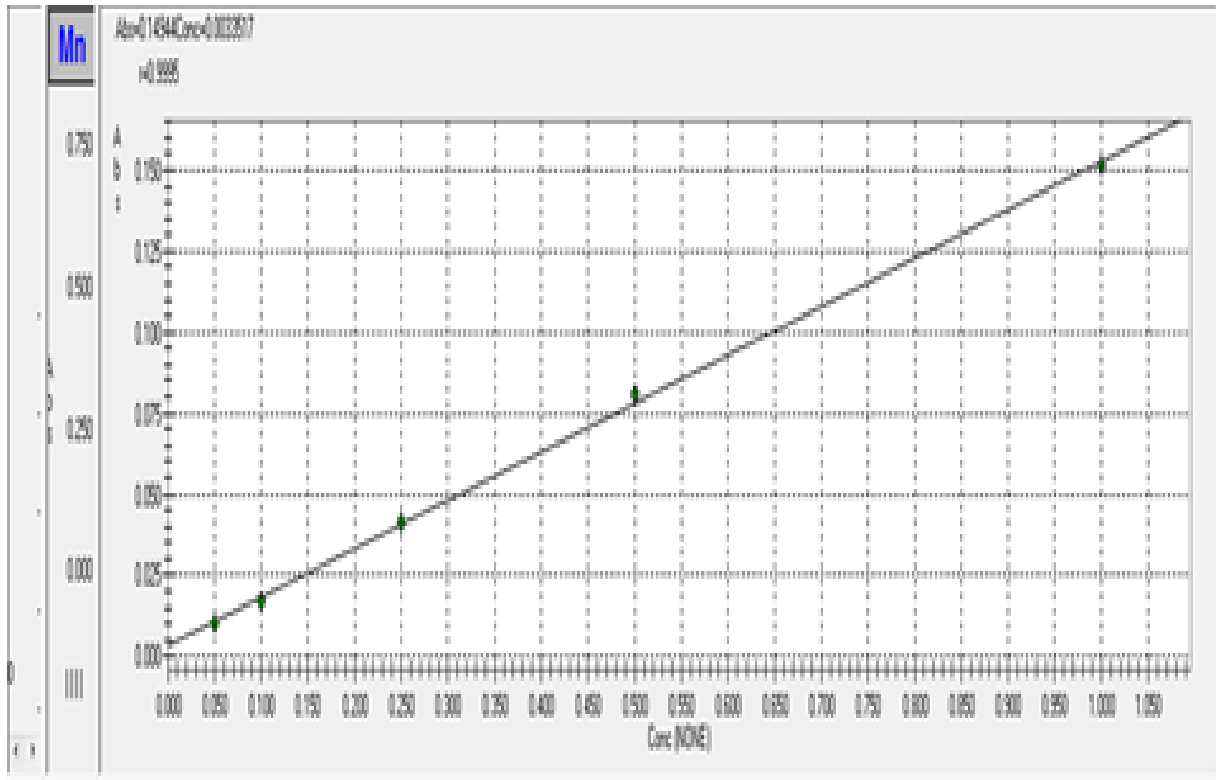
Şekil 3. AAS'de elde edilen Cr (toplam krom) kalibrasyon eğrisi (0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm). $r=0,9999$



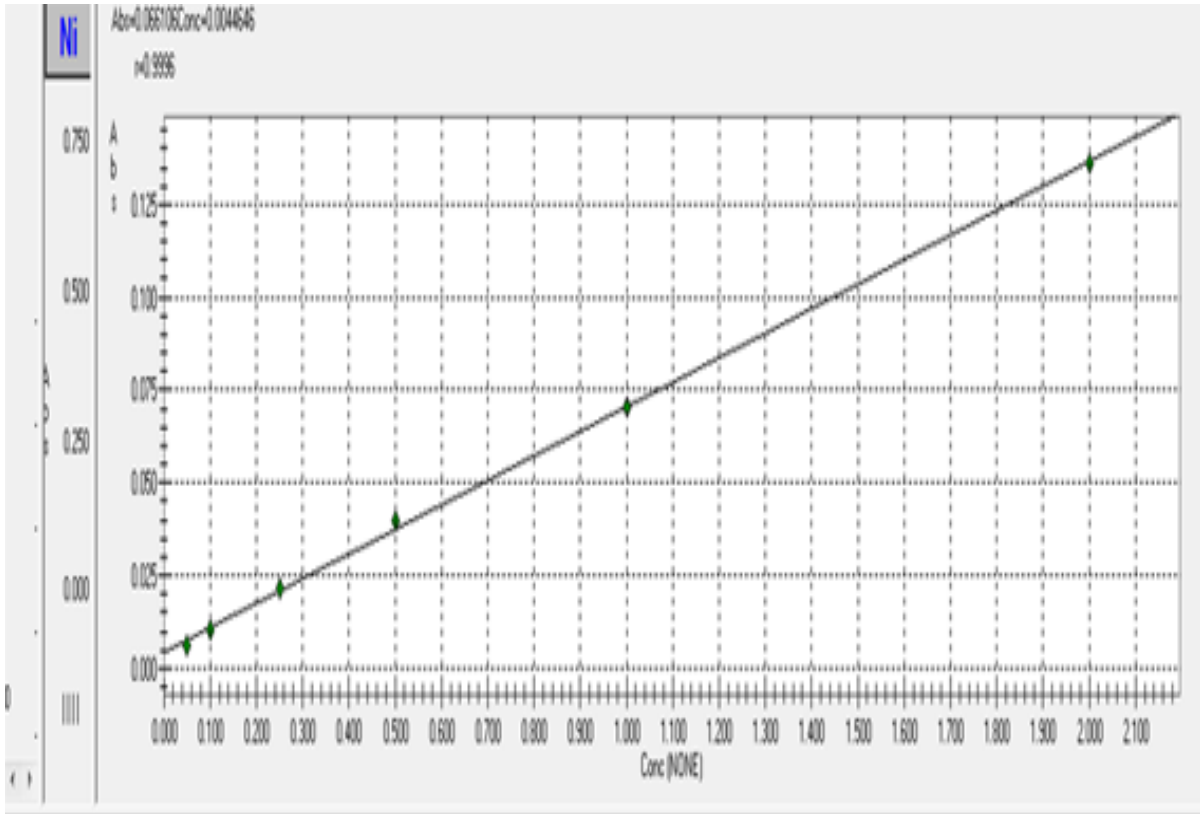
Şekil 4. AAS'de elde edilen Cu kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm). $r=1,000$



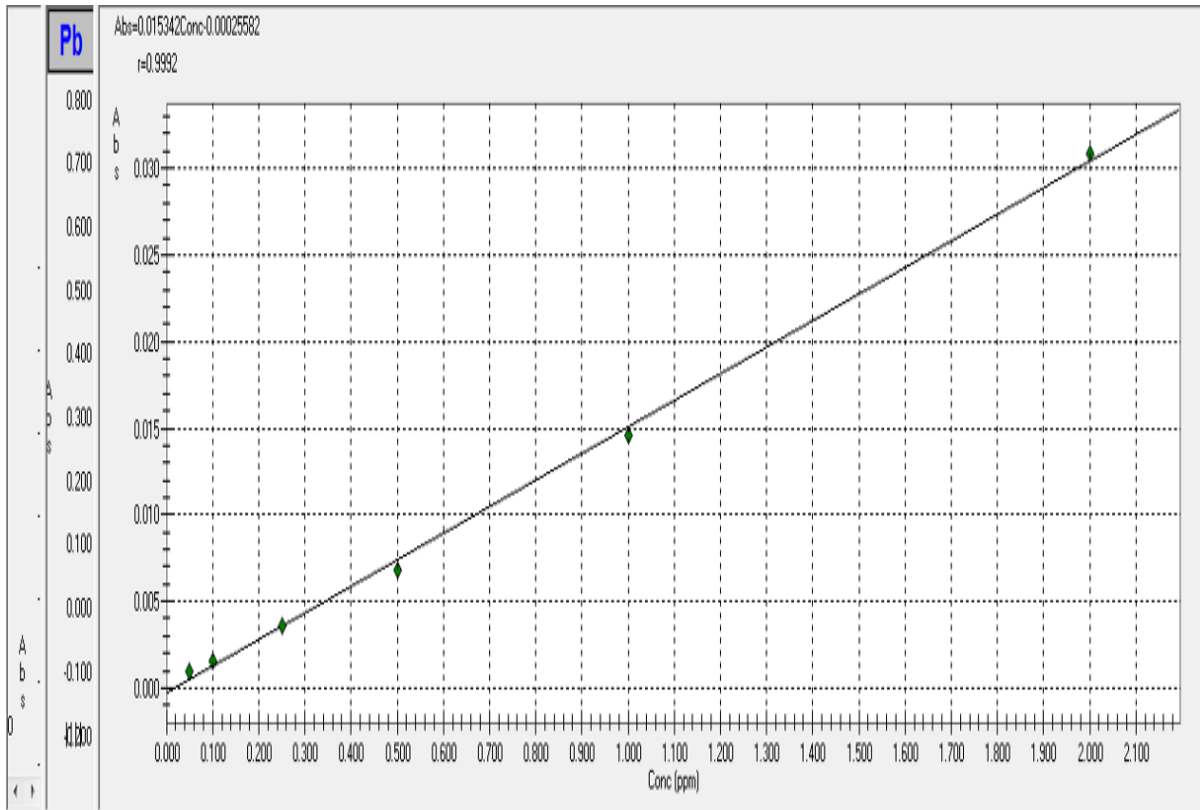
Şekil 5. AAS’de elde edilen Fe (toplam demir) kalibrasyon eğrisi (0,1, 0,25, 0,5, 1, 3, 5, 10 ppm). $r = 0,9984$



Şekil 6. AAS’de elde edilen Mn kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1 ppm). $r = 0,9995$



Şekil 7. AAS’de elde edilen Ni kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm). $r=0,9996$



Şekil 8. AAS’de elde edilen Pb kalibrasyon eğrisi (0,005, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 ppm). $r=0,9992$

4.1.2. Ölçüm Limiti

LOQ için en düşük konsantrasyonlar ve standart sapma değerleri hesaplandı (Tablo 3 ve Tablo 4). Çalışma sonuçlarının geri kazanımları Expected Recovery as a Function of Analyte Concentration (WEB_6)'e göre değerlendirilmiş ve sonuçlar uygun bulunmuştur.

Tablo 3. Cr, Cd, Ni, Mn ölçüm limiti (LOQ) değerleri.

Tekrar	Toplam krom		Kadmiyum		Nikel		Mangan	
	0,10 mg/l	%gk (80-110)	0,05 mg/l	%gk (80-110)	0,05 mg/l	%gk (80-110)	0,05 mg/l	%gk (80-110)
1	0,0935	94	0,044	88	0,0434	87	0,0404	81
2	0,0959	96	0,0437	87	0,0458	92	0,0435	87
3	0,0935	94	0,0434	87	0,0458	92	0,0492	98
4	0,1054	105	0,0418	84	0,0532	106	0,0486	97
5	0,1006	101	0,0423	85	0,0475	95	0,046	92
6	0,1054	105	0,0495	99	0,054	108	0,0498	100
7	0,1101	110	0,0451	90	0,0565	113	0,0523	105
8	0,1030	103	0,0504	101	0,0548	110	0,0498	100
9	0,1101	110	0,054	108	0,0565	113	0,0467	93
10	0,1101	110	0,0506	101	0,0548	110	0,0511	102
Ortalam								
a	0,1028	103	0,0465	93	0,0512	102	0,0477	95
Standart								
sapma	0,0067		0,044		0,0050		0,0036	

gk: Geri kazanım

Tablo 4. Fe, Cu, Pb ölçüm limiti (LOQ) değerleri.

Tekrar	Toplam demir		Bakır		Kurşun	
	0,10 mg/l	%gk (80-110)	0,05 mg/l	%gk (80-110)	0,05 mg/l	%gk (80-110)
1	0,0941	94	0,0500	100	0,0427	85
2	0,0986	99	0,0493	99	0,0502	100
3	0,1008	101	0,0493	99	0,0502	100
4	0,1009	101	0,0487	97	0,0427	85
5	0,1098	110	0,0525	105	0,0502	100
6	0,1097	110	0,0493	99	0,0502	100
7	0,1009	101	0,0481	96	0,0502	100
8	0,1053	105	0,0500	100	0,0502	100
9	0,1053	105	0,0506	101	0,0502	100
10	0,1098	110	0,0531	106	0,0502	100
Ortalama	0,1045	105	0,0501	100	0,0487	97
Standart sapma.	0,0057		0,0016		0,0032	

gk: Geri kazanım

Yapılan çalışmalar sonucunda analiz yapılacak parametreler için kullanılacak olan ölçüm limitleri (LOQ); Cr ve Fe için 0,10 mg/l, Mn, Ni, Cu, Pb, Cd için 0,05 mg/l olarak belirlenmiştir.

4.1.3. Kesinlik

Tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik çalışması için düşük orta ve yüksek konsantrasyonlar Expected Precision (repeatability) as a Function of Analyte Concentration (WEB_6)'e göre çalışılan konsantrasyonlar tablodaki %RSD limitinden küçük olup uygun olduğu belirlendi.

4.2. Sediment örnekleri

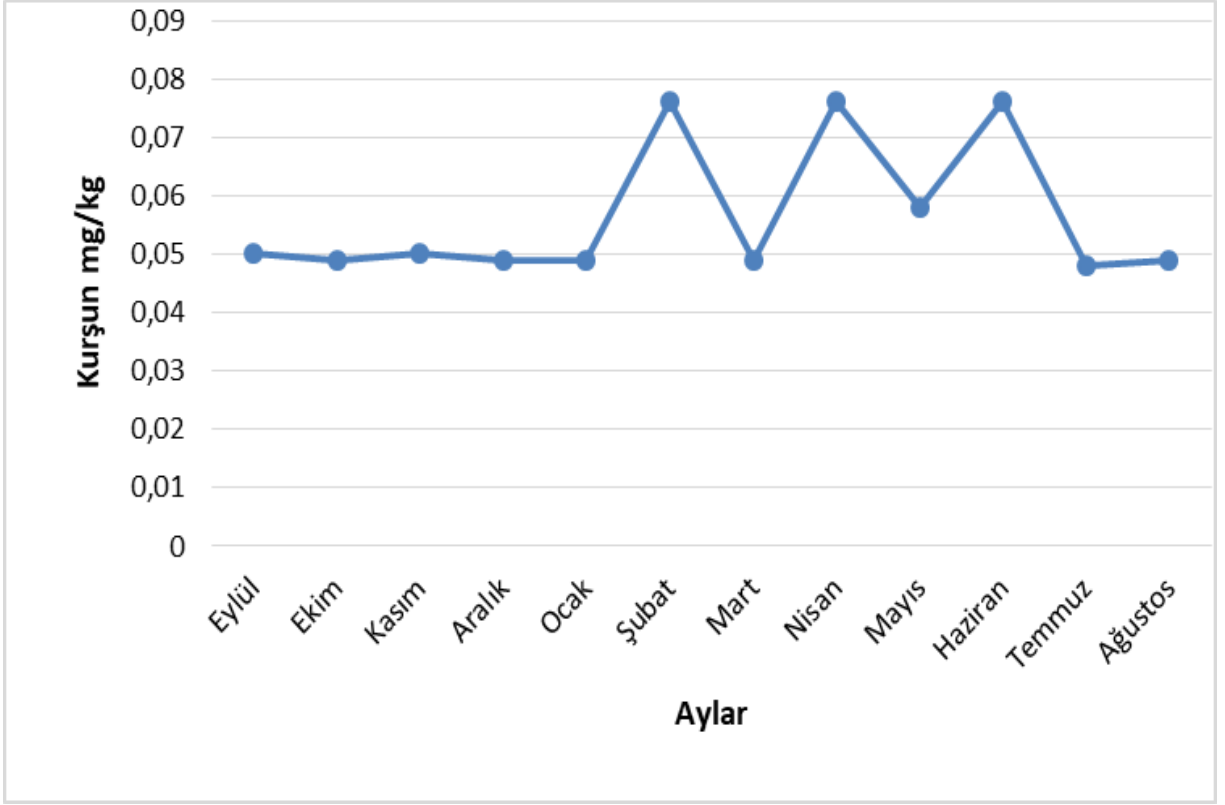
Çalışmada her ay belirlenen bölgeden alınan 5 adet sediment numunesinden yapılan analiz sonuçlarında ağır metal düzeylerinin ortalama değerleri her ağır metal grubu için ayrı şekiller içerisinde olacak şekilde ay bazında değerlendirilmiştir.

Sedimentte tespit edilen ağır metal seviyeleri Kanada Sediment Kalite Yönergesi'ne göre değerlendirilmiştir.

Tablo 5. Kanada Sediment Kalite Yönergesi (WEB_2) (Ek-2).

Metaller	En Düşük Etki Seviyesi (mg/kg KM)	Kuvvetli Etki Seviyesi (mg/kg KM)
Kurşun	30,2	112
Krom	52,3	160
Kadmiyum	0,7	4,2
Bakır	18,7	108

Tablo 5.'de Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi tarafından geliştirilen yönergede sediment içerisindeki ağır metallerin olumsuz etkilerin nadiren meydana geldiği sınır değerler en düşük etki seviyesi kategorisinde; olumsuz etkilerin sıklıkla meydana geldiği sınır değerler kuvvetli etki seviyesi kategorisinde belirtilmiştir. Etki seviyelerinin değerleri mg/kg kuru madde (KM) biriminde verilmiştir.

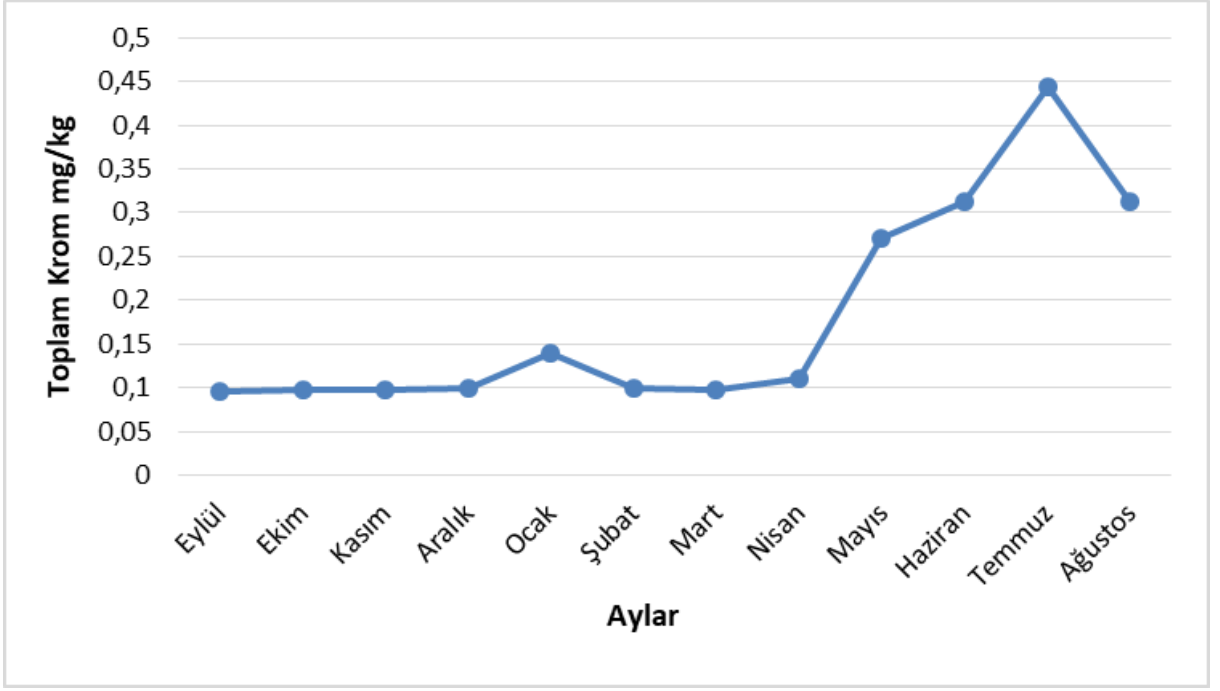


Şekil 9. Sediment numunelerinin ay bazında kurşun (Pb) değerleri (mg/kg).

Sediment örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Pb değerleri şubat, nisan ve haziran aylarında 0,076 mg/kg olarak; en düşük Pb değeri ekim ayında 0,049 mg/kg olarak tespit edildi.

Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Ek-2)'ne göre Pb mg/kg olarak belirtilen en düşük etki seviyesi değerinin çok altında olarak tespit edildi.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış noktası sedimentinde Pb mevsimsel ortalaması 7,6 mg/kg, Bafa Gölü giriş noktası sedimentinde mevsimsel ortalaması 16,2 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

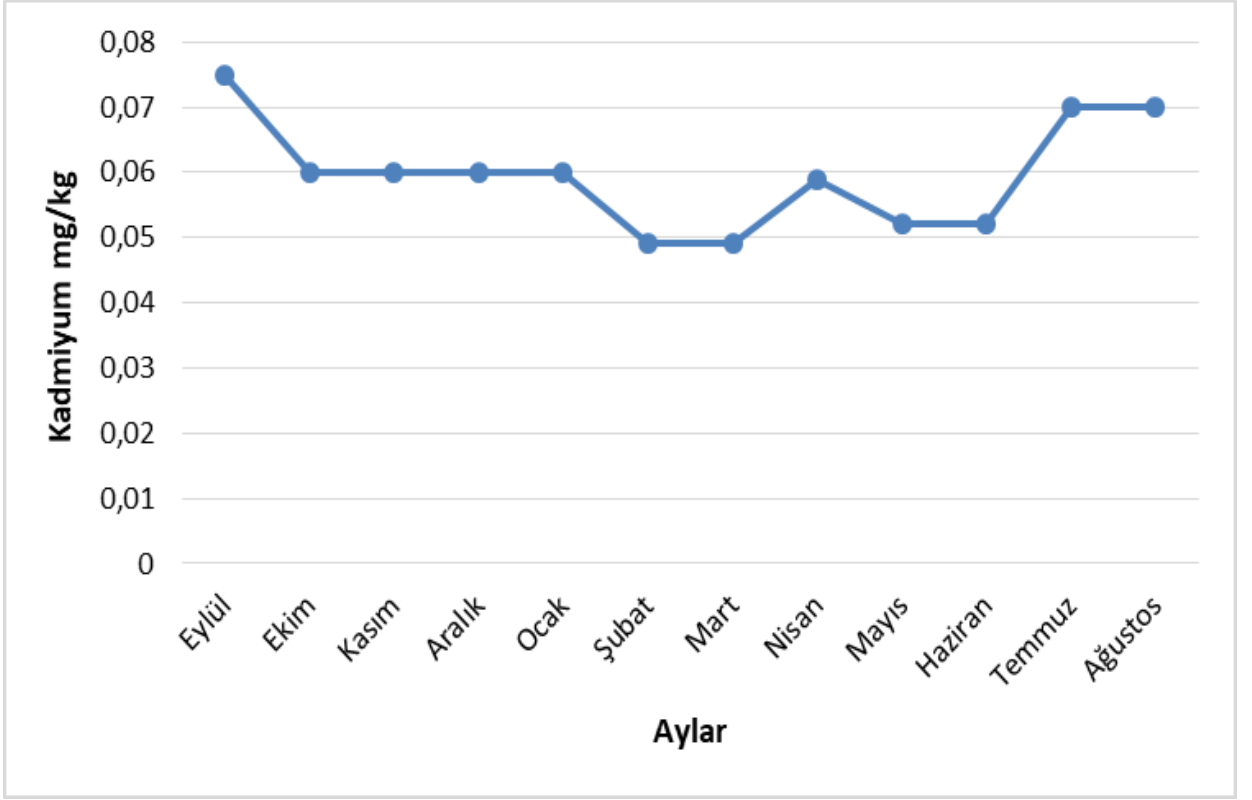


Şekil 10. Sediment numunelerinin ay bazında toplam krom (Cr) değerleri (mg/kg).

Sediment örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Cr değeri temmuz ayında 0,44 mg/kg olarak; en düşük Cr değeri ise eylül ayında 0,096 mg/kg olarak tespit edilmiş olup ekim, kasım, aralık ve şubat aylarındaki Cr değerleri de <0,01 mg/kg olarak tespit edildi.

Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Ek-2)'ne göre Cr mg/kg olarak belirtilen en düşük etki seviyesi değerinin çok altında olarak tespit edildi.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış noktası sedimentinde Cr mevsimsel ortalaması 41,2 mg/kg, Bafa Gölü giriş noktası sedimentinde mevsimsel ortalaması 60,7 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

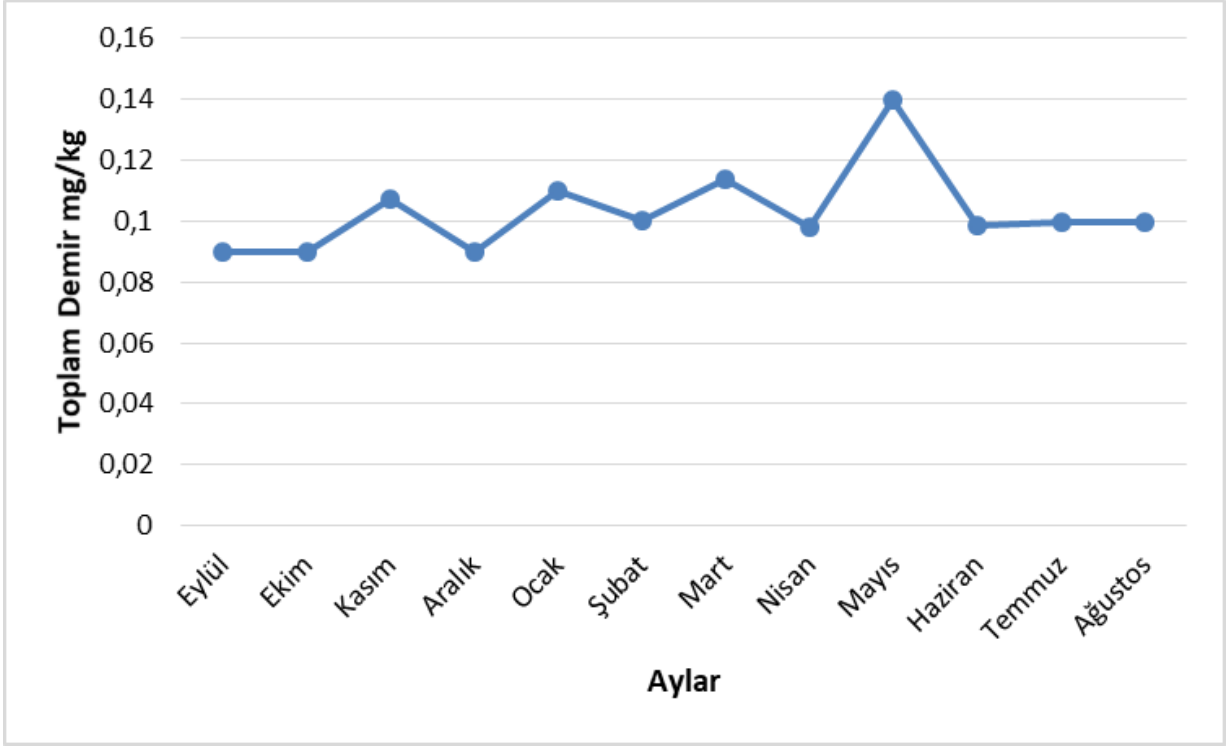


Şekil 11. Sediment numunelerinin ay bazında kadmiyum (Cd) değerleri (mg/kg).

Sediment örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Cd değeri eylül ayında 0,075 mg/kg olarak; en düşük Cd değerleri şubat ve mart aylarında 0,049 mg/kg olarak tespit edildi.

Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Ek-2)'ne göre Cd mg/kg olarak belirtilen en düşük etki seviyesi değerinin çok altında olarak tespit edildi.

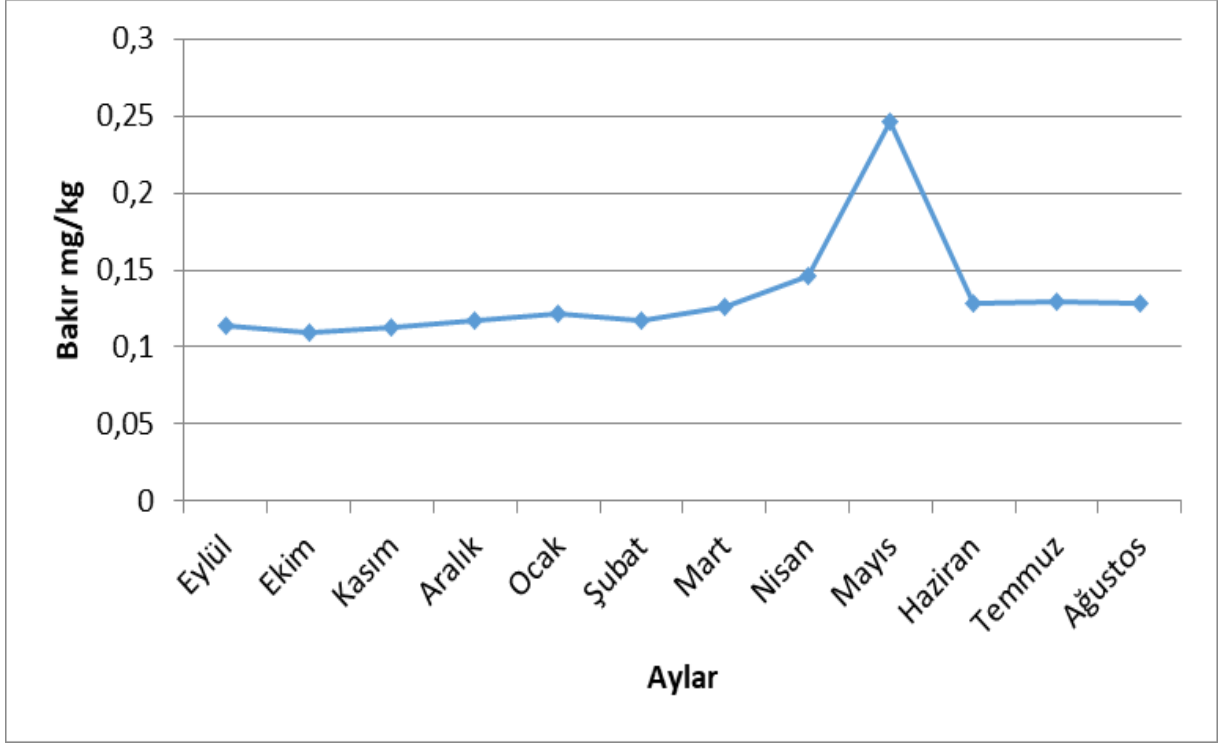
Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış noktası sedimentinde Cd tespit edilmezken, Bafa Gölü giriş noktası sedimentinde mevsimsel ortalaması 2,63 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 12. Sediment numunelerinin ay bazında toplam demir (Fe) değerleri (mg/kg).

Sediment örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek toplam Fe değeri Mayıs ayında 0,14 mg/kg olarak, en düşük toplam Fe değerleri eylül, ekim ve aralık aylarında 0,09 mg/kg olarak tespit edildi.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış noktası sedimentinde Fe değeri mevsimsel ortalaması 15.000 – 25.000 mg/kg arasında, Bafa Gölü giriş noktası sedimentinde mevsimsel ortalaması 20.000 – 25.000 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

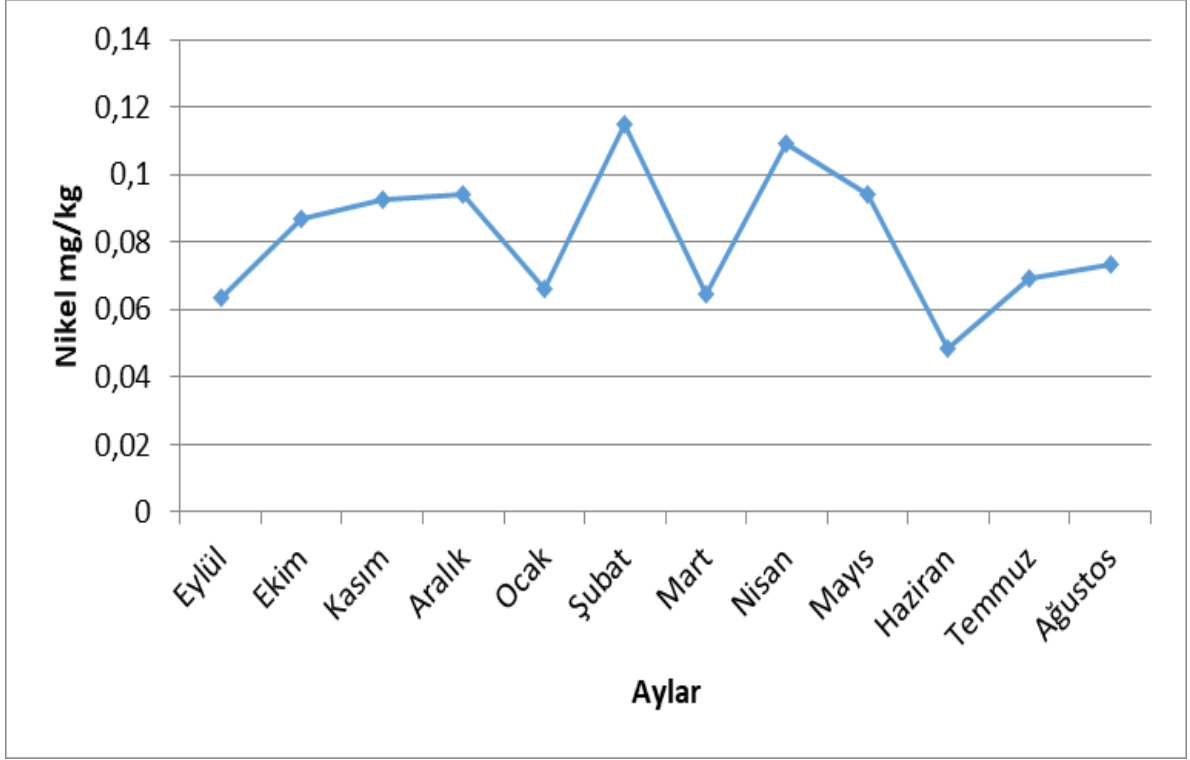


Şekil 13. Sediment numunelerinin ay bazında bakır (Cu) değerleri (mg/kg).

Sediment örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Cu değeri mayıs ayında 0,246 mg/kg olarak, en düşük Cu değeri ekim ayında 0,109 mg/kg olarak tespit edildi.

Kanada Sediment Kalite Yönergesi (Ek-2)'ne göre bakır (Cu) mg/kg olarak belirtilen en düşük etki seviyesi değerinin çok altında olarak tespit edildi.

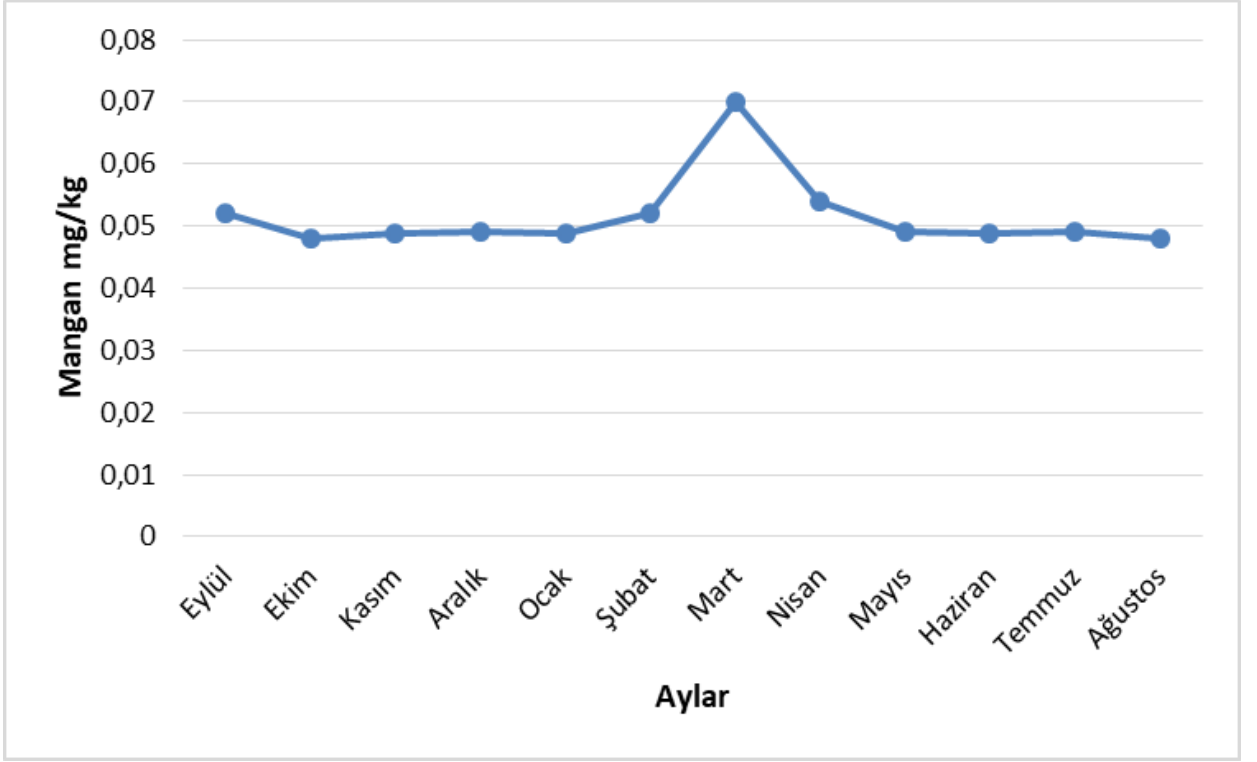
Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış noktası sedimentinde Cu mevsimsel ortalaması 12,9 mg/kg, Bafa Gölü giriş noktası sedimentinde mevsimsel ortalaması 15,8 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 14. Sediment numunelerinin ay bazında nikel (Ni) değerleri (mg/kg).

Sediment örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Ni değeri şubat ayında 0,114 mg/kg olarak, en düşük Ni değeri haziran ayında 0,048 mg/kg olarak tespit edildi.

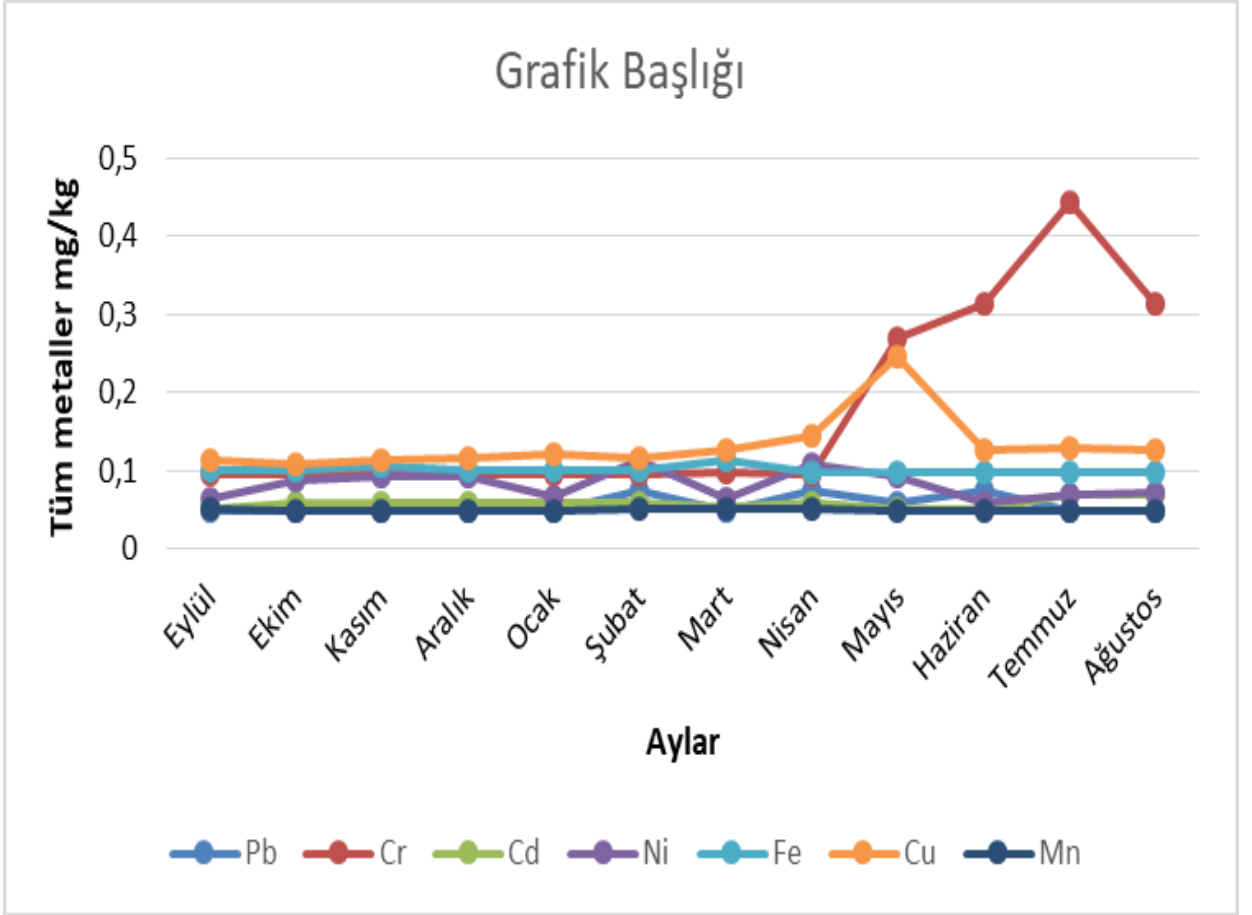
Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış noktası sedimentinde Ni mevsimsel ortalaması 87 mg/kg, Bafa Gölü giriş noktası sedimentinde mevsimsel ortalaması 151 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 15. Sediment numunelerinin ay bazında mangan (Mn) değerleri (mg/kg).

Sediment örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Mn değeri mart ayında 0,07 mg/kg olarak, en düşük Mn değerleri ağustos ve ekim aylarında 0,048 mg/kg olarak tespit edildi.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış noktası sedimentinde Mn mevsimsel ortalaması 357 mg/kg, Bafa Gölü giriş noktası sedimentinde mevsimsel ortalaması 457 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 16. Sediment numunelerinin ay bazında tüm metal gruplarının değerleri (mg/kg)

Krom ve demir değerleri şekilde toplam krom ve toplam demir olarak verilmiştir.

Sediment örneklerinden analiz yapılan tüm metal gruplarının ay bazında değerleri toplu olarak değerlendirildiğinde Cr, Cu ağır metalleri ile Ni, Mn metal değerlerinin aynı aylarda benzer bir şekilde artışa ve düşüşe geçtiği tespit edildi.

Analizi gerçekleştirilen tüm metaller arasında kurşun Pb'un sadece şubat, nisan, haziran aylarında belirgin artışa geçtiği belirlendi. Kalan aylarda diğer metal grupları tamamen bağımsız olarak yine belirgin bir artış veya düşüş olmadan seyrettiği tespit edildi.

4.3. Su örnekleri

Su numuneleri derin dondurucuda saklama işlemi gerçekleştirilmeden önce her ay düzenli olarak pH ve tuzluluk değerleri ölçülmüştür.

Tablo 6. Su örneklerinde aylık ölçülen pH değerleri.

Ay	pH değeri
Eylül	8,33
Ekim	9,50
Kasım	8,47
Aralık	7,60
Ocak	7,51
Şubat	8,77
Mart	8,16
Nisan	8,39
Mayıs	8,02
Haziran	8,62
Temmuz	9,01
Ağustos	7,89
Yıllık Ortalama	8,35

pH değerini düşüren etkenler incelendiğinde, asit yağmurları, tarımsal ilaçlar, yoğun gübre kullanımı, kimyasal atıklar, çöpler ve kanalizasyon atıkları örnek olarak gösterilebilir. Sucul ortamdaki ani ve yüksek pH değişimi bu ekosistemde yaşayan planktonlar, algler, balıklar ve diğer canlıları olumsuz etkiler. Asidik oranı artan sularda yaşayan balıkların oksijen tüketimi, enzim faaliyetleri, yemi değerlendirmesi ve su içi vertikal dağılımları olumsuz yönde etkilendiği gibi pH değerinin azalması hastalık riski üzerinde de önemli rol oynar (Özden ve ark, 2014).

Çalışmada alınan su örneklerinde en yüksek pH değeri ekim ayında, en düşük pH değeri ise ocak ayında ölçüldü.

Tablo 7. Su örneklerinde aylık ölçülen binde (‰) tuzluluk değerleri.

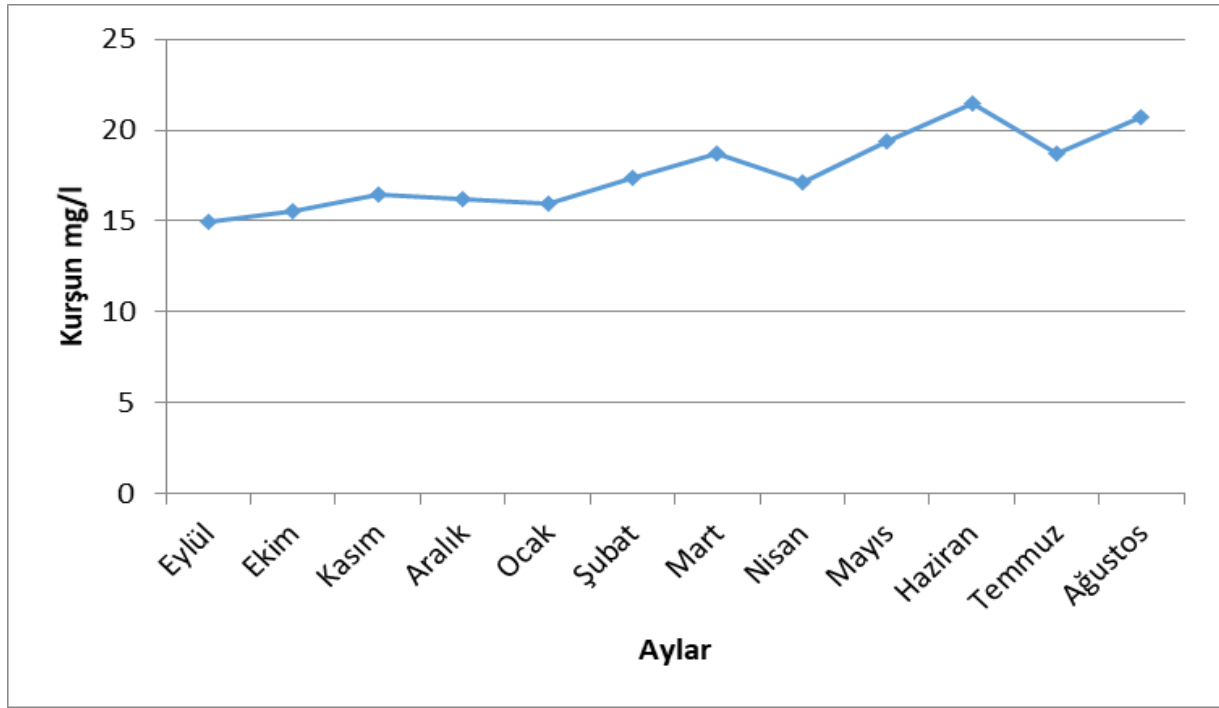
Ay	Tuzluluk değeri (‰)
Eylül	2,5
Ekim	3,5
Kasım	3
Aralık	2
Ocak	0,5
Şubat	2
Mart	2
Nisan	1
Mayıs	2
Haziran	1,5
Temmuz	2
Ağustos	2,5
Yıllık Ortalama	2,04

Tuzluluk, deniz sularının büyük kısmında %22 ile %40 arasında değişiklik göstermekte olup, tuzluluk değerine düşük yağış, aşırı buharlaşma, vertikal karışımlar etki etmektedir. Sucul canlıların iç ortamlarının hipotonik ya da hipertonic olması yaşadıkları çevresel koşullarla yakından ilgilidir. Tüm canlıların tuzluluğa uyum yeteneği osmoregülasyon kapasiteleri ile açıklanabilir. Aşırı yüksek tuzluluk değerlerinde bu mekanizma çalışmaz hale gelerek canlı yaşamını sınırlamaktadır. Sığ olan dalyan alanlarında sıcaklığın artmasına bağlı buharlaşma sonucu oluşan tuzluluk miktarındaki artış canlılar için risk oluşturur (Yılmaz ve Çoban, 2019).

Yapılan ölçümlerde tuzluluk değeri en düşük %0,5 değeri ile ocak ayında en yüksek tuzluluk ise %3,5 ile ekim ayında ölçülmüştür. Su örneklerinde tuz değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği ve bu farklılığın buharlaşmanın yüksek olduğu zamanlarda ve Mendere Nehri'ne sulama amacı ile barajdan su salındığı dönemlerde olduğu görülmektedir. En düşük değer elde edildiği ocak ayında yağışın en fazla olduğu su potansiyelin yüksek olmasından dolayı nehre karışan atıkların seyrelmektedir. En yüksek olduğu ekim ayında ise yağışın olmaması ve barajdan suyun salınmadığı dönem olmasından dolayı su potansiyelinin azaldığı ve bu nedenle atıkların etkisinin yüksek olması olarak açıklanabilir.

Çalışmada her ay belirlenen bölgeden alınan 5 adet su numunesinden yapılan analiz sonuçlarında metal düzeylerinin ortalama değerleri her ağır metal grubu için ayrı şekiller içerisinde olacak şekilde ay bazında değerlendirilmiştir.

Suda tespit edilen metal seviyeleri Su Ürünleri Kalite Kontrol Yönetmeliği Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri açısından kalite sınıfı belirtilmiştir.

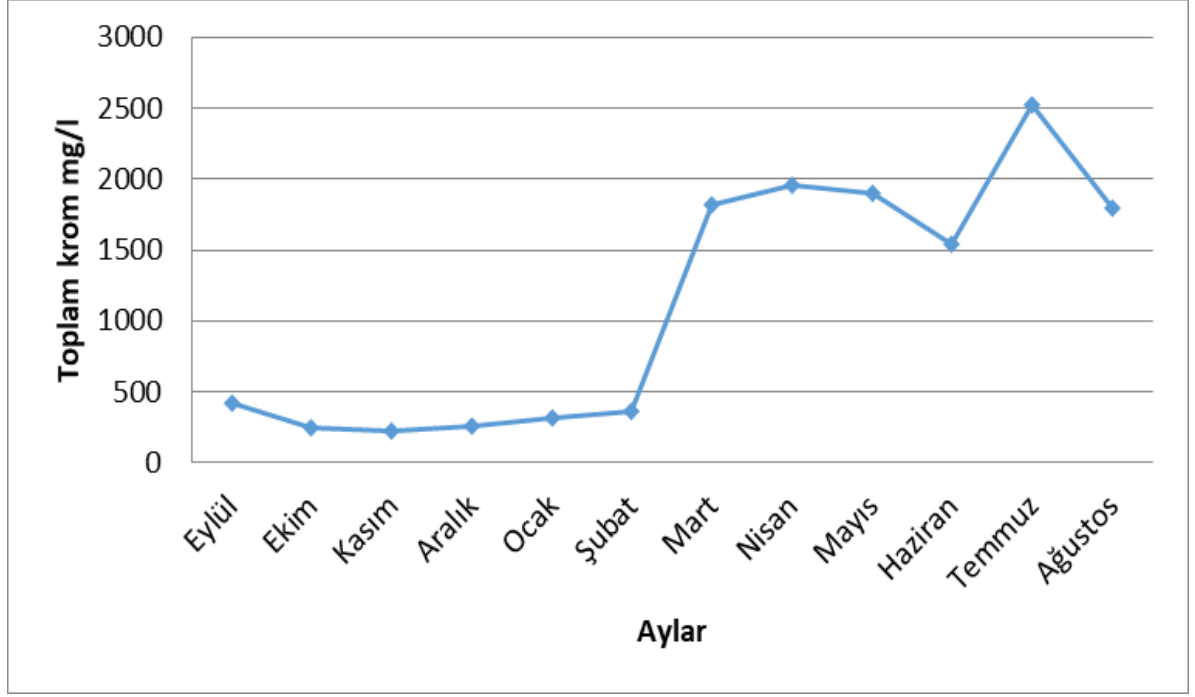


Şekil 17. Su numunelerinin ay bazında kurşun (Pb) değerleri (mg/l).

Su örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Pb değerleri haziran ayında 21,4 mg/l olarak; en düşük Pb değeri Eylül ayında 15 mg/l olarak tespit edildi.

Numune alınan bölgedeki su numuneleri ortalama Pb değerleri SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Ek-1) bakımından IV. sınıf su kalite özelliğindedir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü giriş suyununun mevsimsel ortalamasında Pb açısından IV.sınıf su kalite özelliğinde olarak bildirmişlerdir.

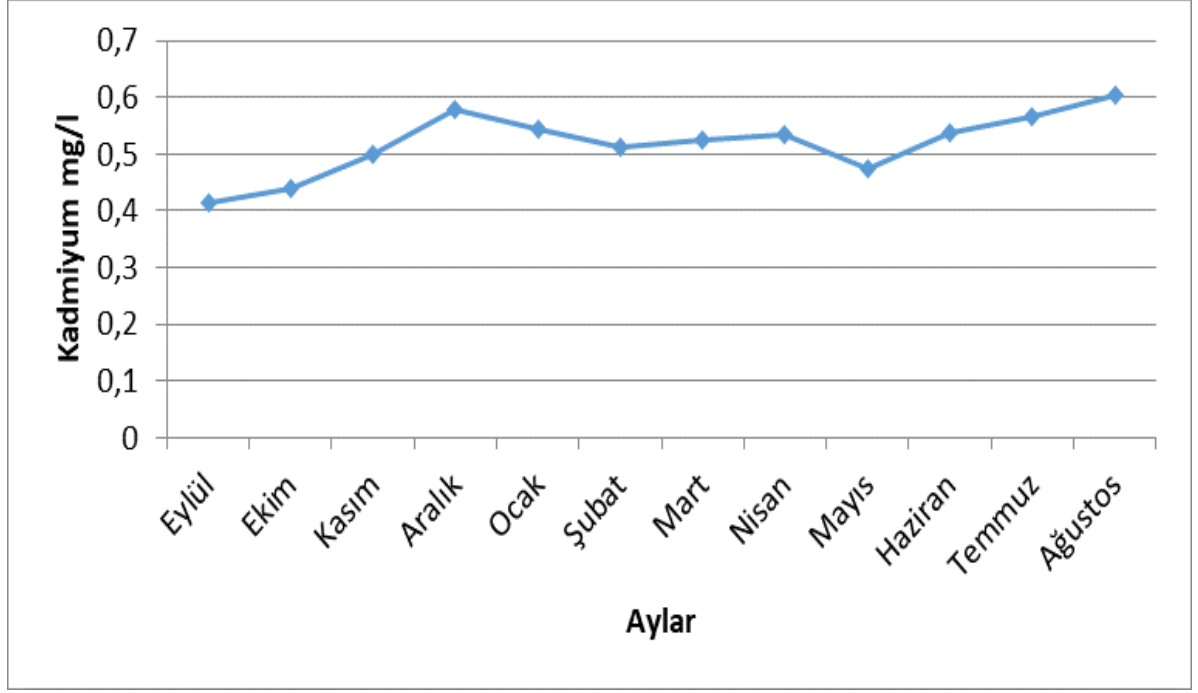


Şekil 18. Su numunelerinin ay bazında toplam krom (Cr) değerleri (mg/l).

Su örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek toplam krom değeri temmuz ayında 2500 mg/l olarak; en düşük krom değeri kasım ayında 223 mg/l olarak tespit edildi.

Numune alınan bölgedeki su numuneleri ortalama Cr değerleri SKKY Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Ek-1) bakımından IV. sınıf su kalite özelliğindedir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü giriş suyununun mevsimsel ortalamasında Cr açısından I.sınıf su kalite özelliğinde olarak bildirmişlerdir.



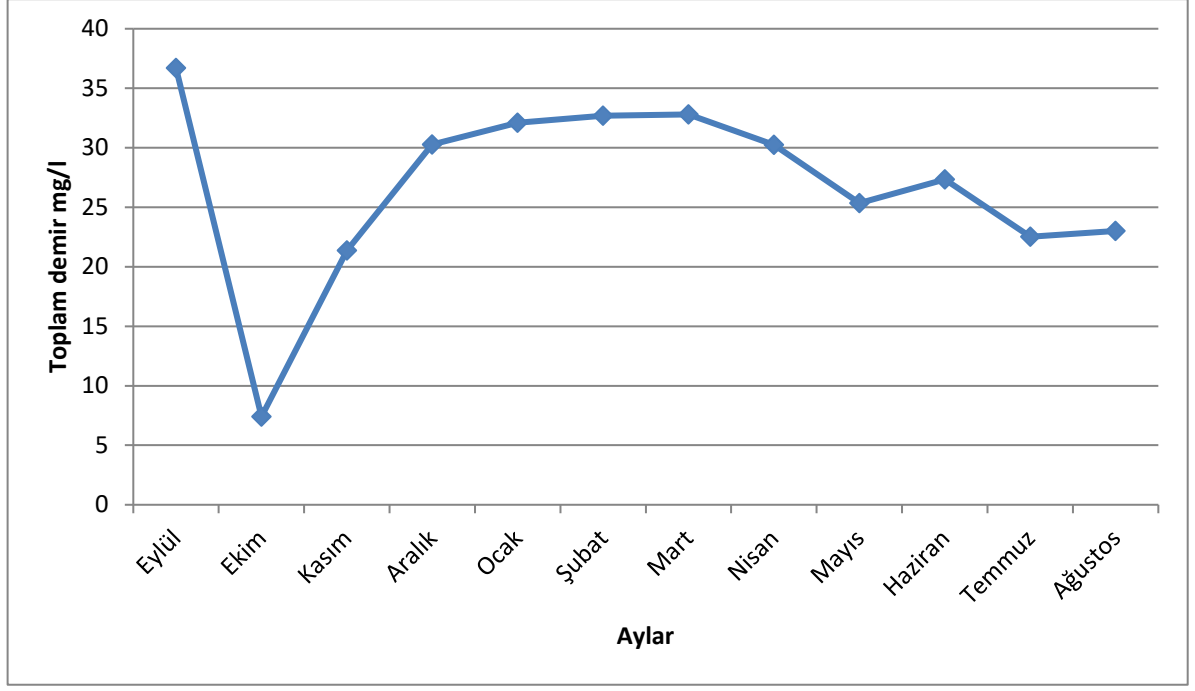
Şekil 19. Su numunelerinin ay bazında kadmiyum (Cd) değerleri (mg/l).

Su örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Cd değeri ağustos ayında 0,6 mg/l olarak; en düşük Cd değeri eylül ayında 0,41 mg/l olarak tespit edildi.

Numune alınan bölgedeki su numuneleri ortalama Cd değerleri SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Ek-1) bakımından IV. sınıf su kalite özelliğindedir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü giriş suyunu mevsimsel olarak yaptığı çalışmada yaz mevsiminde Cd açısından IV. sınıf su kalite özelliğinde tespit ederlerken, diğer mevsimlerde I. Sınıf su kalite özelliğinde olarak bildirmişlerdir.

Kadmiyum birikimini etkileyen en önemli faktörlerden birisi tuzluluktur. Tatlısu canlılarının kadmiyuma daha duyarlı olduğu tespit edilmiş ve böylelikle tuzlulukla Cd toksisitesi arasında ters ilişki olduğu belirtilmiştir (Yılmaz ve Çoban, 2019).

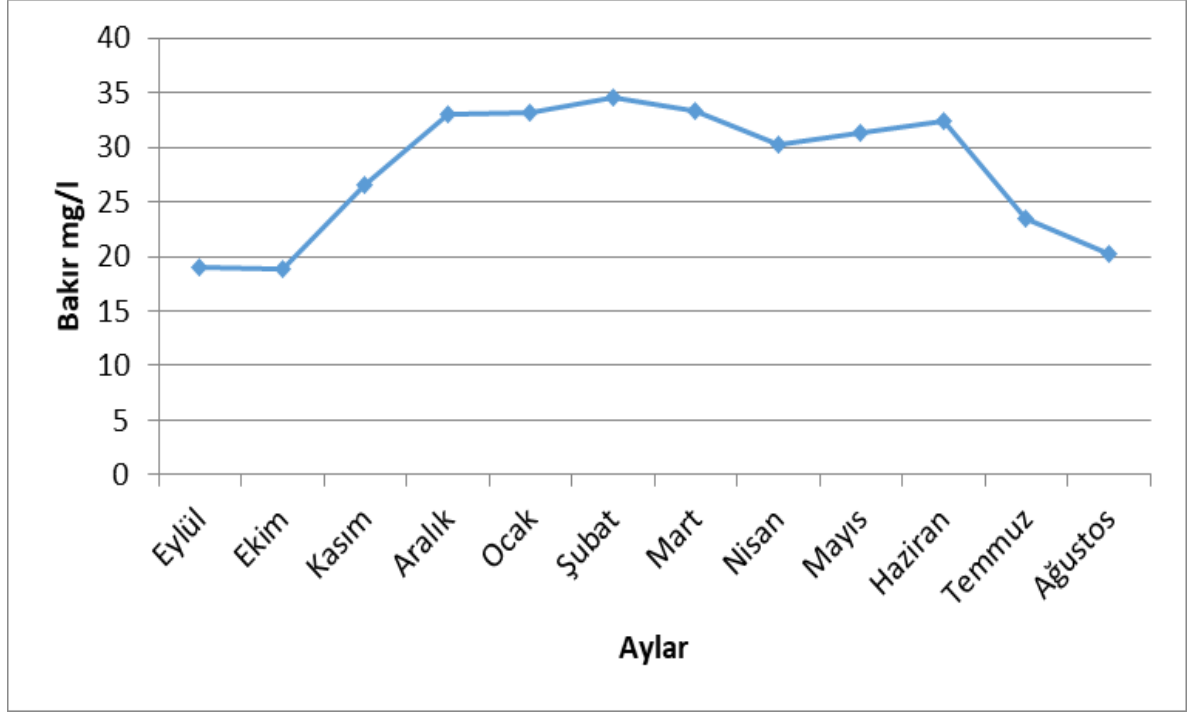


Şekil 20. Su numunelerinin ay bazında toplam demir (Fe) değerleri (mg/l).

Su örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek toplam demir değeri eylül ayında 36,6 mg/l olarak; en düşük toplam demir değeri ekim ayında 7,4 mg/l olarak tespit edildi.

Numune alınan bölgedeki su numuneleri ortalama Fe değerleri SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Ek-1) bakımından IV. sınıf su kalite özelliğindedir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes nehrinin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü giriş suyununun mevsimsel ortalamasında Fe açısından I.sınıf su kalite özelliğinde olarak bildirmişlerdir.

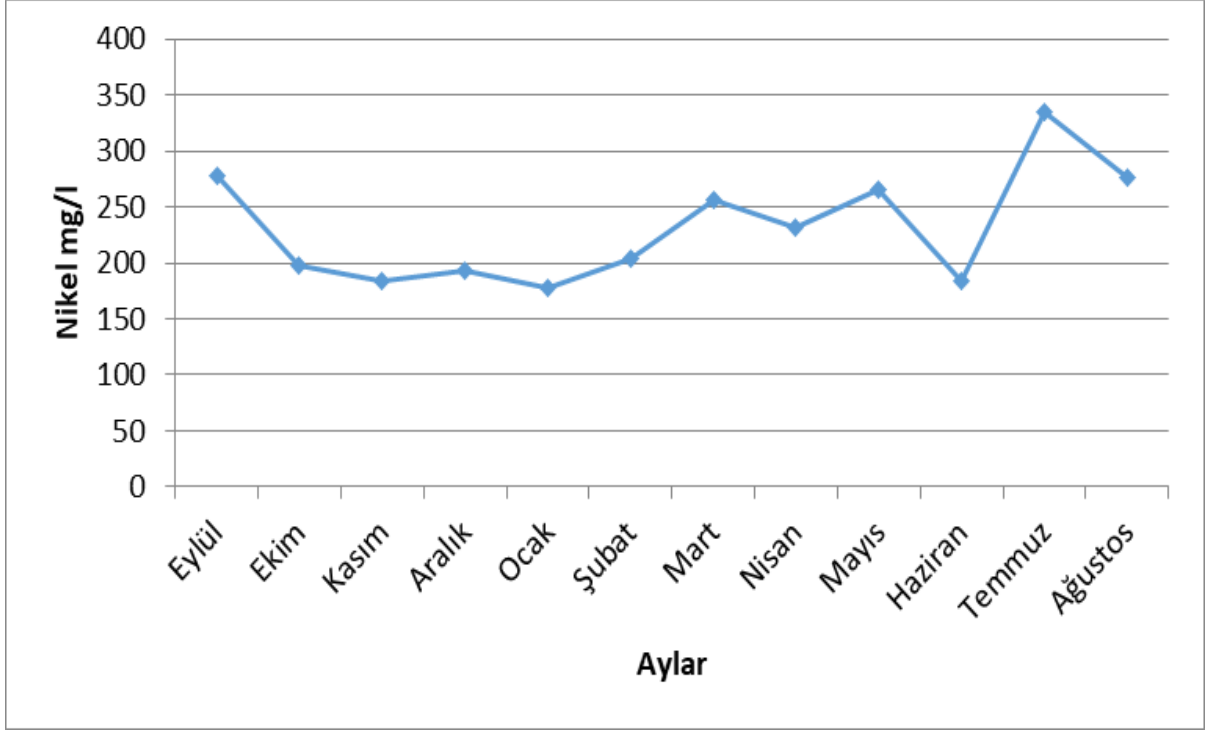


Şekil 21. Su numunelerinin ay bazında bakır (Cu) değerleri (mg/l).

Su örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Cu değeri şubat ayında 34,5 mg/l olarak; en düşük Cu değeri ekim ayında 18,8 mg/l olarak tespit edildi.

Numune alınan bölgedeki su numuneleri ortalama Cu değerleri SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Ek-1) bakımından IV. sınıf su kalite özelliğindedir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü giriş suyununun mevsimsel ortalamasında Cu açısından sadece ilkbahar mevsiminde yüksek değerlerde tespit etmiş olup ilkbahar mevsiminde III.sınıf su kalite özelliğinde olarak bildirmişlerdir.

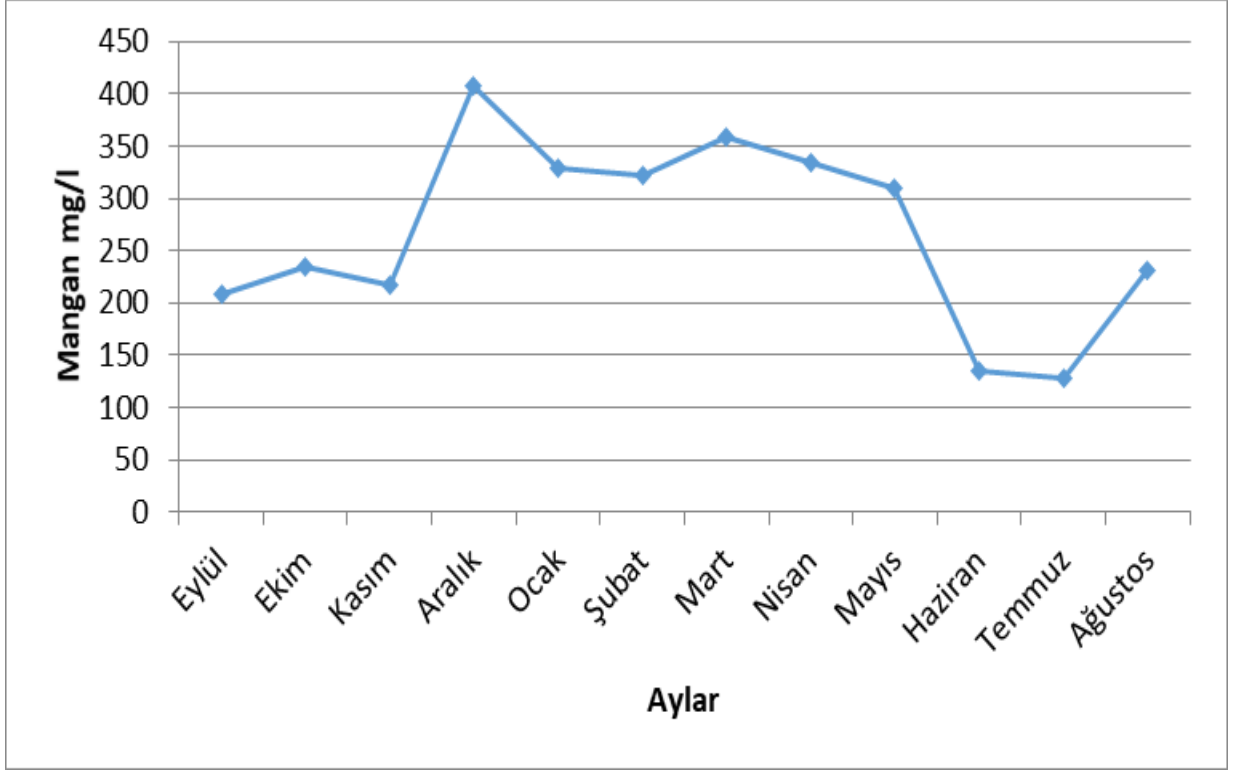


Şekil 22. Su numunelerinin ay bazında nikel (Ni) değerleri (mg/l).

Su örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Ni değeri temmuz ayında 334 mg/l olarak; en düşük Ni değeri ocak ayında 178 mg/l olarak tespit edildi.

Numune alınan bölgedeki su numuneleri ortalama Ni değerleri SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri bakımından IV. sınıf su kalite özelliğindedir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü giriş suyununun mevsimsel ortalamasında Ni açısından I.sınıf su kalite özelliğinde olarak bildirmişlerdir. Sadece sonbahar mevsimi çıkış suyunda Ni açısından II. sınıf su kalte özelliğinde olarak bildirmişlerdir.

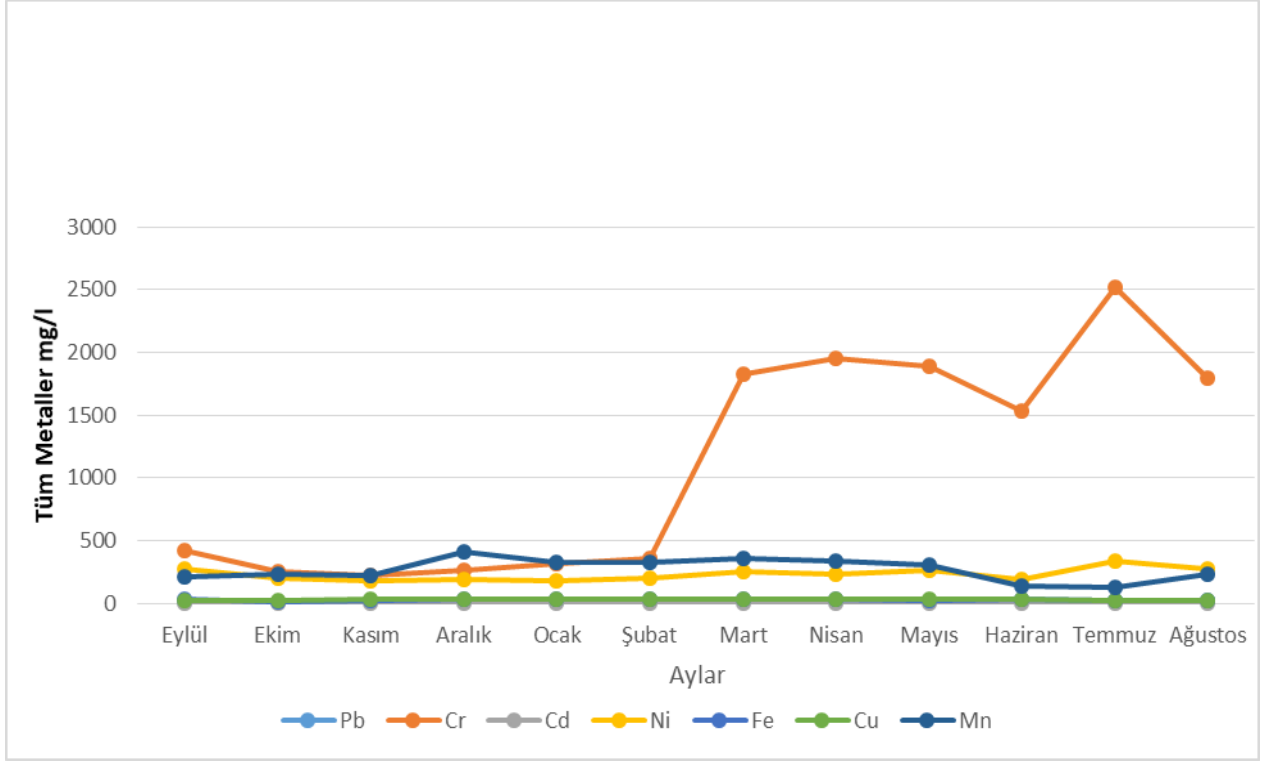


Şekil 23. Su numunelerinin ay bazında mangan (Mn) değerleri (mg/l).

Su örneklerinden yapılan analizler sonucunda en yüksek Mn değeri aralık ayında 406 mg/l olarak; en düşük Mn değeri temmuz ayında 127 mg/l olarak tespit edildi.

Numune alınan bölgedeki su numuneleri ortalama Mn değerleri SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri(Ek-1) bakımından IV. sınıf su kalite özelliğindedir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü çıkış suyununun mevsimsel ortalaması Mn açısından II. Sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakın bir seviyede olarak bildirmişlerdir.



Şekil 24. Su numunelerinin ay bazında tüm metal gruplarının değerleri (mg/l).

Çalışmada su örnekleri Cd seviyelerinin tüm aylarda 0,41-0,61 mg/l arasında, Cu seviyelerinin 18-35 mg/l arasında seyrettiği aralık ayından temmuz ayına kadar 30mg/lt seviyesinin üstünde olarak seyrettiği belirlenmiştir.

Su örneklerinde toplam krom (Cr) seviyelerinin Aralık ayından itibaren yaklaşık 6-7 kat artış göstererek son numune zamanı olan ağustos ayında da artışın devam ettiği belirlenmiştir. Aylar içerisinde en yüksek Cr konsantrasyonu temmuz ayında 2518 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Su örneklerinde toplam demir (Fe) seviyeleri eylül ayından mart ayına kadar iniş çıkışlı olarak seyrederken, mart ayından itibaren son numune zamanı olan ağustos ayına kadar düşüş içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Cu, Cd, Cr ve Fe ağır metal grupları haricindeki diğer grupların su numunelerindeki seviyeleri bütün aylarda dalgalanma olduğu belirlenmiştir.

4.4. Balık örnekleri

Her ay düzenli olarak yerel balıkçılardan temin edilen kefal balıkları soğuk zincir içerisinde laboratuvara getirilip derin dondurucuda saklama işlemi gerçekleştirilmeden önce canlı ağırlıkları ölçüldü. 12 ay içerisinde tez çalışması için toplanan kefal balıklarının tamamı dikkate alındığında en düşük canlı ağırlığa sahip kefal balığı 257 gram, en yüksek canlı ağırlığa sahip kefal balığı ise 560 gram olarak ölçüldü. Aylara göre balıkların ortalama ağırlıkları incelendiğinde; en düşük balık ağırlıkları ekim ayında, en yüksek balık ağırlıkları mart, nisan, mayıs ve haziran aylarında elde edilen balıklarda saptandı. Kefal balıklarının yapılan boy ölçümlerinin aylık ortalamalarında en düşük değer haziran ayında 30,2 cm olarak saptandı.

Çalışmada her ay belirlenen bölgeden alınan 5 adet balık numunesi karaciğer, kas ve solungaç dokularından yapılan analiz sonuçlarında ağır metal düzeylerinin ortalama değerleri her ağır metal grubu için ayrı şekiller içerisinde olacak şekilde ay bazında değerlendirilmiştir.

Balıklarda analiz yapılan ağır metal gruplarının yenilebilir bölge olan kas dokusu konsantrasyonları tüm numunelerin genel ortalaması ve ay ortalaması olarak ayrı ayrı değerlendirildi.

Tablo 8. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri (WEB_3).

Ağır Metal	Maksimum limit (mg/kg)
Pb	0,3
Cd	0,1

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nde balık eti Cd limit değerinde kefal türü ayrı olarak değerlendirilmiştir. Yönetmelikte son değişiklik tarihi 2011 yılına ait olup kefal balığı *Mugil labrosus labrosus* türü olarak belirtilmiştir (WEB_3). Çalışma toplanan kefal balıklarında alt tür tayini gözetmeden gerçekleştirildiğinden ve yönetmelikte yakın tarihte güncel türler ile ilgili değişiklik yapılmadığından dolayı Cd limit değerinde kefal balığı için belirlenen değer baz alınmıştır.

Büyük Menders Nehri Batıköy Mevkii'nde kefal balıklarının doku örneklerinde tespit edilen ağır metal düzeyleri aşağıdaki formül ile uyarlanarak insan tüketimine uygunluğu belirlenmiştir. Buna göre balık dokularının tüketimi sonucu 70 kg ağırlığındaki erişkin bir insanın vücuduna haftalık alınabilecek metal alım miktarı (EWI) bu formüle göre hesaplandı; $EWI (\mu\text{g}/\text{week}/70 \text{ kg body weight}) = (C \times FIR \times 7)$

C (Konsantrasyon); balık dokularındaki ortalama metal derişimi (mg/kg w.w.)

FIR (Beslenme Oranı); TÜİK (2017), verilerine göre Türkiye'de kişi başına düşen günlük balık tüketim miktarı yaklaşık olarak 15 g/kişi/gündür (Yılmaz ve Çoban, 2019).

Büyük Menderes Nehri Batıköy Mevkii'nden alınan kefal balıkları solungaç, karaciğer ve kas dokularında tespit edilen ağır metal grupları ve ay bazındaki değerleri ile ilgili istatistiki değerlendirme yapılmıştır.

Tablo 9. Solungaç dokusunda metal düzeylerinin aylara göre karşılaştırılması (mg/l).

Aylar	Ağır metal düzeyleri						
	Pb	Toplam Cr	Cd	Ni	Toplam Fe	Cu	Mn
Ocak	6,477±0,61 ^{f,g}	1,376±0,09 ^c	0,050±0,0	0,001±0,0	49,188±2,89 ^e	2,489±0,66 ^d	68,947±6,2
		.d	0 ^b	0 ^d			1^a
Şubat	10,656±0,38	0,658±0,23 ^d	0,042±0,0	0,001±0,0	111,700±8,55 ^d	0,765±0,26	0,051±0,00 ^d
	d,e	.e	1 ^b	0 ^d	e	e,f	
Mart	22,819±1,53	0,044±0,00 ^e	0,091±0,0	2,088±0,1	145,166±7,85 ^d	0,053±0,00 ^f	0,047±0,00 ^d
	c		0^a	0^a	e		
Nisan	28,900±0,39	5,390±0,39 ^b	0,052±0,0	0,001±0,0	279,058±42,59	4,578±0,58 ^c	2,752±0,64 ^d
	a		0 ^c	0 ^d	c		
Mayıs	12,231±0,99	0,98±0,00 ^e	0,053±0,0	0,001±0,0	306,140±31,74	0,629±0,26 ^e	0,052±0,00 ^d
	d		0 ^c	0 ^d	c	.f	
Haziran	25,736±1,47	10,055±0,7	0,051±0,0	0,001±0,0	422,884±28,37	0,001±0,00 ^f	0,01±0,00 ^d
	b	2^a	0 ^c	0 ^d	b		

Temmuz	8,488±0,80 ^{e,f}	0,001±0,00 ^e	0,047±0,0 ^{0c}	1,531±0,2 ^{9b}	586,088±90,22 ^a	1,922±0,87 ^d	22,963±1,6 ^{9c}
Ağustos	6,368±0,46 ^{f,g}	1,636±0,19 ^c	0,049±0,0 ^{0c}	0,001±0,0 ^{0d}	178,694±16,88 ^d	0,001±0,00 ^f	5,860±1,16 ^d
Eylül	3,423±0,09 ^h	1,148±0,34 ^c	0,051±0,0 ^{0c}	2,389±0,1 ^{4a}	176,852±18,68 ^d	14,464±0,8 ^{1a}	3,818±0,13 ^d
Ekim	4,280±0,20 ^g	0,001±0,00 ^e	0,454±0,0 ^{0c}	1,144±0,0 ^{7c}	84,596±6,20 ^{d,e}	7,328±0,28 ^b	21,213±3,9 ^{0c}
Kasım	4,393±0,68 ^g	0,001±0,00 ^e	0,054±0,0 ^{1c}	0,001±0,0 ^{0d}	76,966±6,44 ^{d,e}	15,117±1,1 ^{1a}	20,859±1,1 ^{4c}
Aralık	6,213±0,77 ^{f,g}	1,444±0,45 ^c	0,013±0,0 ^{0c}	1,133±0,1 ^{1c}	130,586±13,06 ^{d,e}	2,316±0,24 ^d	32,049±2,4 ^{9b}
P	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

a, b, c, d, e, f, g, h, i: Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir.

Bold karakterde belirtilen değerler maksimumu ifade etmektedir.

Solungaçların ağır metal içeriklerinin aylara göre değişiminin istatistiki açıdan değerlendirilmesinde aynı sütun içerisinde yer alan farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermekte olup, tüm ağır metallerin aylara göre dağılımı önemli bulundu. En yüksek Pb değeri nisan ayında belirlenirken en düşük Pb değeri ise eylül ayında belirlendi. Cr değeri en yüksek haziran ayında belirlenirken en düşük değer ekim ayında belirlendi. Cd miktarı mart ayında en düşük Cd değeri mart ayından sonra önemli bir değişiklik göstermemiş ve harflendirmede diğer tüm aylar (c) olarak belirtildi. Ni değerleri mart ve eylül aylarında en yüksek olarak belirtilmiş ve (a) olarak harflendirildi. En düşük değer ise temmuz ve ekim ayların dışında tüm aylarda elde edilmiştir. Solungaçların Fe içerikleri en yüksek temmuz ayında belirlenirken en düşük Fe içeriği ocak ayı olarak belirlendi. Cu içerikleri en yüksek eylül ve kasım aylarında belirlenirken, en düşük değer mart, haziran ve ağustos ayı olarak belirlenmiş

ve harflendirilmiştir. Solungaçların Mn içerikleri en yüksek değeri (a) ocak ayında olup , en düşük değeri (d) ise şubat, mart nisan, mayıs, haziran, ağustos ve eylül ayları olup, istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

Tablo 10. Kas dokusunda metal düzeylerinin aylara göre karşılaştırılması (mg/l).

Aylar	Ağır metal düzeyleri						
	Pb	Toplam Cr	Cd	Ni	Toplam Fe	Cu	Mn
Ocak	7,431±0,45 ^c d	<u>0,117±0,00^e</u>	0,076±0,0 0 ^f	0,065±0,0 0 ^b	53,662±6,39 ^d	1,062±0,06 ^{e,f}	3,508±0,57^a
Şubat	12,206±0,42 b	<u>0,1±0,00^e</u>	0,066±0,0 0 ^g	0,07±0,00 ^b	42,456±6,17 ^d	<u>0,05±0,00^f</u>	<u>0,0496±0,0</u> 0 ^d
Mart	67,020±3,04 a	10,662±0,8 6^a	0,094±0,0 0 ^e	0,05±0,00 ^b	593,372±82,6 8^a	<u>0,05±0,00^f</u>	<u>0,0497±0,0</u> 0 ^d
Nisan	8,524±0,61 ^c	5,682±0,70 ^b	0,111±0,0 0 ^d	0,052±0,0 0 ^b	359,322±75,1 8 ^b	2,764±0,71 ^d e	<u>0,05±0,00^d</u>
Mayıs	6,17±0,43 ^{c,d} e	<u>0,095±0,00^e</u>	0,140±0,0 0 ^c	0,055±0,0 0 ^b	219,084±17,3 0 ^c	4,294±1,28 ^d	<u>0,051±0,00</u> d
Haziran	7,941±0,41 ^c d	5,236±0,20 ^b	0,197±0,0 0 ^a	0,113±0,0 0 ^b	67,144±12,79 d	<u>0,05±0,00^f</u>	<u>0,052±0,00</u> d
Temmuz	5,179±0,71 ^d e,f	<u>0,095±0,00^e</u>	0,155±0,0 0 ^b	0,011±0,0 0 ^b	56,004±3,82 ^d	<u>0,0496±0,00^f</u>	<u>0,05±0,00^d</u>
Ağustos	8,598±0,32 ^c	1,901±0,16 ^c d	0,201±0,0 0^a	0,057±0,0 0 ^b	69,000±9,35 ^d	<u>0,05±0,00^f</u>	<u>0,05±0,00^d</u>
Eylül	3,378±0,25 ^{e,f}	<u>0,9±0,00^e</u>	<u>0,1±0,00ⁱ</u>	4,212±0,4 0^a	36,938±6,88 ^d	7,049±0,06 ^c	2,009±0,29 ^c

Ekim	<u>2,792±0,39^f</u>	1,154±0,16 ^d	<u>0,051±0,0</u> 0 ⁱ	0,068±0,0 0 ^b	41,640±8,03 ^d	14,139±0,94 a	1,644±0,38 ^c
Kasım	4,260±0,38 ^{e,f}	2,587±0,28 ^c	<u>0,051±0,0</u> 0 ⁱ	0,06±0,00 ^b	19,786±1,62 ^d	11,829±1,21 b	2,365±0,21 ^b .c
Aralık	6,187±0,67 ^c d,e	0,986±0,06 ^d .e	0,060±0,0 0 ^h	0,05±0,00 ^b	31,100±6,20 ^d	12,651±0,96 a,b	2,929±0,66 ^a .b
P	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

a, b, c, d, e, f, g, h, i: Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir.

Altı çizili olarak belirtilen değerler minimum; bold karakterde belirtilen değerler maksimumu ifade etmektedir.

Kas dokusunun ağır metal içeriklerinin aylara göre değişiminin istatistiki açıdan değerlendirilmesinde aynı sütun içerisinde yer alan farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermekte olup, tüm ağır metallerin aylara göre dağılımı önemli bulundu. Kas dokusunun Pb değeri en yüksek mart ayında belirlenirken en düşük değer ekim ayında olarak belirlendi. Cr değeri de en yüksek mart ayında belirlenirken en düşük değeri ise ocak şubat mayıs, temmuz ve eylül ayları olarak belirlendi. Cd değeri ise en yüksek ağustos ayında (a), en düşük değer ise eylül, ekim ve kasım ayları (i) olarak belirlenmiş ve harflendirilmiştir. Kas dokusunun Ni içeriği en yüksek eylül (a) ayında olup, diğer aylardaki kas dokularında (b) önemli bir farklılık belirlenmedi. Fe içerikleri ise en yüksek değere mart ayında (a) belirlenirken nisan ve mayıs ayları (b ve c) bu değerleri izlemiş ve diğer aylarda (d) önemli farklılıklar belirlenmedi. Kas dokusunun Cu içeriği en yüksek ekim ayında belirlenmiş, en düşük Cu değeri ise şubat, mart, haziran temmuz ve ağustos ayları arasında önemli farklılıklar belirlenmedi. Mn içerikleri ise en yüksek ocak ayında olup, diğer aylardan eylül, ekim, kasım ve aralık ayları dışında önemli farklılıklar belirlenmedi.

Tablo 11. Karaciğer dokusunda metal düzeylerinin aylara göre karşılaştırılması (mg/l).

Aylar	Ağır metal düzeyleri						
	Pb	Toplam Cr	Cd	Ni	Toplam Fe	Cu	Mn
Ocak	9,217±0,63 ^d	1,262±0,33 c,d	0,075±0,00 e,f	0,001±0,0 0 ^c	151,040±15,5 7 ^{e,f}	26,061±1,71 b,c	4,151±0,74 ^b
Şubat	8,738±0,47 ^d e	<u>0,001±0,00</u> d	0,12±0,00 ^e	0,001±0,0 0 ^c	116,628±5,67 ^e f,g	23,096±1,55 b,c	0,792±0,23 ^d e,f
Mart	22,322±1,63 a	1,512±0,11 c,d	0,098±0,01 f	1,020±0,0 2 ^a	<u>76,914±8,29</u> ^g	17,772±1,54 c	6,031±0,86 ^a
Nisan	22,184±1,52 a	5,602±0,73 b	0,126±0,00 d	0,096±0,0 0 ^c	273,068±26,8 2 ^c	21,148±1,55 b,c	<u>0,09±0,00</u> ^f
Mayı	14,742±1,19 c	<u>0,09±0,00</u> ^d	0,133±0,00 d	0,011±0,0 0 ^c	176,722±17,2 8 ^{d,e}	26,003±3,17 b,c	<u>0,09±0,00</u> ^f
Haziran	18,662±0,77 b	15,195±2,9 1 ^a	0,219±0,00 a	0,102±0,0 0 ^b	226,180±16,9 5 ^{c,d}	<u>0,328±0,12</u> ^d	<u>0,09±0,00</u> ^f
Temm	8,708±0,73 ^d e	0,1±0,00 ^d	0,151±0,00 c	0,09±0,00 c	461,940±46,4 3 ^a	25,216±3,79 b,c	<u>0,09±0,00</u> ^f
Ağus	12,957±0,47 c	3,489±0,31 b,c	0,186±0,00 b	0,09±0,00 c	363,080±30,4 2 ^b	27,850±4,40 b	<u>0,001±0,00</u> ^f
Eylül	<u>5,076±0,60</u> ^f	<u>0,09±0,00</u> ^d	<u>0,09±0,00</u> ^g	0,09±0,00 c	55,964±0,91 ^g	21,307±2,61 b,c	2,982±0,60 ^c
Ekim	16,114±2,46 b,c	<u>0,099±0,00</u> d	<u>0,09±0,00</u> ^g	0,09±0,00 c	100,130±8,91 ^f g	46,288±3,13 a	1,904±0,24 ^c d
Kasım	<u>2,646±0,40</u> ^f	2,801±0,33 c,d	<u>0,09±0,00</u> ^g	0,09±0,00 c	94,236±8,93 ^{f,g}	43,750±2,65 a	0,531±0,15 ^e f
Aralık	5,362±1,30 ^e f	<u>0,001±0,00</u> d	<u>0,015±0,00</u> g	0,09±0,00 c	105,350±13,8 2 ^{f,g}	<u>3,446±0,69</u> ^d	1,685±0,12 ^d e
P	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

a, b, c, d, e, f, g: Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir.

Altı çizili olarak belirtilen değerler minimum; bold karakterde belirtilen değerler maksimumu ifade etmektedir.

Karaciğer dokusunun ağır metal içeriklerinin aylara göre değişiminin istatistiki açıdan değerlendirilmesinde aynı sütun içerisinde yer alan farklı harfler istatistiksel olarak farklılığı göstermekte olup, tüm ağır metallerin aylara göre dağılımı önemli bulundu. Karaciğer dokusunun Pb değeri en yüksek mart ve nisan ayında (a) belirlenirken, en düşük değerler ise eylül ve kasım aylarında (f) belirlenmiş ve farklı harflerle ifade edildi. Cr değerleri ise en yüksek haziran ayında en düşük şubat, eylül, ekim ve aralık aylarında belirlenmiştir. Karaciğer dokusunun Cd içeriği en yüksek haziran ayında olarak belirlenirken, en düşük değer eylül, ekim, kasım ve aralık ayı olarak belirlendi. Ni içeriği en yüksek mart ayında olup, diğer aylarda önemli farklılıklar belirlenmemiştir. Fe miktarı en yüksek temmuz ayında olup, en düşük değer mart ve eylül ayı olarak belirlenirken farklı harflerle belirtildi. Karaciğer Cu seviyeleri en yüksek ekim ve kasım ayında, en düşük miktar ise haziran ve aralık ayları olarak belirlendi. En yüksek Mn içeriği mart ayında en düşük Mn içeriği ise nisan mayıs, haziran temmuz ve ağustos ayları olarak tespit edilmiş ve harflendirilmiştir.

Balık dokularının (solungaç, kas, karaciğer) Pb içerikleri birbirleri ile karşılaştırıldığında istatistiki açıdan aralık ayı dışında anlamlı bulundu. Ayrıca her bir dokunun her bir ayda farklılık gösterdiği belirlenmiş ve en yüksek değerler genellikle karaciğer ve solungaç dokularında, kasım, şubat ve mart aylarında ise kas dokularında daha fazla olduğu belirlendi.

Dokuların Cr içerikleri arasındaki karşılaştırmada nisan ve mayıs ayları önemsiz bulunurken diğer aylar önemli bulundu. Ayrıca dokulardaki Cr içerikleri aylara göre solungaç, kas ve karaciğer değerleri farklılık göstermektedir.

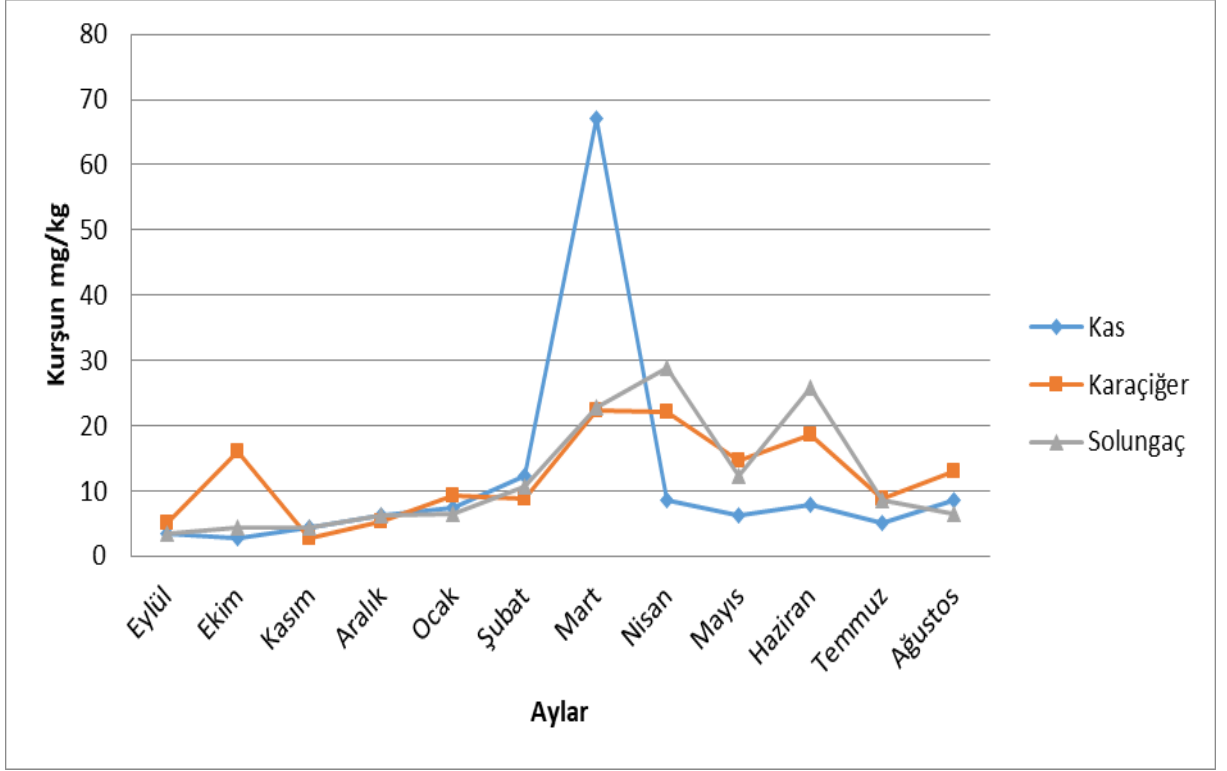
Cd içerikleri karşılaştırıldığında şubat ve eylül aylarında ilişkiler önemsiz bulunurken diğer aylar önemli olarak belirlendi. Dokuların Cd içeriklerinin aylara göre farklılık göstermesine rağmen en yüksek değerler genellikle kas ve karaciğer dokularında elde edildi.

Ni değerleri karşılaştırıldığında ocak ve şubat aylarında dokular arasındaki ilişki önemsiz iken diğer aylarda önemli olduğu belirlendi. En yüksek Ni içerikleri hemen hemen tüm aylarda solungaç ve kas dokularında tespit edildi.

Dokuların Fe içerikleri karşılaştırıldığında nisan ayı dışında diğer bütün aylarda önemli olarak belirlenirken karaciğer ve solungaçlarda Fe'in daha yüksek olduğu tespit edildi.

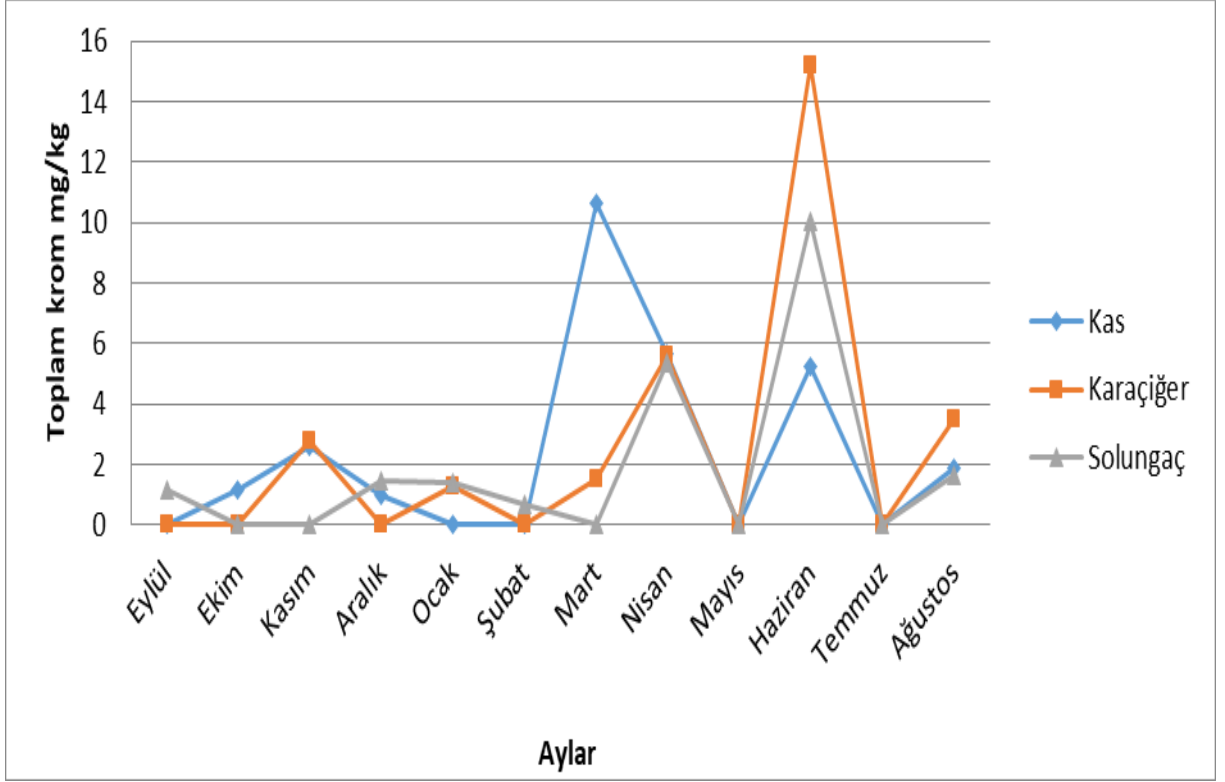
Cu ise tüm aylarda ve tüm dokularda önemli bulunarak farklı harflerle harflendirildi. Ayrıca bütün aylarda Cu en yüksek karaciğerde dokusunda tespit edildi.

Mn içerikleri dokular arasında mayıs, haziran ve eylül aylarında önemsiz olarak belirlenirken diğer dokuz ayda önemli bulundu. Ayrıca Mn'ın en yüksek solungaçta olduğu bunu karaciğerin izlediği belirlenirken, kas dokusunda tüm aylarda da en düşük olduğu tespit edildi.



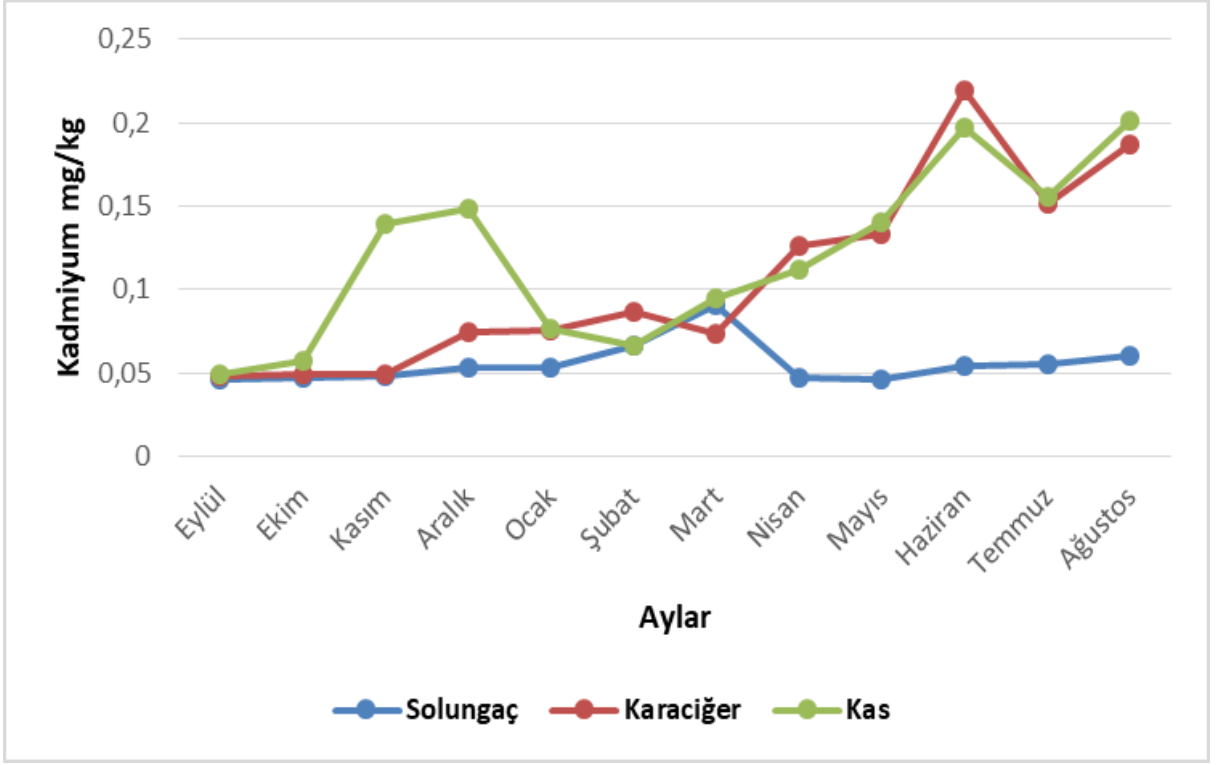
Şekil 25. Balık dokularında aylara göre kurşun (Pb) değerleri (mg/kg).

US EPA tarafından Pb için belirlenen bir oral RfD değeri bulunmamaktadır. Fakat WHO Pb'un geçici izin verilen tolere edilebilir haftalık alım miktarı (PTWI) değerini haftalık 25µg/kg/hafta olarak belirlemiştir. Bu düzeyin üstündeki alımlarda zeka gerilikleri, hafıza kayıpları, kardiyovasküler hastalıklara, böbrek ve karaciğer hasarlarına neden olacağını belirtmiştir (Yılmaz ve Çoban, 2019).



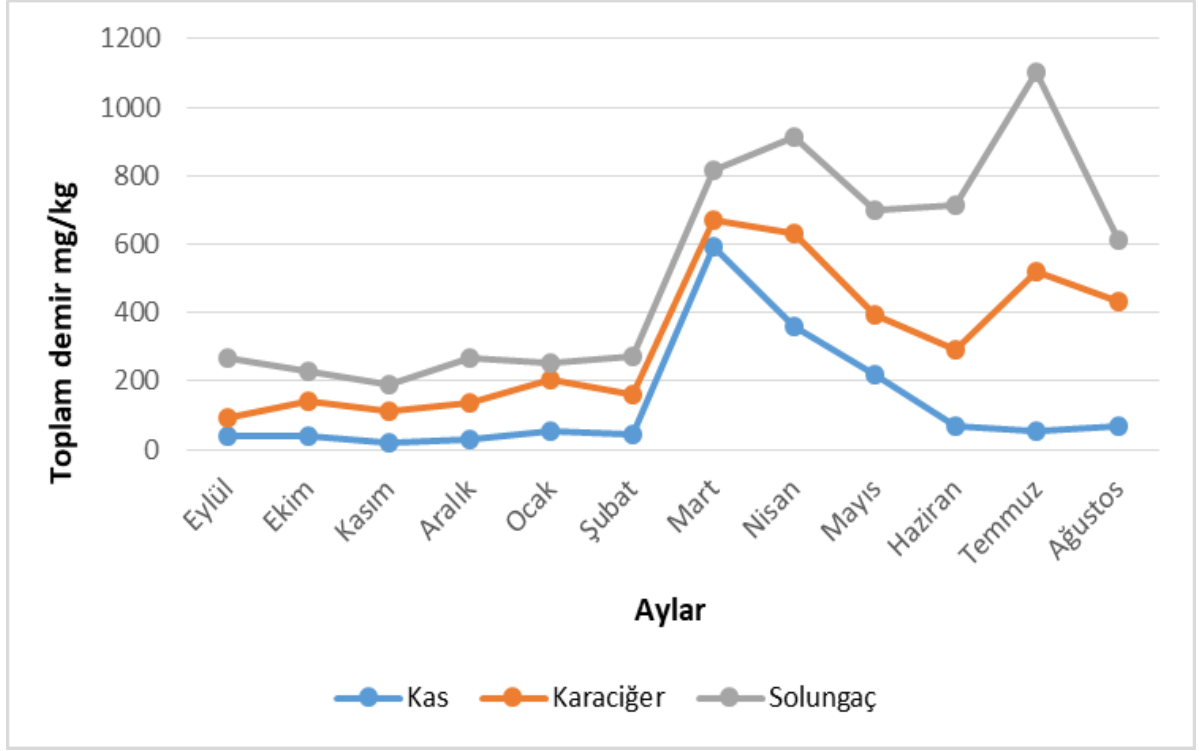
Şekil 26. Balık dokularında aylara göre toplam krom (Cr) değerleri (mg/kg).

US EPA tarafından Cr için belirlenen oral RfD değeri Cr^{+3} ve Cr^{+6} için sırasıyla $1500\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ ve $3\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ olarak belirlemiştir. Bu düzeyin üstündeki alımlarda genel sağlık problemlerine neden olacağını belirtmiştir (Korkmaz, 2017).



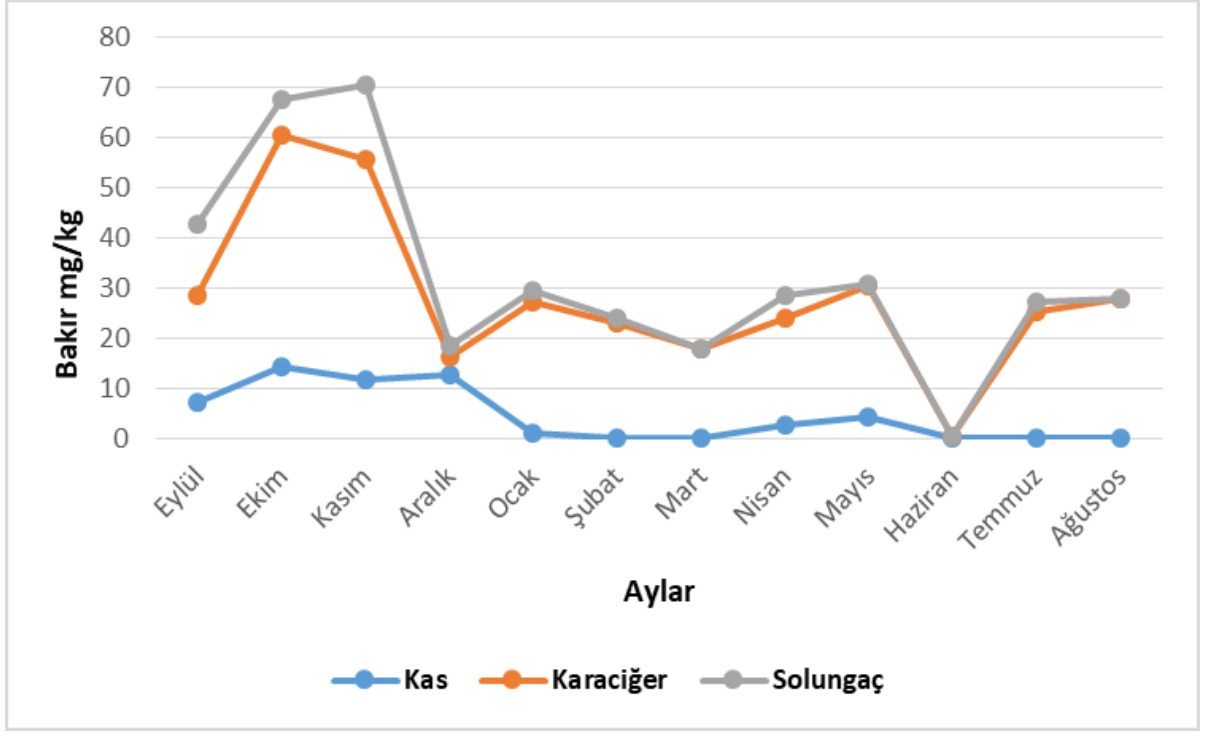
Şekil 27. Balık dokularında aylara göre kadmiyum (Cd) değerleri (mg/kg).

US EPA tarafından Cd için belirlenen oral RfD değeri $1\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ olarak belirlemiştir. Bu değer üzerinde Cd alınımının insanlarda karaciğer, böbrek, iskelet ve üreme sistemi hasarlarına sebep olabileceğini bildirmiştir (Yılmaz ve Çoban, 2019).



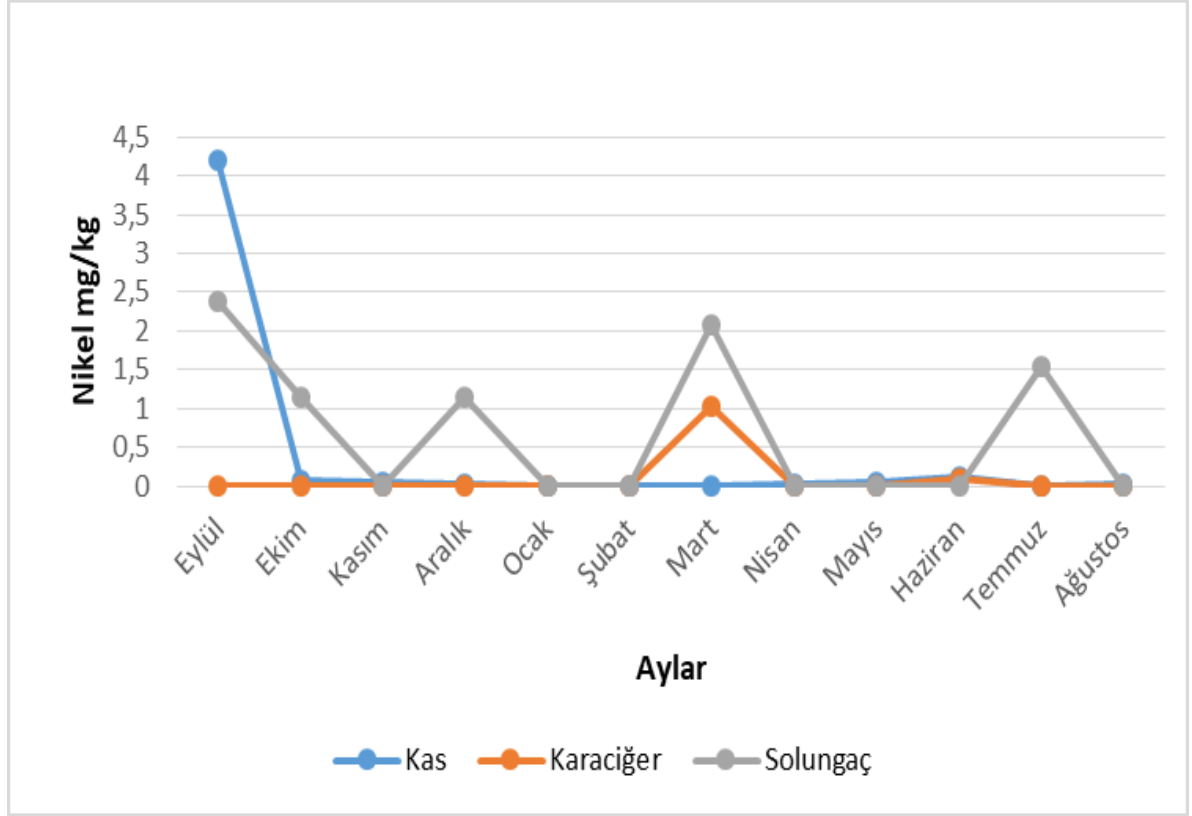
Şekil 28. Balık dokularında aylara göre toplam demir (Fe) değerleri (mg/kg).

US EPA tarafından Fe için belirlenen bir oral RfD değeri bulunmamaktadır. Fakat WHO Fe'in PTWI değerini 5600 μ g/kg/hafta olarak belirlemiştir. Belirtilen değerin üzerindeki alımlarda Parkinson hastalığı ve tip-2 diyabete neden olabileceğini bildirmişlerdir (Korkmaz, 2017).



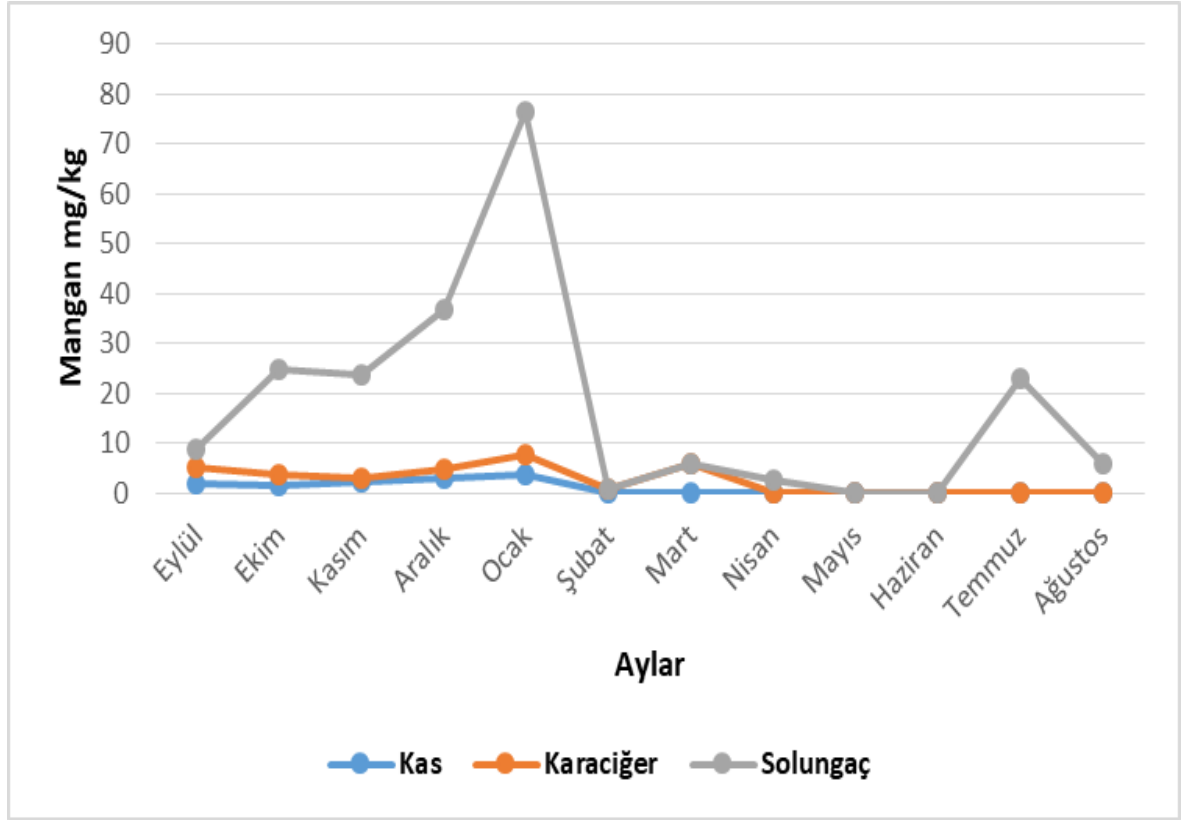
Şekil 29. Balık dokularında aylara göre bakır (Cu) değerleri (mg/kg).

US EPA tarafından Cu için belirlenen bir oral RfD değeri bulunmamaktadır. Fakat WHO Cu'nun PTWI değerini $3500\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hafta}$ olarak belirlemiştir. Belirtilen değer üzerindeki alımlarda karaciğer ve böbrek fonksiyon bozukluklarına neden olduğu bildirilmiştir (Korkmaz, 2017).



Şekil 30. Balık dokularında aylara göre nikel (Ni) değerleri (mg/kg).

US EPA tarafından Ni için belirlenen oral RfD değeri $20\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ olarak belirlenmiştir. Bu değer üzerinde Ni alınımının insanlarda dolaşım bozukluğuna ve karsinojen etkilere sebep olabileceğini bildirmişlerdir (Korkmaz, 2017).



Şekil 31. Balık dokularında aylara göre mangan (Mn) değerleri (mg/kg).

US EPA tarafından Mn için belirlenen oral RfD değeri $140\mu\text{g/kg/gün}$ olarak belirlenmiştir. Bu değer üzerinde Mn alınımının insanlarda genel olarak çeşitli sağlık problemleri yaratabileceğini bildirmişlerdir (Korkmaz, 2017).

US EPA veya WHO tarafından belirlenen oral RfD değerleri çalışmada analizi gerçekleştirilen ağır metal gruplarının kas dokuları genel ortalama değerlerinin yukarıda belirtilen formüle göre yapılan hesaplamaları sonucunda, Pb, Cd, Cr^{+6} ve Fe ağır metal gruplarının belirtilen günlük alım miktarlarının üzerinde oldukları; Mn, Cu, Ni ve Cr^{+3} 'ün belirtilen günlük alım miktarlarının altında oldukları tespit edilmiştir.

Ağır metal grupları kas konsantrasyonlarının aylık olarak ortalama değerleri göz önüne alınarak, US EPA veya WHO tarafından belirlenen oral RfD değerleri yukarıda belirtilen formüle göre yapılan hesaplamaları sonucunda;

Cd'un eylül, ekim, kasım, aralık ve şubat aylarında belirtilen günlük alım miktarlarının altında olduğu belirlenmiştir.

Pb'un tüm aylarda günlük alım miktarının üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Analizi gerçekleştirilen toplam krom değerleri Cr⁺³ ve Cr⁺⁶ olarak ayrı değerlendirilmiş olup, toplam krom heksavalent krom olarak değerlendirildiğinde Cr⁺⁶'nın tüm aylarda günlük alım miktarının üzerinde; Cr⁺³ olarak değerlendirildiğinde ise eylül, ocak, şubat, mayıs, temmuz aylarında günlük alım miktarının altında olarak belirlenmiştir.

Fe'nin eylül, ekim, kasım, aralık ve şubat aylarında belirtilen günlük alım miktarlarının altında olduğu belirlenmiştir.

Ni eylül ayı dışında tüm aylarda ve genel ortalama, Cu ve Mn metal gruplarının ayrı ayrı tüm ayların ortalama değerlerinde genel ortalama olduğu gibi belirtilen günlük alım miktarlarının altında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 12. Eylül ayı balık kas dokuları oral RfD değerleri.

	Toplam							
	Pb	Cr ⁺³	Cr ⁺⁶	Fe	Cu	Cd	Mn	Ni
Eylül								
Ort. Değer mg/kg	3,37	0,0984	0,0984	36,9	7	0,049	2	4,21
Oral RfD	25µg/kg/ hafta	1500µg /kg/gün	3µg/kg/ gün	5600µg/ kg/hafta	3500µg/k g/hafta	1µg/kg/ gün	140µg/ kg/gün	20µg/ kg/gün
EWI	353,8	10,29	10,29	3874,5	735	5,14	210	442
Sonuç	Uygun değil	Uygun	Uygun değil	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun değil

EWI: 70 kg ağırlığındaki erişkin bir insanın vücuduna haftalık alınabilecek metal alım miktarı.

Oral RfD: Oral refrans derişimi

Diğer ayların hesaplamaları Tablo 13.'deki gibi formül üzerinden yapıldı.

5. TARTIŞMA

Taub (2004), doğal sucul ortamlarda pH değerinin düşmesiyle beraber Pb'nun emiliminin arttığını ve düşük pH değerlerindeki yumuşak sularda balıklara toksisitesinin arttığını bildirmiştir.

Rether (2002) yaptığı çalışmalar sonucunda sularda ağır metal konsantrasyonlarının sediment tabakalarının türlerine göre adsorpsiyon kapasitelerinin sınırlı olmasından dolayı sürekli olarak yükseldiğini bildirmiştir.

Zhang ve ark (2018) doğada kirlenen sediment tabakalarından metal salınımına pH değerlerinin nehir suyunda nikel (Ni), bakır (Cu) ve kadmiyum (Cd) ağır metal gruplarında etkisini araştırmışlardır. Çalışmada sedimentten Ni salınımının pH 1 değerinde 140 mg/kg iken pH 7 değerinde 60 mg/kg seviyesine düştüğünü, pH 8 değerinde 80 mg/kg seviyesine çıktıktan sonra pH 8-10 değerleri arasında tekrar düşüşe geçerek pH 10 değerinde yaklaşık 50 mg/kg seviyesinde seyrederek minimum salınım noktasına ulaştığını belirtmişlerdir. Sedimentten Cu salınımının pH 1 değerinde 25-30 mg/kg iken pH 6,5 değerinde 5-10 mg/kg seviyelerinde minimum salınım noktasına ulaştığını, pH 6,5 değerinden pH 8 değerine kadar 15-20 mg/kg seviyesine çıkarken pH 9 değerinde 10-15 mg/kg arasında seyrettiğini bildirmişlerdir. Sedimentten Cd salınımının pH 1 değerinde 25 mg/kg seviyesinde iken pH yükseldikçe salınım düşüş göstererek pH 7 ve pH 8 değerinde 15 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Laing ve ark (2008) Belçika Shelde Nehri ağzında 4 farklı noktadan aldıkları sediment örneklerinin farklı tuzluluk değerlerindeki sularda (%0,5, %2,5 %5) Cd, Cu ve Ni ağır metallerinin salınımını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda sadece Cd'un 4 farklı sediment örneğinde de benzer sonuç verdiği görülmüştür. Nehir ağzından alınan 4 sediment örneğinde de tuzluluk değerinin artmasıyla beraber doğru orantılı olarak Cd'un da salınımı arttığını belirlemişlerdir.

Algül ve ark (2018) Büyük Menderes Nehri'nin beslediği en önemli yerlerden olan Bafa Gölü giriş ve çıkış sularında yapılan çalışmadan farklı olarak sediment örneklerinde ağır metal gruplarını yüksek seviyelerde tespit etmişlerdir.

Van der ve ark (1981) Cr'un +3 ve +6 değerlikli formlarının çok daha önemli olduklarını +2,+4 ve +5 değerlikli formlarının kararsız olduklarını ve hızlı bir şekilde Cr⁺³'e dönüştüğünü belirtmişlerdir. Ek olarak gökkuşağı alabalıklarında yaptıkları çalışmada pH değerinin 7,8'den 6,5' düştüğünde Cr⁺⁶ toksisitesini arttırdığını tespit etmişlerdir. Suda aralık ayı haricindeki 11 ayda açık ara ile en yüksek değerlerde tespit edilen Cr seviyelerinde kefal balıklarının canlı

olarak bulunması veya geçiş noktası olarak kullanmalarının sebebi olarak ölçülen Cr'un içerisinde en toksik formu olan Cr⁺⁶'nın diğer kararsız formları Cr⁺², Cr⁺⁴, Cr⁺⁵ ve doğada toprak ile suda en çok bulunan Cr⁺³'e göre daha az bulunması olarak yorumlanabilir.

Sudaki Cr seviyelerinin balıkların yaşamsal faaliyetlerine akut bir etki yapmamasının bir diğer sebebi olarak pH değerindeki artış ile ters orantılı olarak Cr⁺⁶'nın toksisitesinin azalması olarak gösterilebilir (Aslam ve Yousafzaia, 2017).

Barrie ve ark (2012) suda bulunan toplam demir konsantrasyonunun özellikle de Fe⁺² formunun nötral pH değerinden daha düşük pH değerlerinde çözünürlüğü ve toksik etkisinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Filazi ve ark (2016) balıklarda demire bağlı hasarın genellikle kışın havuzlarda düşük oksijen içeriği ve özellikle düşük pH ile oluştuğunu belirtmişlerdir. Çalışmada düzenli olarak ölçülen pH değerleri göz önünde bulundurulduğunda balıkların yaşamsal faaliyetlerine akut bir etki yapmamasının bir sebebi olarak Fe'nin toksisitesinin azalması olarak gösterilebilir.

Ruas ve ark (2008) yaptıkları çalışmada suda bulunan bakırın düşük pH değerlerindeki asidik ortamda biyoyaralanımının daha yüksek ve balıklara karşı toksisitesinin daha fazla olduğunu bildirirken, serbest bakır iyonu (Cu⁺²) değerinin de sudaki asiditenin artmasıyla arttığını belirtmişlerdir.

Su örneklerinde analiz gerçekleştirilen tüm ağır metal gruplarının SKKY Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri bakımından IV. sınıf su kalite özelliğinde olmasının nedeni olarak aylık sediment örnekleri ortalama değerlerinin Kanada Sediment Kalite Yönergesi'ne göre en düşük etki seviyesinin çok altında olarak tespit edildiği göz önünde bulundurulduğunda, bölgedeki farklı türlerdeki endüstriyel işletmelerin atık su deşarjlarından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Özellikle suda Cr seviyelerinin yüksek olması içeriğindeki Cr'un yüksek olduğu kömür işletmeleri atık sularının ve JES deşarj sularının nehir sularına karışmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Çakın ve ark (2003) İzmir'de yaptıkları çalışmada Balçova Jeotermal bölgesi çevresindeki su hatlarında farklı aylarda sabit seyreden fakat izin verilen sınır değerlerin üzerinde krom değerleri tespit etmişlerdir.

Ağır metal gruplarının özellikle de Cd'un sudaki seviyelerinin farklı aylarda farklı seviyelerde tespit edilmesi bölgede tarımsal üretimde kullanılan fosfatlı gübrelerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Yılmaz ve Çoban, 2019).

Kefal balık dokularının ağır metal düzeyleri incelendiğinde Canlı ve ark (2003) ve Kalay ve ark (1999) Akdenizde yaptıkları çalışmalarda kefal balıklarında yapılan çalışmadaki sonuçlara benzer bir şekilde karaciğer dokularında kas dokusuna oranla daha yüksek seviyelerde Fe ve Cu düzeyleri tespit etmişlerdir.

Alipour ve ark (2016) Mısır Miankaleh yarımadasında yaptıkları çalışmada *Rutilus caspicus* türünde yapılan çalışmadaki sonuçlara benzer bir şekilde solungaç ve karaciğer dokularında kas dokusuna oranla daha yüksek seviyelerde Fe ve Cu düzeyleri tespit etmişlerdir.

Bahnasawy ve ark (2011) Mısır Mangala Gölü'nde yaptıkları çalışmada altınbaş kefal balıklarında solungaç dokularında kas dokusuna oranla daha yüksek seviyelerde Cu ve Cd düzeyleri tespit etmişlerdir.

Cr ile ilgili yapılan bir çalışmada Aslam, 2017 ve ark heksavalent krom (Cr^{+6})'un tatlı su balık türlerine karşı toksisitesinde pH değerlerinin direkt olarak etkili olduğu tespit edilmiştir. Gökkuşığı alabalıklarının düşük pH değerleri de göz önünde bulundurulduğunda heksavalent krom (Cr^{+6})'a diğer türlerden daha duyarlı oldukları görülmüştür.

Hogendoorn ve ark (1977) yaptıkları çalışmada heksavalent krom (Cr^{+6})'un pH 7,8 değerinde internal organlarda yüksek oranda birikim gösterirken; pH 6,5 değerinde solungaç dokusu üzerinde yüksek birikim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Başka bir araştırmada gökkuşığı alabalıklarında pH 6,4 değerinde pH 7,4 değerine göre Cr toksisitesinin 50-200 kat daha fazla olduğu tespit etmişlerdir (Aslam, 2017).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Büyük Menderes Nehri Batıköy Mevkii'nden Eylül 2018- Ağustos 2019 tarihleri arasında 12 ay boyunca alınan su, sediment ve kefal balık örneklerinin(solungaç, kas, karaciğer) analizleri sonucunda; sediment örneklerinde analiz yapılan metaller arasında en yüksek değer Cr ağır metal grubunda Mayıs ayında belirlenmiştir. Su örneklerinde analiz yapılan ağır metal grupları arasında en yüksek değer Aralık ve Ocak ayları haricindeki 10 ayda Cr ağır metal grubunda, Aralık ve Ocak aylarında ise Mn ağır metal grubunda tespit edilmiştir. Balık karaciğer dokularında analiz yapılan ağır metal grupları arasında en yüksek değer Temmuz ayında yaşamsal bir metal olan Fe ağır metal grubunda tespit edilmiştir. Balık solungaç dokularında analiz yapılan ağır metal grupları arasında en yüksek değer yine Temmuz ayında Fe ağır metal grubunda tespit edilmiştir. Balık kas dokularında analiz yapılan ağır metal grupları arasında en yüksek Mart ayında yine Fe metal grubunda tespit edilmiştir. Suda tüm aylarda Cr'un çok yüksek değerlerde tespit edilmesi Büyük Menderes Nehri Batıköy Mevkii'nden kaynaklanan önemli bir kontaminasyonun olduğu anlaşılmıştır.

Kefal balıklarının tüketilebilir bölgesi olan kas dokularının ağır metal seviyelerinin WHO ve USP EPA'nın belirlediği oral RfD değerleri hesaplamalarında, kurşun (Pb) ve nikel (Ni) haricinde tüm aylar içerisinde analiz yapılan ağır metal gruplarının günlük alım limitlerinin geçilmediği tek zamanın Eylül ayı olduğu belirlenmiştir.

Her ay alınan sediment ve su örneklerindeki ağır metal seviyeleri ve tespit edilen ağır metal seviyelerindeki artış veya düşüşün aynı zamanda alınan kefal balıklarında her ayda paralellik göstermemesinin temel nedeni olarak, kefal türlerinin geniş sıcaklık, tuzluluk ve oksijen aralıklarında yaşayabilmesi ve düzenli aralıklarla göç eden (katadrom) balıklar olması ve göç ettiği bölgelerde bentik çamurdaki *Crustacea*, algler, diatomlar ile beslenmesi olarak düşünülebilir.

Çalışmada balık dokularında ve sulara ağır metal düzeyleri yüksek bulunan aylar dahil olmak üzere canlıların yaşamsal faaliyetlerinin ciddi düzeyde etkilenmemesi, pH değerlerinin yüksekliğinden dolayı ağır metallerin toksik etkilerinin daha düşük seviyede olduğunu göstermektedir.

Çalışma sonucunda sediment örneklerinde incelenen ağır metal gruplarının tamamının yüksek seviyelerde olmadığı, numune alınan bölgedeki pH ve tuzluluk değerleri de göz önünde bulundurulduğunda yapılan araştırmalar ışığında sediment tabakaları üzerinden su veya diğer canlı organizmalara yüksek miktarda ağır metal salınımının olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Nehir suları ve balıklar ağır metal toksikolojisi açısından önemli bir yere sahiptir. Elde edilen sonuçlar ışığında Büyük Menderes Nehri Batıköy Mevkii'nde çalışma yapılan bölgede kefal balıklarının örnekleme yapılan bir yıllık periyot içerisindeki tüm aylarda toksikolojik açıdan insan tüketimine uygun olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca bölgedeki suda ağır metal kirliliği yine örnekleme yapılan bir yıllık periyot içerisindeki tüm aylarda yüksek olarak tespit edilmiştir. Balık dokularında ve özellikle sularda tespit edilen yüksek ağır metal düzeyleri Büyük Menderes Nehri'nden kaynaklı önemli bir kontaminasyonun varlığını göstermektedir. Bu sebeple yetkili mercilerin konuya hassasiyet göstermesi, sanayinin yoğun olduğu bölgelerde sıklıkla gerekli kontrollerin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abbruzzini TF, Andrade DA, Carneiro WJO, Silva CA. Influence of digestion methods on the recovery of iron, zinc, nickel, chromium, cadmium and lead contents in 11 organic residues. *Revista Brasileira de Ciêncıa do Solo* 2014, 38, 166–176.

Algül F, Beyhan M. Bafa Gölü Sediment ve Su Kalitesinin Ağır Metaller Bakımından Değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research* 2018, 2(2): 128-138.

Alipour H, Pourkhabbaz A, Hassanpour M. Determination of metals (As, Cu, Fe, and Zn) in two fish species from the Miankaleh wetland. *Archives of Polish Fisheries* 2016, 23: 99-105.

Aslam S, Yousafzaia AM. Chromium toxicity in fish. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2017, 5(3), s 1483-1488.

Atlı G, Canlı M. Natural occurrence of metallothionein-like proteins in the liver of fish *oreochromis niloticus* and effects of cadmium, lead, copper, zinc, and iron exposures on their profiles. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2003; 70: 619-627.

Bahnasawy M, Khidr AA, Dheina N. Assessment of heavy metal concentrations in water, plankton, and fish of Lake Manzala, Egypt, *Turkish Journal of Zoology* 2011, 35(2), 271-280.

Barrie D, Tadayoshi K, Sabrina H. Redox transformations of iron at extremely low pH: Fundamental and applied aspects. *Frontiers in Microbiology*, 2012, 3, 96.

Bigersson B, Sterner O, Zimerson E. Cheime und Gesundheit. Eineverständliche Einführung in die Toxikologie, Verlagsgesellschaft, 1988; 264, 55-88.

Bradl, H.B. Heavy metals in the environment, Chapter 2, Interactions of heavy metals. 6, Arthur Hubbard, Elsevier Akademik pres, Germany, 2005, 29-148.

- Canlı M, Atlı G.** The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*. 2003, 121, 129-136.
- Conover WJ.** Practical Nonparametric Statistics (3 rd ed), John Wiley & Sons, New York, 1998, 471.
- Çakın A, Gökçen G, Eroğlu A.** Jeotermal Uygulamaların Çevresel Etkileri: Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi Örneği. *Jeotermal Enerji Semineri*, s 345-357, Kasım 2005, İzmir.
- Duffus JH.** Heavy metals a meaningless term. *Pure and Applied Chemistry* 2002, 74(5), 794.
- Duffus JH, Howard GJ.** Fundamental toxicology for chemists. *Cambridge Royal Society of Chemistry Information Services* 1996, 53-61.
- Durdu ÖF, Karataş BS, Tunalı SP.** Büyük Menderes Nehri su kirlilik envanteri. Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Aydın, 2012.
- Elmacı A, Teksoy A, Olcay Topaç F, Özengin N, Kurtoğlu S, Başkaya HS.** Assessment of heavy metals in Lake Uluabat, Turkey. *African Journal of Biotechnology* 2007, 6, 2236-2244.
- Erickson RJ, Benott DA, Mattson VR, Nelson HP, Leonard EN.** The effects of water chemistry on the toxicity of copper to fathead minnows. *Environmental Toxicology and Chemistry* 1996, 15(2), 181-93.
- Erickson L, Thompson T.** A review of a preventable poison pediatric lead poisoning. *Journal of Pediatric Nursing* 2005, 10, 171-82.
- Filazi A, Yurdakök B, Kuzukıran Ö.** Balık Toksikolojisi. *Veterinary Science Pharmacology Toxicology-Special Topics*, 2016, 2(1), s 69-84.
- Flos R, Caritat A, Balasch J.** Zinc content in organs of dogfish subjected to sublethal experimental aquatic zinc pollution. *Comparative Biochemistry and Physiology* 1979, 63C, 77-81.

Foulkes EC. Some determinants of intestinal cadmium transport in the rat. *Journal of Environmental Pathology and Toxicology* 1980, 3, 471-481.

Fox S. Nutritional factors that may influence bioavailability of cadmium. *Journal of Environmental Quality* 1988,17, 175-180.

Fujita H, Nishitani C, Ogawa K. Lead, chemical porphyria, and heme as a biological mediator. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* 2002, 196, 53-64.

George Sg. Cell biochemistry and transmembrane transport of some metals and their compounds in the environment. New York, 1991, 511-521.

Grosell M, Blanchard J, Brix KV, Gerdes R. Physiology is pivotal for interactions between salinity and acute copper toxicity to fish and invertebrates. *Aquatic Toxicology* 2007, 84(2), 162-72.

Güner U. Essensiyel elementler ile toksik olan ağır metallerin canlılar üzerindeki etkileri. ağır metal toksisitesi Toksikoloji Ders Notları. Trakya Üniversitesi, Edirne, 2008.

Heath AG. Water pollution and fish physiology. virginia polytechnic institute and state university, Virginia, 1995.

Hogendoorn RAS, Tenholder JJHM, Stirk JJTWA. The influence of pH on the toxicity of hexavalent chromium to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquatic Pollutants Transformation and Biological Effects, Proceedings of the Second International Symposium on Aquatic Pollutants, *Pergamon Press* 1977, 477-478.

Jarup L, Berglund M, Elinder CG, Nordberg G, Vahter M. Health effects of cadmium exposure a review of the literature and a risk estimate. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1998, 24, 1-51.

Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S. Metallerin Çevresel Etkileri I. *TMMBO Metalürji Mühendisleri Odası Dergisi* 2004, 136, 47-53.

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

Korkmaz C, Ay Ö, Çolakfakioğlu C, Cicik B, Erdem C. Heavy Metal Levels in Muscle Tissues of Solea solea, Mullus barbatus, and Sardina pilchardus Marketed for Consumption in Mersin, Turkey. *Water Air Soil Pollution* 2017, 228-315.

Laing Du G, Vos De R, Vandecasteele B, Lesage E, Tack F.M.G, Verloo M.G. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 2008, 77, 589-602.

Larc A. Cadmium and certain cadmium compounds. In Iarc monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry. Iarc monographs, Vol 58, Lyon,1993, 119-236.

Linder MC, Wooten L, Cerveza P, Cotton S, Shulze R, Lomeli N. Copper transport. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1998, 67, 965–971.

McGeer JC, Szebedinszky C, McDonald DG, Wood CM. Effects of chronic sublethal exposure to waterborne Cu, Cd or Zn in rainbow trout, iono-regulatory disturbance and metabolic costs. *Aquatic Toxicology* 2000, 50(3), 43-231.

MEGEP. Meslekî eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi denizcilik balıklar. Ankara, 2011.

MEGEP. Meslekî eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi denizcilik kefal yetiştiriciliği. Ankara, 2016.

Mertz W. Trace Elements in Human And Animal Nutrition (5 th ed),Academic Press, 1987, 258-270.

Moore JW, Ramamoorthy S. Heavy Metals in Natural Waters. Applied Monitoring and Impact Assessment, Springer-Verlag, New York, 1984, 28-246.

Oros A. Heavy Metals in Water and Sediments of Tasaul Lake (2005-2006). *Cercetari Marine* 2007, 37, 66-74.

Özden O, Fırat K, Saka Ş. Karina Dalyanı'nın Yeniden Yapılandırılması Üzerine Ön Fizibilite Raporu. İzmir, 2014.

Özkan G. Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy’de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2009, 9, 12-22.

Pane E.F., Richards J.G., Wood C.M. Acute waterborne nickel toxicity in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) occurs by a respiratory rather than ionoregulatory mechanism. *Aquatic Toxicology* 2003, 63-65.

Pratap HB, Wendelaar Bonga SE. Effects of ambient and dietary cadmium on pavement cells, chloride cells and Na⁺-ATPase of the fresh water teleost *Oreochromis mossambicus* at normal and high calcium levels in the ambient water. *Aquatic Toxicology* 1993, 26(1-2), 49-133.

Pyle G.G, Swanson S.M, Lehmkuhl D.M. The influence of water hardness, pH, and suspended solids on nickel toxicity to larval fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Water, Air, & Soil Pollution* 2002, 133,215.

Rether A. Entwicklung und charakterisierung wasserlöslicher benzoylthioharnstoff funktionalisierter polymere zur selektiven abtrennung von schwermetallionen aus abwässern und prozesslösungen. Doktora Tezi, Münih Teknik Üniveristesi, München, 2002.

Ruas CBG, Carvalho CD, Araujo HSS, Espindola ELG, Fernandes MN. Oxidative stress biomarkers of exposure in the blood of cichlid species from a metal-contaminated river. *Ecotoxicolgy and Environmental Safety* 2008, 71(1), 86-93.

Satarug S, Moore MR. Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Journal of Chromatography* 2004, 112(10), 1099–1103.

Sciera KL, Isely JJ, Tomasso Jr JR, Klaine SJ. Influence of multiple water-quality characteristics on copper toxicity to fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology Chemistry* 2004, 23(2), 2900-5.

Sharma J., Langer S. Effect of Manganese on haematological parameters of fish, *Garra gotyla gotyla*. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2014 2(3), 77-81.

Sotero-Santos RB, Rocha O, Povinelli J. Toxicity of ferric chloride sludge to aquatic organisms. *Chemosphere* 2007, 68(4), 628-36.

- Svecevicus G.** Acute toxicity of hexavalent chromium to European freshwater fish. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology* 2006, 77(5), 741-7.
- Taub FB.** Fish 430 lectures (Biological Impacts of Pollutants on Aquatic Organisms). University of Washington, Washington, 2004.
- Thornton I.** Sources and pathways of cadmium in the environment. *IARC Scientific Publications No: 1* 1992, 118, 149-162.
- Tokalođlu Ő, Kartal Ő, Elçi L.** Determination of heavy metals and their speciation in lake sediments by flame atomic absorption spectrometry after a four-stage sequential extraction procedure. *Analytica Chimica Acta* 2000, 413, 33-40.
- Topkaya M.** Marmara Denizi'nde Avlanan İstavrit ve Mezgıt Balık Türlerinde Ağır Metal Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 16, 17.
- USGS.** Minerals yearbook cadmium. US. Geological Survey, Reston, Virginia. 1997.
- Van der P.I, Brinkhorst MA, Koeman JH.** Effects of pH on the acute toxicity of hexavalent chromium to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquatic Toxicology* 1981, 1, 129-142.
- Velma V, Vutukuru SS, Tchounwou PB.** Ecotoxicology of hexavalent chromium in freshwater fish: a critical review. *Reviews of Environmental Health* 2009, 24(2), 129-45.
- Vuori, K.** Direct and Indirect Effects of Iron on River Ecosystems, *Annales Zoologici Fennici* 1995, 32, 317-329.
- Vural H.** Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. *Çevre Dergisi*, 1993, 8, 3-8.
- Wang H, Wang CX, Cao ZH.** Fractionation of heavy metals in surface sediments of Taihu Lake, East China. *Environmental Geochemistry and Health* 2004, 26, 303-309.

WEB_1. (2012). Metallerin Toksik Etkileri. egitim.druz.com.tr/indir/toksikoloji (21.05.2019).

WEB_2. (2001). Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. <https://www.pla.co.uk/Environment/Canadian-Sediment-Quality-Guidelines-for-the-Protection-of-Aquatic-Life> (03.02.2020).

WEB_3. (2011). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri, *Resmî Gazete Tarihi: 29.12.2011, Resmî Gazete Sayısı: 28157 (3.Mükerrer)*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm> (03.02.2020).

WEB_4. (2008). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, *Resmî Gazete Tarihi: 31.12.2004, Resmî Gazete Sayısı: 25687*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/Su%20Kirlili%C4%9Fi%20ekleri.htm> (04.05.2020).

WEB_5. (2018). Standart Methods of The Water and Wastewater <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.043> (21.05.2019).

WEB_6. (2016). Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements. http://www.eoma.aoac.org/app_f.pdf (21.05.2019).

Wepener V, Van Vuren JH, Du Preez HH. Uptake and distribution of a copper, iron and zinc mixture in gill, liver and plasma of a freshwater teleost, *Tilapia sparmanii*. *Water SA* 2001, 27(1), 99-108.

Wittman R, Hu H. Cadmium exposure and nephropathy in a 28-year-old female metals worker. *Environmental Health Perspectives* 2002, 110, 1261–1266.

Yılmaz H, Çoban D. Karina Dalyanı Sürdürülebilir Yönetimi: Balıkçılık ve Çevre Etkileşimi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2019, 104-134.

t

Zhang Y, Zhang H, Zhang Z, Zhang W, Liu C, Sun C, Marhaba T. pH Effect on Heavy Metal Release from a Polluted Sediment. *Hindawi Journal of Chemistry* 2018, 1-7.

EKLER

Ek 1.

KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ (WEB_4, 2008).

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12

**KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ
(WEB_4, 2008).**

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri ^d				
1) Civa ($\mu\text{g Hg/L}$)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	> 10
3) Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	> 50
4) Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	20	50	100	> 100
5) Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	20	50	200	> 200
7) Krom ($\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{L}$)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	> 200
9) Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	> 200
10) Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) ($\mu\text{g CN/L}$)	10	50	100	> 100
12) Florür ($\mu\text{g F}^{-}/\text{L}$)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2/\text{L}$)	10	10	50	> 50
14) Sülfür ($\mu\text{g S}^{-}/\text{L}$)	2	2	10	> 10
15) Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	> 5000

**KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ
(WEB_4, 2008).**

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
16) Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	100	500	3000	> 3000
17) Bor ($\mu\text{g B/L}$)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum ($\mu\text{g Se/L}$)	10	10	20	> 20
19) Baryum ($\mu\text{g Ba/L}$)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (Bq/L)				
Alfa-aktivitesi	0,5	5	5	> 5
beta-aktivitesi	1	10	10	> 10
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu $0.02 \text{ mg NH}_3\text{N/L}$ değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri $300 \mu\text{g/L}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir.

Ek 2.**KANADA SEDİMENT KALİTE YÖNERGESİ (WEB_2, 2001).**

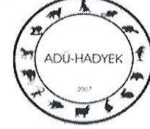
Substance	Units	ISQG/TEL	PEL	Incidence (%£ISQG)	Incidence (ISQG<%<PEL)	Incidence (%³PEL)
Metals						
Arsenic	mg.kg-1	7.24	41.6	3	13	47
Cadmium	mg.kg-1	0.7	4.2	6	20	71
Chromium	mg.kg-1	52.3	160	4	15	53
Copper	mg.kg-1	18.7	108	9	22	56
Lead	mg.kg-1	30.2	112	6	26	58
Mercury	mg.kg-1	0.13	0.7	8	24	37
Zinc	mg.kg-1	124	271	4	27	65
Polychlorinated byphenyls (PCB)						
PCBs: total PCBs	mg.kg-1	21.5	189	16	37	55
Polyaromatic hydrocarbons (PAH)						
Acenaphthene	µg.kg-1	6.71	88.9	8	29	57
Acenaphthylene	µg.kg-1	5.87	128	7	14	51
Anthracene	µg.kg-1	46.9	245	9	20	75
Benz(a)anthracene	µg.kg-1	74.8	693	9	16	78
Benzo(a)pyrene	µg.kg-1	88.8	763	8	22	71
Chrysene	µg.kg-1	108	846	9	19	72
Dibenz(a,h)anthracene	µg.kg-1	6.22	135	16	12	65
Fluoranthene	µg.kg-1	113	1494	10	20	80
Fluorene	µg.kg-1	21.2	144	12	20	70
2-Methylnaphthalene	µg.kg-1	20.2	201	0	23	82
Naphthalene	µg.kg-1	34.6	391	3	19	71
Phenanthrene	µg.kg-1	86.7	544	8	23	78
Pyrene	mg.kg-1	153	1398	7	19	83

Ek 3.

ADÜ HADYEK Kararı.



T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK
KURULU
(ADÜ-HADYEK)



Aydın 31.Mayıs. 2018

Sayı: 64583101/2018/062

Konu: Başvuru Hakkında Bilgilendirme

Sayın, Prof. Dr. Cavit KUM

ADÜ Veteriner Fak. Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı

Kurulumuza 20.05.2018 tarihinde başvurduğunuz “ **Büyük Menderes nehri Güllübahçe havzasında su, sediment ve kefal (*Mugilidae*) balığında bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması**” adlı çalışmanız Kurulumuzca gündeme alınmış ve değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirme sonucunda, çalışmanızda deney hayvanı kullanılmayacağı anlaşılmış olup, Hayvan deneyleri etik Kurullarının Çalışma Usul ve esaslarına dair Yönetmeliğin madde 8k/2 bendi uyarınca, deney hayvanı kullanımı olmayan çalışmalar için HADYEK onayı gerekmemektedir.

Gereğini bilgilerinize rica ederim.



Prof. Dr. Mehmet Dinçer BİLGİN
ADÜ-HADYEK Başkanı

ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı : SEFEROĞLU Yiğit

Uyruk : T.C.

Doğum yeri ve tarihi : İzmir / 07.06.1993

E-mail : ysefer93@gmail.com

Yabancı Dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi
Doktora	xxx	
Y. Lisans	xxx	
Lisans	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi	30.06.2016

BURSLAR ve ÖDÜLLER

xxx

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Ünvan
2017-	Kılıç Deniz Ürünleri A.Ş	Sorumlu Veteriner Hekim