

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI



**TÜRKİYE’NİN GÜNEY DOĞU SAHİLLERİNDEN TOPLANAN
MAVİ YENGEÇLER (*Callinectes sapidus*)’DE ESANSİYEL OLMAYAN
BAZI METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Türkan REYHANİOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Fatih SAKİN

HATAY- 2020

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE’NİN GÜNEY DOĞU SAHİLLERİNDEN TOPLANAN
MAVİ YENGEÇLER (*Calinectes sapidus*)’ DE ESANSİYEL OLMAYAN
BAZI METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Türkan REYHANIOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Fatih SAKİN

Bu tez, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 18.YL.039 nolu proje olarak desteklenmiştir.

HATAY- 2020

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE’NİN GÜNEY DOĞU SAHİLLERİNDEN TOPLANAN
MAVİ YENGEÇLER (*Callinectes sapidus*)’DE ESANSİYEL OLMAYAN
BAZI METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Türkan REYHANİOĞLU

Bu tez aşağıda isimleri yazılı tez jürisi tarafından 01/ 07/ 2020 günü sözlü olarak yapılan tez savunma sınavında oyçokluğu/oybirliği ile kabul edilmiştir.

Tez Jürisi: Jüri başkanı:	Prof. Dr. Fatih SAKİN	()
Üye:	Doç. Dr. Mustafa YİPEL	()
Üye:	Doç. Dr. Orhan ÇORUM	()

Bu tez, Enstitümüz Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim Halil ÇERÇİ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Başta öğrencisi olmaktan onur duyduğum, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince değerli bilgileri ve engin tecrübelerinden faydalandığım danışmanım ve değerli hocam Prof. Dr. Fatih SAKİN'e çok teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımın yakından ilgilenen ve tez yazım sürecinde bana her türlü desteği gösteren, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi birikimi ve fikirleri ile her zaman yanımda olan Doç. Dr. Mustafa Yipel ve Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Ozan TEKELİ hocalarıma teşekkür ederim.

Tez yazım aşamasının her anında yanımda olan bana her türlü desteği veren, beni psikolojik olarak rahatlatan dostum Fatma ALTUN KALKAN 'a çok teşekkür ederim.

Tez yazım aşamasında bilgilerini paylaşan, yol gösteren Arş. Gör. Seydi Ahmet ŞENGÜL'e teşekkür ederim.

Tez yazım sürecinin her aşamasında bana her türlü destekte bulunan moleküler biyolog Halil İbrahim Duman kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstatistiksel analizleri nasıl yapılacağı hakkında fikir veren, yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Akın YAKAN'a teşekkür ederim. Mustafa Kemal Üniversitesi Teknoloji ve Ar-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi öğretim elemanlarına yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın araştırma konusu olmasında maddi katkı sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Mavi yengeç örneklerini temin etmemi sağlayan ve her konuda destek olan, zamanını ayıran eşim Ali REYHANİOĞLU'na sonsuz şükranlarımı sunuyorum. Tüm hayatımda ve eğitimim süresince varlıkları ile ışığım olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
ÖZET.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Ağır Metaller ve Genel Özellikleri.....	2
2.2. Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Çevresel Etmenler.....	3
2.3. Ağır Metallerin Toksik Etkileri.....	5
2.4. Ekotoksikolojik Açıdan Önemli Bazı Metaller.....	8
2.4.1. Kurşun (Pb).....	8
2.4.1.1. Kurşunun Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	9
2.4.1.2. Kurşunun Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	9
2.4.2. Kadmiyum (Cd)	10
2.4.2.1. Kadmiyumun Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	10
2.4.2.2. Kadmiyumun Sağlık Üzerindeki Etkileri	10
2.4.3. Cıva (Hg)	11
2.4.3.1. Cıvanın Özellikleri ve Kullanım Alanları	11
2.4.3.2. Cıvanın Sağlık Üzerindeki Etkileri	12
2.4.4. Arsenik (As).....	13
2.4.4.1. Arseniğin Sağlık Üzerindeki Etkileri	14
2.4.5. Bakır (Cu).....	15
2.4.5.1. Bakırın Özellikleri ve Kullanım Alanları	15

2.4.5.2. Bakırın Sağlık Üzerindeki Etkileri	15
2.4.6. Çinko (Zn)	16
2.4.6.1. Çinkonun Özellikleri ve Kullanım Alanları	17
2.4.6.2. Çinkonun Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	17
2.4.7. Nikel (Ni)	18
2.4.7.1.Nikelin Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	18
2.4.8. Krom (Cr)	19
2.4.8.1.Kromun Sağlık Üzerindeki Etkileri.....	19
2.5. Sularda Ağır Metal Kirliliği ve Kirliliğe Yol Açan Etmenler.....	20
2.6. Ağır Metallerin Denizdeki Canlılar Tarafından Alınımı ve Birikim Mekanizmaları	24
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	27
3.1.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar.....	27
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Mavi yengeç (<i>Callinectes sapidus</i>) Örneklerinin Temini.....	28
3.2.2. Numunelerin Analiz için Homojenize Edilmesi.....	28
3.2.3. Doku örnekleri için yakma prosedürü	29
3.2.4. Kullanılan Kimyasalların Hazırlanışı.....	29
3.2.4.1 Kurşun Analizi.....	30
3.2.4.2 Kadmiyum analizi.....	32
3.2.4.3 Nikel analizi.....	33
3.2.4.4 Arsenik analizi.....	35
3.2.4.5 Cıva Analizi.....	37
3.2.5. İstatistiksel Analizler.....	38
4.BULGULAR.....	40
4.1. Mavi Yengeçlerin Ağır Metal Konsantrasyonları.....	40
4.1.1. Dörtyol istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularında ki ağır metal düzeyleri.....	40
4.1.2. Samandağ istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri.....	41

4.1.3. İskenderun istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas,.....	
solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri.....	42
4.1.4. İstasyonlar arası karşılaştırmada mavi yengeçlerde ki ağır metal düzeyleri.....	42
4.1.5. Mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularında ki ağır metal	
düzeyleri.....	43
5. TARTIŞMA.....	45
6. SONUÇLAR	55
7. KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı.....	3
Şekil 3.1. Örneklerin toplandığı bölgeleri (Samandağ, İskenderun, Dört Yol) gösteren harita.....	28
Şekil 3.2. Pb analizine ait kalibrasyon grafiği.....	31
Şekil 3.3. Cd analizine ait kalibrasyon grafiği.....	33
Şekil 3.4. Ni analizine ait kalibrasyon grafiği.....	35
Şekil 3.5. As analizine ait kalibrasyon grafiği.....	36
Şekil 3.6. Cıva analizine ait kalibrasyon grafiği	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Alıcı ortama ait kabul edilebilir ağır metal değerleri	24
Çizelge 2.2. Çift Kabuklu Yumuşakçalarda Kimyasal, Kabul Edilebilir Ağır Metal Değerleri	26
Çizelge 3.1. Pb analizi için GFAAS'nin çalışma koşulları	31
Çizelge 3.2. Cd analizi için GFAAS'nin çalışma koşulları.....	33
Çizelge 3.3. Ni analizi için AAAS'nin çalışma koşulları.....	35
Çizelge 3.4. As analizi için GFAAS'nin çalışma koşulları.....	37
Çizelge 3.5. Hg analizi için HGAAS'nin çalışma koşulları.....	38
Çizelge 4.1. Dörtyol istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri	41
Çizelge 4.2. Samandağ istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri	41
Çizelge 4.3. İskenderun istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri	42
Çizelge 4.4. İstasyonlar arası karşılaştırmada mavi yengeçlerde ki ağır metal düzeyleri...	43
Çizelge 4.5. Mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularında ki ağır metal..... düzeyleri	44

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Hg.....	Cıva
Sb.....	Antimon
Cd.....	Kadmiyum
Pb.....	Kurşun
As.....	Arsenik
Fe.....	Demir
Cu.....	Bakır
Zn.....	Çinko
Ni.....	Nikel
Cr.....	Krom
Mn.....	Manganez
Se.....	Selenyum
Al.....	Aliminyum
Co.....	Kobalt
Ca.....	Kalsiyum
Na.....	Sodyum
Mg.....	Magnezyum
P.....	Fosfor
K.....	Potasyum
KMnO ₄	Potasyum Permanganat
HNO ₃	Nitrik Asit
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
HCl.....	Hidroklorik Asit
KI.....	Potasyum İyodür
HClO ₄	Perklorik Asit
CrO ₃	Krom trioksit
MeHg.....	Metilcıva
AsH ₃	Arseniktrihidrit
DMA.....	Dimetil Arsinik Asit
MMA.....	Monometil Arsonik Asit

AAS.....	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre
cm ²	Santimetre Kare
g.....	Gram
kg.....	Kilogram
L.....	Litre
DNA.....	Deoksiribo Nükleik Asit
ROS.....	Reaktif Oksijen Türleri
m ³	Metreküp
mg.....	Miligram
ml.....	Mililitre
ng.....	Nanogram
ppm.....	Milyonda Bir
ppb.....	Milyarda Bir
%.....	Yüzdelik Dilim
µl	Mikrolitre
±.....	Ortalama
Mg.....	Mikrogram
°C.....	Santigrat
R ²	Regrasyon Katsayısı

ÖZET

Türkiye'nin Güney Doğu Sahillerinden Toplanan Mavi Yengeçler (*Callinectes sapidus*)' de Esansiyel Olmayan Bazı Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Bu çalışma Türkiye'nin Güney Doğu sahillerinden toplanan mavi yengeçlerde (*Callinectes sapidus*) bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirildi.

Çalışmada Hatay ilinin İskenderun, Dört Yol ve Samandağ ilçelerinden, her istasyondan 10'ar adet olmak üzere toplam 30 adet mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) kullanıldı. Yengeçlerin kas, hepatopankreas ve solungaç dokularında Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd) Arsenik (As), Nikel (Ni) ve Cıva (Hg) ağır metal düzeyleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (AAS) cihazında ölçülerek değerlendirildi.

Dört Yol istasyonu Hg düzeyi diğer iki istasyondan yüksek bulunurken ($p<0,05$) diğer metal düzeyleri bakımından istasyonlar arasında fark bulunamadı. Cd düzeyleri hepatopankreas dokusunda, As ve Ni düzeyleri solungaç dokusunda, Hg düzeyleri ise kas dokusunda diğer dokulara göre yüksek bulundu ($p<0,05$). Pb sadece Dört Yol ve İskenderun istasyonundan alınan mavi yengeçlerin solungaç dokularında tespit edildi. Mavi yengeç dokularında tespit edilen As düzeyleri çift kabuklu yumuşakçalar için kabul edilebilir ağır metal limitlerinden yüksek bulunurken, Cd, Pb ve Hg düzeyleri ise limitlerden düşük olarak belirlendi.

Sonuç olarak, doğal ve besin değeri yüksek mavi yengeçlerin düzenli periyotlarla ağır metal kirliliği açısından takip edilmesinin, gelecekte ekosistem ve insan sağlığının riske girmemesi açısından önemli olduğu değerlendirildi.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, AAS, Mavi yengeç, Hatay.

ABSTRACT

Measurement of Non-Essential Metal Levels in Blue Crabs (*Callinectes sapidus*) That Collected From Turkey's South East Coast

This study was performed to determine the levels of some heavy metals that were gathered from Turkey's South East Coast blue crabs (*Callinectes sapidus*).

In study, from districts of Hatay that include Iskenderun, Dörtyol, and Samandağ a total of 30 blue crabs (*C. sapidus*), 10 from each station, were used. Lead (Pb), Cadmium (Cd), Arsenic (As), Nickel (Ni), and Mercury (Hg) heavy metal levels in the muscle, hepatopancreas, and gill tissues of crabs were measured and evaluated by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) device.

While the Dörtyol station Hg level was higher than the other two stations ($p < 0.05$), there was no difference between the stations in terms of other metal levels.

Cd levels in hepatopancreatic tissue, As and Ni levels in gill tissue and Hg levels in muscle tissue were found higher compared to the other tissues ($p < 0.05$). Pb was detected only in the gill tissues of blue crabs taken from Dörtyol and Iskenderun stations. While As levels detected in blue crab tissues were higher than acceptable heavy metal limits for bivalve mollusks, Cd, Pb, and Hg levels were determined to be lower than the limits.

As a result, it was evaluated that it is important to monitor the natural and nutritious blue crabs regularly in terms of heavy metal pollution in order not to risk the ecosystem and human health in the future.

Key words: Heavy metal, Blue crab, *Callinectes sapidus*, AAS, Hatay

1.GİRİŞ

Çevre, canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri, karşılıklı olarak etkileşim içinde bulundukları biyolojik, sosyal, fiziksel, ekonomik ve kültürel ortam olarak tanımlanmaktadır. Kirlilik; kirleticiler çeşitlerine göre fiziksel, biyolojik ve kimyasal kirlilik olarak üç grupta incelenebilir. Endüstriyel atıkların ve doğaya salınan kimyasal maddelerin karışımı sonucunda ortaya çıkan kirlilik kimyasal kirliliktir. İnsanoğlunun çeşitli faaliyetleri sonucu çevreye yayılan kirlilik bitki ve hayvanların yaşadığı bütün ortamları (toprak, deniz, hava, su) olumsuz yönde etkilemektedir. Toprağın, suyun ve ortamın kirlenmesi burada yaşayan canlılar için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Doğal kaynakların aşırı dengesiz kullanımı sonucu oluşan, çevre sorunları ve tahribatları, insanlar dahil dünyadaki her türlü canlıların yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşmıştır. En önemli tehlikelerin başında ekolojik dengeyi tehdit eden, çevre sorunları gelmektedir. Çevresel kirlilik kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır. Nüfusun artmasına paralel olarak çevre kirliliği de her geçen gün hızlanarak artmış ve yaşam kaynaklarının daha çok kirlenmesine neden olmuştur. Ekosistemin parçasını oluşturan su, ekosistem içinde hava ve toprağa oranla kirlenmeye en çok maruz kalmaktadır. Bunun nedeni su ortamının kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanılmasıdır. Yapay tarımsal gübreler, yapay organik kimyasal maddeler, atık ısı, pestisitler, organik maddeler, petrol türevleri, deterjanlar, radyoaktivite, endüstriyel atıklar, inorganik tuzlar doğal dengeyi bozan kirleticiler olarak nitelendirirler. Ekolojik dengeyi tehdit eden ağır metaller ise endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer almaktadır. Çevre koşullarına dayanıklı olan ağır metaller, besin zincirine kolaylıkla girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeni ile kimyasal kirleticiler olarak ilk sırayı oluşturmaktadırlar (Kaya ve ark.1998, Yarsan ve ark. 2000, Yipel ve Yarsan 2012, Uzunoglu 1999).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağır Metaller ve Genel Özellikleri

Yer kabuğunda doğal olarak bulunan metaller; yüksek elektrik iletkenliği, yumuşaklığı ve parlaklığı olan, katyonları oluşturmak için elektronlarını kaybeden maddelerdir (Jaishankar ve ark. 2014). Tanımlanan 106 elementten yaklaşık 80 tanesine metal adı verildi. Bu metalik elementler iki gruba ayrılır: Fizyolojik fonksiyonların ve biyokimyasal olayların devam etmesi için gerekli olan esansiyel (Fe ve Ca vb.) elementler ile Cd ve Pb gibi toksik olan elementlerdir (Wang ve ark. 2009, Naja ve Volesky 2009).

Ağır metaller genel olarak 5 g/cm³'den daha fazla spesifik yoğunluğa sahip olan, canlı organizmaları ve çevreyi olumsuz etkileyen inorganik elementlerdir (Jaishankar ve ark. 2014). Ağır metaller, yüksek atom ağırlığına sahip doğal maddelerdir, doğal olaylar ve insan faaliyetleri tarafından serbest bırakılırlar. Endüstriyel, evsel, tarımsal, tıbbi ve teknolojik gibi çok çeşitli kullanım alanları, çevredeki geniş dağılıma yol açarak insan sağlığı ve çevre üzerindeki potansiyel etkileri konusunda kaygı uyandırmaktadır (Karri ve ark. 2016). Son yirmi yılda, "*ağır metal*" terimi çeşitli yayınlarda, kimyasal tehlikeler ve kimyasalların güvenli kullanımı ile ilgili konularda sıklıkla kullanılmaktadır. Genellikle grup adı olarak kullanılan metaller ve yarı metaller (metalloidler); kontaminasyon, potansiyel toksisite veya ekotoksikite ile ilişkilendirilmiştir. "*Ağır metaller*" in toksik veya ekotoksik özelliklere sahip olduğu varsayılmıştır. Metaller kimyasal olarak "*elektrik ileten, metalik parlaklığa sahip, yumuşak, biçimlendirilebilen ve katyon oluşturan, temel oksitlere sahip*" elementler olarak tanımlanmaktadır (Duffus JH 2002).

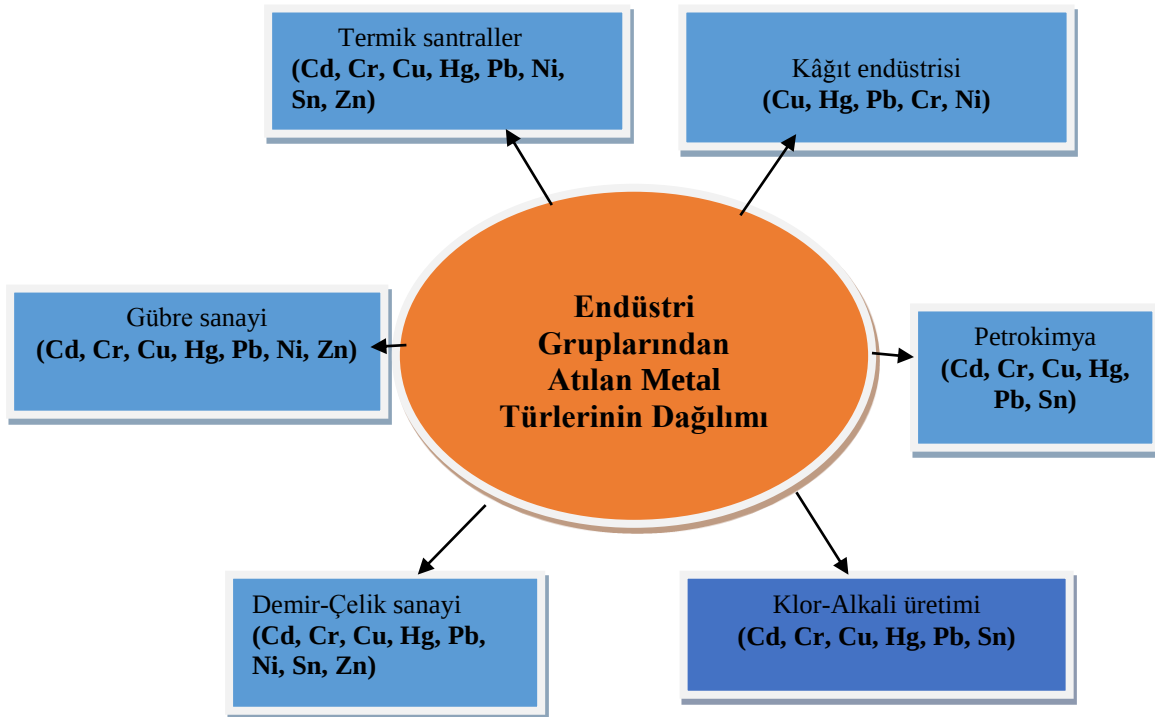
Ağır metaller kullanılmaya başlanıldığından bu yana farklı amaçlarla işlenmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçların başında madencilik, petrokimya sanayi, cam-seramik sanayi, kâğıt endüstrisi, demir-çelik sanayi, enerji üretimi ve gübre üretimi gibi önemli endüstriyel faaliyetler gelmektedir. Endüstriyel faaliyetlerin kontrolsüz kullanımı, üretimi, işlenmesi, doğaya atılan şehirsal atıklar ağır metal kirliliğinin hızla artmasına sebebiyet vermektedir. Toksik etkisi bilinmeyen ağır metaller eski çağlarda çok yaygın kullanılmıştır. Yıllanmış şaraplara tat vermek amaçlı Antik Roma da kullanılan Pb asetatın kullanımı sonucunda ortalama bir Romalı günde en az 1 gr Pb tüketmiştir. Cıvayı çocuklarda

ve yeni doğarlarda diş ağrısı tedavisinde kullanan Romalılar ilerleyen dönemlerde (MS 1300-1800) frengi tedavisi için kullanmışlardır (Yavuz ve Sarıgül 2016).

2.2. Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Çevresel Etmenler

İnsanlar ağır metallerin etkilerini bilmeden yüzyıllar boyunca takı, silah, su borusu vb. amaçlar için kullanmışlardır. Ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile birlikte endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmış ve ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk zehirlenmeler Japonya’da ortaya çıkmıştır (Kahvecioğlu ve ark. 2003).

Çevrede bildirilen ağır metal kaynakları arasında jeojenik, endüstriyel, tarımsal ilaç, evsel atıklar ve atmosferik kaynaklar bulunur. Ağır metallerden oluşan çevre kirliliği madencilik, dökümhaneler ve ergiticiler gibi alanlardan ve diğer metal bazlı endüstriyel operasyonlardan kaynaklanmaktadır (Tchounwou ve ark. 2012). Endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı (Duffus JH 2002).

Ağır metallerin çevrede yaygın bulunmasının nedeni bu metallerin tarım, sanayi, evsel, tıbbi ve diğer birçok alanda kullanılmasıdır. Ağır metallerin toksisitesi; miktar, maruz kalma yeri, ilgili metal türü, yaş, cinsiyet, maruz kalmış kişilerin beslenme ve kalıtsal durumları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Toprak, ağır metal birikiminin ana kaynağıdır. Toprağın ağır metallerle kirlendiği en yaygın mekanizma alanları, atık su ile sulanan alanlardır. Atık sulardan toprağa geçen ağır metaller, topraklarda yetişen sebzelerde birikerek insan sağlığı açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır (Khalil ve ark. 2017).

Ağır metaller, yer kabuğunun tamamında bulunan doğal elementler olmasına rağmen genel olarak çevresel kirlilik; tarımda kullanılan metaller, endüstriyel üretim, maden, döküm işlemleri ve insanların antropojenik aktiviteleri sonucunda meydana gelmektedir. Çevresel kirlenme; metal korozyonu, atmosferik çökeltme, metal iyonlarının toprak erozyonu, ağır metallerin süzülmesi, çökelti süspansiyonu ve su kaynaklarından toprağa ve yer altı sularına metal buharlaştırılması yoluyla da oluşabilir. Volkanik patlamalar gibi doğal olaylar da ağır metal kirliliğini önemli ölçüde etkilemektedir (Tchounwou ve ark. 2012).

Kentleşme, teknolojik ilerleme, bilinçsiz tarım uygulamaları ve hızlı sanayileşme gibi insan faaliyetleri sonucunda artan çevre kirliliği, büyük bir problem haline gelmektedir (Ojuederie ve Babalola 2017).

Ağır metaller ile oluşan çevre kirliliği dünyada ciddi bir sorun haline gelmiştir. Bu elementlerin çevrede yol açtığı kirlilik sorunu, artan sanayileşme ve doğal biyojeokimyasal bozulmalarla artarak daha ciddi bir sorun haline gelmiştir (Ali H ve ark. 2013). Ağır metaller kıyı ve deniz çevresine; endüstriler, atık sular ve evsel atıklar dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan antropojenik olarak getirilir (Naser HA 2013).

Ağır metaller, doğal ve antropojenik kaynaklardan çevreye yayılırlar. En önemli doğal kaynaklar; minerallerin aşınması, erozyon ve volkanik aktivitelerdir. Antropojenik kaynaklar arasında ise madencilik, eritme, elektrokaplama, zirai mücadele ilaçları ve fosfat gübreleri vb. yer almaktadır (Ali H ve ark. 2013). Metaller, doğal ve kirli atıklardan gelen organizmalar tarafından toplanmakta ve biriktirilmektedir. Burada biriken metaller kıyı topluluklarından, gemilerden, nehirlerden ve atmosferik çökeltilerden doğrudan boşaltımlar yoluyla ve arazi akıntısı yoluyla estuarin (gelgitin görüldüğü kıyılarda su basmasına uğrayan akarsu ağzı) ekosistemine girmektedir. Metal kirliliğinin özellikle büyük bir kısmı, büyük şehirler tarafından üretilen, endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklanmaktadır (Chaiyara ve ark. 2013).

Ağır metaller, toksisiteleri, yüksek kalıcılığı, biyolojik olarak parçalanamaması ve organizmalarda biyolojik olarak birikme eğilimleri nedeniyle, su ortamının ciddi kirletici maddeleri olarak kabul edilir (Wang ve ark. 2005).

Metal içeren endüstriyel atıklar, hidrosferik metal kirliliğinin önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Dağılımın diğer bir yolu, maden ve ergitme ünitelerinden çıkan atıklar tarafından kirletilmiş toplama alanlarındaki suyun drenaj ile hareketidir. Toksik metaller büyük oranda endüstriyel atıklar, organik atıklar, çöp yakma, nakliye ve enerji üretimi vasıtasıyla çevreye dağılır. Gaz veya partikül halindeki maddelere bağlı olarak rüzgarla birkaç mil uzakta olan yerlere taşınabilirler. Metalik kirleticiler toprak veya su yollarının yüzeyine hava ile taşınabilirler (Mahurpawar M 2015).

Gelişmekte olan birçok ülkede endüstriyel ve tarımsal sektörlerde ağır metal kullanımının artması, bu toksik ağır metallerin çevreye salınmasına neden olmuştur. Deniz organizmalarında birikme kabiliyeti gösteren toksik ağır metaller en büyük endişe kaynağı olan kirleticiler olarak sınıflandırılır (Sobihah ve ark. 2018).

Ağır metaller, kirleticilerle ilgilidir, çünkü bunlar biyolojik olarak bozunmazlar ve belirli bir konsantrasyona ulaştıklarında, çevreye oldukça zarar verirler. Sedimentler, bu kirleticilerin önemli kaynakları olarak düşünülür ve çevresel risk değerlendirmesinde animatör rolü oynar. Çevrede bulunan ağır metal kaynakları arasında, akarsu, kayaçların hava atması ve nehir kıyısı erozyonu gibi doğal kaynaklar ile insan kaynaklı; tarımsal faaliyetler ve sıvı atıkların bertarafı, endüstriyel ve kentsel atıksu deşarjları bulunmaktadır.

Ağır metallerin ve askıda kalan partiküllerin çoğu (deniz suyu, hava koşulları, atık su deşarjı) insan ve insan dışı faktörler tarafından taşınır ve sudaki düşük ortamlardan dolayı yüzey sedimanlarında yoğunlaşır. Arsenik (As), bakır (Cu), çinko (Zn), krom (Cr), kurşun (Pb), vb. ağır metaller genellikle tortularda ve tarım topraklarında, gel-git bölgelerinde, su sistemlerinde ve sulak alanlarda bulunan metalik kirleticilerdir. Kuşkusuz, nehir ve göl çökelleri sadece ağır metaller için bir birikim alanı değil, ayrıca su sistemlerinde potansiyel ikincil ağır metal kaynakları olarak kabul edilir (Yarahmadi ve Ansar 2018).

2.3. Ağır Metallerin Toksik Etkileri

Ağır metal kirliliğinin ekosisteme ve insan sağlığına yönelik başlıca tehditleri, atmosferdeki kimyasal kirleticilere maruz kalma ile ilişkilidir. Bu kirleticiler genellikle canlı vücutlarında hayati organlarda birikirler, dolaşım, merkezi ve periferik sinir sistemlerine zarar verirler (Rajeshkumar ve ark. 2018).

Metaller bitkilerin ve hayvanların biyolojik faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gereklidir. Fakat metallerin yüksek dozda alınması canlılarda metabolik reaksiyonların olumsuz etkilenmesine sebep olur (Ojuederie ve Babalola 2017).

Ağır metaller toksisite ve biyoakümülyasyon özellikleri nedeniyle insan sağlığı, canlı organizmalar ve doğal ekosistemler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadırlar (Naser HA 2013).

İnsanların toksik metallere maruziyeti son yıllarda gelişmiş ülkelerde düşüş göstermektedir, ancak dünyanın diğer bölgelerinde (çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde) artmaktadır. Bu bölgelerde yapılan araştırmalar metal maruziyetinin halen yaygın olduğunu göstermektedir. Metaller, sistemik toksik maddelerdir. Düşük seviyelerde maruz kalınsa bile, çoklu organ hasarına neden olduğu bilinmektedir (Karri ve ark. 2016).

Ağır metaller düşük konsantrasyonlarda sitotoksiktir ve insanlarda kansere neden olabilirler. Bu toksik metaller, kontamine olmuş gıdalarda besin zinciri yoluyla tüketildiğinde vücutta birikebilir ve canlı organizmalar için sağlık riskleri oluşturabilirler. Ayrıca oksidatif stres ve serbest radikallerin üretilmesine neden olabilirler. Oksijen radikalleri (süperoksit ve hidroksil) içeren reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşturulması yoluyla temel hasara yol açarlar. Ağır metal toksisitesi, hücreleri koruyan antioksidan (glutasyon, süperoksit dismutaz vb.) sistemleri azaltarak ROS üretimini artırır. Bu durum devam ederse, organizmanın normal çalışması etkilenir ve hücrenin ölümüne neden olabilir (Ojuederie ve Babalola 2017).

Deniz organizmaları tarafından alınan ağır metaller hayati organlarda biyolojik olarak sınıflandırılarak organizmaların dolaşım ve merkezi sinir sistemlerine zarar verir. Üstelik, ağır metallere aşırı maruz kalınması, kronik kalp hastalığı ve mortaliteye ayrıca kanserojen etkiye bile yol açabilir (Sobihah ve ark. 2018).

Metallere maruziyet, mesleki faaliyetler sırasında; başta madencilik ve endüstride inhalasyon, dermal yol, kontamine su ve gıda tüketimi vasıtasıyla meydana gelebilir (Rebelo ve Caldas 2016). Çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik işlevler için bakır (Cu), demir (Fe), manganez (Mn), nikel (Ni) ve çinko (Zn) gibi temel elementler gereklidir; buna karşın kadmiyum (Cd), krom (Cr), cıva (Hg), kurşun (Pb), arsenik (As) ve antimon (Sb) vücut için gerekli değildir ve bu yüzden gerekli olmayan elementler sınıfına dahildirler. Canlı organizmalar için eser miktarda esansiyel metale ihtiyaç duyulur ancak bu metallere yüksek konsantrasyonda maruziyet toksik etkilere sebep olabilmektedir. Bununla birlikte Cd, Cr, Hg, Pb, As ve Sb gibi esansiyel olmayan metaller oldukça toksiktir ve toksisitelerini düşük

dozlarda bile gösterebilirler. Bu metaller besin zincirinde birikebilir ve zamanla biyoakümülyasyona bağı olarak kanserojen ve insan sağığına yönelik diğerk olumsuz riskleri oluşturabilirler. Araştırmalar, çevresel olarak ağır metallere maruz kalmanın kanser, şeker hastalığı, böbrek yetmezliği ve sinir sistemi gibi hastalıklara sebep olma riskinin arttığını bildirmektedir (Mohamed ve ark. 2016). Toksikolojik açıdan, metalle kirlenmiş deniz ürünlerinin aşırı tüketimi, insanlarda toksisiteye neden olabilir. Ağır metaller biyobozunur olmayan inorganik kimyasallar olduğu için metabolize edilemez ve zararsız formlara ayırlamaz. Ağır metaller zamanla birikebilir, konsantrasyonları arttıkça daha fazla toksik bir tehdit haline gelebilirler. Metaller tek başlarına veya birlikte hareket ederek hastalığa neden olmaktadır. Cu, Pb ve Zn ağır metallere maruziyet kronik Parkinson hastalığı ile ilişkilendirilir (Yap ve ark. 2004). Genel olarak metal iyonlarının, memeli sistemleri üzerine toksisitesi hücresel, yapısal proteinlere sahip iyonlar, enzimler ve zar sistemleri ile kimyasal reaksiyona girmesine bağıdır. Hedef organlarıgenellikle, *in-vivo* olarak metal toksisite konsantrasyonlarını en yüksek biriktiren organlardır. Maruz kalınma metalin kimyasal bileşimine, uçuculuk, lipid çözünürlüğü vb. bağıdır. Metallerin, insan ve deney hayvanlarında akut ve kronik zehirlenmelere neden olduğu bilinmektedir (Mahurpawar M 2015). Ağır metaller organik maddelerden farklı olarak, biyolojik olarak parçalanamaz ve dolayısıyla çevrede birikirler. Topraklarda ve sularda ağır metallerin birikmesi çevre ve insan sağığı için bir risk teşkil etmektedir. Bu elementler, düşük trofik seviyelerden daha yüksek trofik seviyelere geçtikçe konsantrasyonları artar ve böylece canlı organizmaların vücut dokularında birikirler (Ali ve ark. 2013).

Birikmiş eser metal yoğunluğunun mutlak bir ölçekte yüksek veya düşük olup olmadığı, belirli bir dokuya ve ilgili spesifik omurgasızlığa bağı olarak birikmiş konsantrasyonun önemi değerlendirilemez. Dolayısıyla, bir tür için atipik olarak vücut konsantrasyonunda yüksek olarak biriken metal, bir diğeri için çok düşük olarak kabul edilebilir. Su omurgasızlarında biriken iz metal konsantrasyonları bu nedenle büyük ölçüde değişir (Rainbow PS 2002).

Ağır metaller yeryüzündeki besin zinciri sistemi aracılığıyla hayvanlarda ve insanlarda kolayca birikim eğilimi gösterirler. Bu elementlerin birikimi mide-bağırsak sistemi, iskelet, merkezi sinir sistemi, karaciğer, böbrekler ve üreme sistemlerine ciddi hasar verebilir. Bu hasar serbest radikaller gibi oldukça reaktif kimyasallar vasıtasıyla lipid peroksidasyon, DNA hasarı, proteinlerin sülfhidril gruplarının oksidasyonu, antioksidanların

tükenmesi gibi pek çok yolla ortaya çıkar. Toksik ağır metallere uzun süreli maruz kalma insanlarda ve hayvanlarda kanserojen etkilere neden olabilir. Bu nedenle toksik metal iyonlarının izlenmesi, çevrenin korunması, hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde önemli bir konudur (Farzin ve ark. 2017).

Ağır metallerin vücutta oluşturduğu etkiler, ağır metalin konsantrasyonuna bağlı olmanın yanı sıra redoks ve kompleks oluşturma yeteneğine, metal iyonunun yapısına, vücuda alınış şekline, çözünürlük değerine, kimyasal yapısına ve çevrede bulunma sıklığına bağlıdır. Vücutta oluşturdukları toksik etkinin temel nedeni, metabolik süreçlerde hücre içinde oluşturdukları bozukluklardır. Bu bozukluklar arasında DNA hasarı, oksidatif stresin artışına bağlı olarak oksidatif protein yıkımı, organik hastalıklar (böbrek hastalığı, alerji, egzama, astım, vb), mitokondri hasarı ve apoptozisin indüklenmesi, nörolojik bozukluklar (depresyon, migren, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı), otoimmün hastalıkları (Ülseratif kolit, Crohn hastalığı, romatizma vb.) sayılabilir. Ağır metallerin oluşturduğu bu sağlık sorunlarının çoğu tanı ve tedavi olanakları gerektiren kronik hastalıklar ya da kanserlerdir. Tedavi olanakları çoğunda kısıtlı olup sıklıkla ölüm gözlenebilmektedir (Özbolet ve Tuli 2016).

Ağır metaller insanlar için olduğu kadar diğer canlılar üzerinde de (bitki, hayvan ve mikroorganizmalar) olumsuz etkilere neden olmaktadır. Ağır metallerin mikroorganizmalar üzerinde oluşturduğu kirlilik; hücre duvarı, nükleik asit, protein yapısı ve yaşamsal sistemleri üzerinde olumsuz etkilere sebebiyet vererek yaşam süresini olumsuz yönde etkilemektedir. Ağır metal kontaminasyonunun fazla olduğu bölgedeki mikroorganizmalar biyoçeşitliliğin bozulması, ölüm ve türün tamamen yok olması gibi tehlikelerle karşı karşıya kalırlar. Mikroorganizmalar geliştirdikleri farklı sistemler ile ağır metal kirliliğinin olumsuz etkilerinden korunmaktadır (Yavuz ve Sarıgül 2016).

2.4. Ekotoksikolojik Açıdan Önemli Bazı Metaller

2.4.1. Kurşun (Pb)

Kullanılmakta olan en eski metallerden birisi de Pb'dir (Baba ve Bakar 2009). Tarih boyunca geniş endüstriyel kullanım alanlarına sahip olan Pb doğada bol miktarda bulunmaktadır. Pb'ye bağlı zararlı etkiler antik uygarlıklardan itibaren özellikle su sistemlerinde yoğun olarak kullanılmış ve o günlerden fark edilmeye başlanmıştır. Ekolojik sistemde metal ve bileşik hallerinde bulunan Pb her iki şekilde de toksik özellik taşır. 1920'li

yıllarda benzine ilave edilen Pb bileşiklerinin ekolojik sisteme yayılması önemli rol oynamıştır (Baba ve Bakar 2009).

Musluk suyunda bulunan Pb, doğal kaynaklardan çözülme veya Pb içeren boru hatları tesisat sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Tesisat sistemindeki Pb miktarı, asidite (pH), su yumuşaklığı ve suyun durma süresi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Gıdalar, toprakta doğal olarak ortaya çıkan, atmosferik serpinti sonucu oluşan veya pişirme için kullanılan su kaynakları vasıtasıyla Pb'ye kontamine olabilirler (Wang ve ark. 2009).

2.4.1.1. Kurşunun Özellikleri ve Kullanım Alanları

Kurşun, çevrede ağır elementlerin en yaygın bulunanlarından biridir. Pb ortalama molekül ağırlığı 207.2 g/mol'dür. Korozyona karşı dayanıklı ve düşük erime noktasına (327 °C) sahip yumuşak bir metaldir. Evrensel olarak içme suyu açısından, Pb bileşimlerinin sıhhi tesisat teçhizatlarında ve su dağıtım sistemlerinde lehim olarak kullanımı önem taşımaktadır (Wang ve ark. 2009). Pb içeren diğer önemli sanayi ürünleri arasında borular, boyalar, lehimler, cam, çömlek parlatma, kauçuk, plastikler ve insektisit gibi maddeler bulunur (Landis ve Yu 2003).

2.4.1.2. Kurşunun Sağlık Üzerindeki Etkileri

Kurşun, solunum, yeme, deri teması (başlıca mesleki maruziyetin bir sonucu olarak) yoluyla vücut tarafından alınır ya da plasenta aracılığıyla geçebilir. Yetişkinlerde yutulan Pb'nin yaklaşık %10'u vücutta absorbe edilir. Küçük çocuklar gıdalardan alınan Pb'nin %40 ila %53'ünü absorbe eder. Pb absorbe edildikten sonra, yumuşak dokulara dağılım gösteren "hızlı döngü" biyolojik havuzuna (kan, karaciğer, akciğer, dalak, böbrek ve kemik iliği) veya ağırlıklı olarak iskelet kemiklerine dağıtım yapan "yavaş döngü" havuzuna girer (Wang ve ark. 2009). Pb zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmelerde beyin hasarı ve ölüm gerçekleşebilir. Küçük yaşta (bebekler ve çocuklar) Pb'ye kronik olarak maruz kalındığında öğrenme bozuklukları, zekâ geriliği ve hiperaktivite ile kan basıncı yüksekliği, kronik anemi, periferik sinir hasarı görülebilmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Pb birikimli genel bir zehirdir, Pb'un olumsuz sağlık etkilerinden en çok etkilenen hassas grup fetuslar, bebekler, altı yaşına kadar olan çocuklar ve hamile kadınlardır. Pb merkezi sinir sistemini ciddi şekilde etkilemektedir. Yetişkinlerde 100-120 µg/dL çocuklarda 80-100 µg/dL kan Pb seviyelerinde meydana gelen ensefalopati ile donukluk, huzursuzluk, sinirlilik, zayıf dikkat süresi, baş ağrısı, kas tremoru, halusinasyon ve hafıza kaybını içeren akut intoksikasyonun açık belirtilerini içerir (Wang ve ark. 2009).

2.4.2. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum gümüşü beyaz renkte bir metaldir ve nispeten yüksek buhar basıncına sahiptir. Cd genellikle nadir bulunan bir elementtir. Bitkilerde Cd'nin varlığı, Cd içeren aerosollerin doğrudan bitki yüzeylerine çökmesi ve Cd'nin köklerden emilmesi ile ortaya çıkabilir. Yengeç ve istiridye gibi bazı kabuklu deniz hayvanları, düşük seviyelerde Cd içeren sularda yaşasalar dahi Cd'yi belirli dokularında biriktirerek yüksek seviyede konsantre edebilirler (Wang ve ark. 2009).

2.4.2.1. Kadmiyumun Özellikleri ve Kullanım Alanları

Kadmiyum atom ağırlığı 112,4 g/mol ve erime noktası 321 °C olan gümüş beyaz bir metaldir. Dövülebilir ve yaprak haline getirilebilir. Metal alaşımlar oluşturmak için ağır metallerin çoğunluğuyla birleşir. Çevredeki biyolojik ömrü 10-25 yıl arasındadır (Landis ve Yu 2003). En yaygın kullanım alanı elektrokaplama, boya pigmentleri, plastikler, gümüş Cd piller, nakliye ekipmanları, makineler, fırın emayeleri, fotoğrafçılık ve televizyon fosforları dahil olmak üzere kaplama işlemleridir. Ni-Cd pillerde, güneş pillerinde ve pigmentlerde de kullanılmaktadır (Wang ve ark. 2009).

2.4.2.2 Kadmiyum'un Sağlık Üzerindeki Etkileri

Kadmiyum, canlı organizmalar için esansiyel olmayan toksik bir metaldir (Sfakianakis ve ark. 2015). Ağır metaller arasında suda çözünme özelliği en yüksek olan element Cd'dir. Cd'nin doğadaki yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli olmayan bir elementtir. İnsan vücudunda ilerleyen yaşla beraber artış gösteren Cd seviyesi 50' li yaşlarda genellikle maksimum seviyesine ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Yeni doğmuş bebeklerde bulunmaz ve plasenta ya da kan yoluyla anne karnındaki fetüse geçmemektedir. İnsanlar Cd metalini başlıca gıdalar yoluyla almaktadır. Karaciğer, mantar, kabuklu deniz ürünleri, midye, kakao tozu ve deniz yosunu gibi Cd bakımından zengin olan gıdalarla beslenen canlıların vücudunda Cd düzeyi yükselebilir. Sigara içen insanlar yüksek miktarda Cd ağır metaline maruz kalırlar. Akciğerlere taşınım tütün yoluyla gerçekleşir. Kan yoluyla vücudun diğer kısımlarına da taşınır. Vücudun bu kısımları da toksik etkiye maruz kalmış olabilir.

Tehlikeli atık bölgelerine veya Cd'yi hava yolu ile serbest bırakan fabrikalara yakın yerlerde yaşayan ve metal rafinasyon endüstrisinde çalışan insanlarda yüksek miktarda maruziyet görülmektedir. Cd metalini solunum yolu ile alan insanlar da ciddi akciğer hastalıkları görülebilir ve bu durum ölüme bile neden olabilir. Kan yolu ile karaciğere

taşınan Cd, burada kompleks oluşturmak için proteinlerle birleşerek, böbreklere taşınır. Böbreklerde biriken Cd, kanı süzme mekanizmasına zarar verir ve böbrek rahatsızlıklarına neden olabilmektedir. Canlı vücudunda biriken Cd'nin atılımı böbrekler vasıtasıyla gerçekleşir. Merkezi sinir sistemi ve bağışıklık sisteminde bozukluklara, ishal, karın ağrıları, kusma, kemik kırılması, DNA hasarı ve kanser gelişimi, üreme bozuklukları ve kısırlık ile psikolojik bozukluklar Cd'nin neden olduğu diğer sağlık sorunlarından (Lenntech, 2018).

2.4.3. Cıva (Hg)

Cıva, -38.9 °C' de eriyen yoğun, gümüşü beyaz bir metaldir. Hg ve bileşikleri, dış preparatlarında, termometrelerde, floresan ve ultraviyole lambalarda, boyalarda, fungusitlerde, endüstriyel proses suları ve tohum sargılarında bulunurlar. Birçok Hg bileşiği uçucudur ve çoğu Hg buharı oluşturacak şekilde ayrışır. Elemental Hg, ortam sıcaklıklarında dahi önemli derecede buhar basıncı meydana getirir. Hg, tek değerli ve iki değerli iyonlar halinde bulunur. Hg metal, Hg buharı veya uçucu organik Hg bileşikleri olarak atmosfere girebilir. Uçucu organo-cıvaların oluşumu mikrobiyal, hayvansal veya bitki metabolik aktivitesi yoluyla ortaya çıkabilir. Bu doğal süreçler, atmosferik ortamda önemli miktarda Hg dolaşımıyla sonuçlanır. Tortulardaki inorganik cıva, anaerobik koşullar altında, mikroorganizmalar tarafından organik Hg bileşiklerine dönüştürülebilir. Bunların en yaygın olanı metil cıvadır. Bu bileşikler askıda kalmış organik maddelerle kolaylıkla ilişkilendirilebilir ve suda yaşayan organizmalar tarafından alınabilir. Metil cıva, lipitlere yüksek oranda bağlıdır ve canlı organizmaların yağ dokularına dağılır (Wang ve ark. 2009). Sanayi kuruluşlarının deniz sahilleri çevresinde yoğunlaşması sonucu oluşan çevresel kontaminasyon balık ve deniz canlılarının dokularında Hg düzeyinin artmasına neden olmaktadır (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

2.4.3.1. Cıvanın Özellikleri ve Kullanım Alanları

Cıva atom numarası 80, atom ağırlığı 200.59 g/mol suyun 13.6 katı yüksek özgül ağırlığa sahip bir elementtir. Kaynama noktası 357 °C' dir. Bu özellik maden ve amalgamlardan kolay ayrılmasına neden olur. Donma noktası 39 °C' dir. Hg, yüksek uçuculuğa sahip olması ve iyi elektrik iletkenliği, mühürlü tip elektrik anahtarları ile rölelerinde olağanüstü bir kullanım sağlar. Birçok metal amalgam oluşturmak için Hg içinde erimektedir. Boyalara koruyucu olarak Hg bileşikleri eklenmektedir. Belli konsantrasyona sahip bileşikler tarımda pestisit olarak kullanılmıştır. Hg'nin bilinen bir biyolojik rolü yoktur ve yukarıda belirtildiği gibi Hg ve bileşikleri tüm canlı organizmalar için toksiktir.

Gelişen teknoloji ile özellikle plastiklerin üretiminde katalizör olarak kullanılan cıva, boya ve kâğıt sanayisinde, madencilikte, termometre, barometre ve diğer elektrikli cihazlarda selüloz üretiminde, elektrik ve çimento endüstrisinde ve diş tedavilerinde dolgu malzemesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Özbolat ve Tuli 2016, Carolin ve ark.2017). Bileşiklerinin birçoğu endüstriyel kimyada katalizör olarak kullanılır. Buna ek olarak, sokak ve otoyol aydınlatması için yüksek basınçlı ve Hg buharlı lambalar yaygın olarak kullanılmaktadır (Landis ve Yu 2013).

2.4.3.2. Cıvanın Sağlık Üzerindeki Etkileri

Vücuda alınan metalik Hg kana karışarak tüm dokulara kolayca ulaşır ve beyinde birikir. Akciğerden hızla emilen metalik Hg buharı merkezi sinir sistemine dağılarak; görme bozuklukları, güçsüzlük, aşırı sinirlilik, unutkanlık, el, kol, bacaklar ve başta titremeler gibi belirtilerin oluşmasına neden olabilir. İlerleyen seviyeleri sonucunda da periferik nöropati, böbrek yetmezliği ve karaciğerde işlev bozukluğu gözlenebilir. Hg metale temas yoluyla koruyucu giysiler olmadan dokunulduğunda ciddi zehirlenmelere yol açabilir. Hg'nin yüksek düzeylerdeki konsantrasyonu; solunum, kardiyovasküler, sinir sistemi ve ciltte işlev bozukluklarına sebebiyet verebilir (Özbolat ve Tuli 2016).

İnorganik Hg bileşikleri, bu bileşiklerin ana hedef organı olan böbrek tarafından hızla biriktirilir. Böbreklerdeki cıva, metalotionin formunda kompleks şeklindedir. Cıvanın metalotionin ile bağlanması Cd varlığında artış gösterir. İnsanların ve hayvanların bedenlerindeki fenil ve metoksietil tuzları Hg tuzlarına hızla indirgenir ve bu şekilde dağıtılırlar. Bu organo-cıvanın toksisitesi inorganik cıvalara dönüşme oranlarına (biyotransformasyon) bağlıdır; bu dönüşüm hızlı olduğu için kronik maruziyet durumlarında bu bileşiklerin toksisitesi inorganik cıva maruz kalımdan sonraki görülme durumlarına benzerdir. Solunan elemental Hg buharı, alveol zarından hızla dağılarak vücutta, toksik etkileri üreten Hg iyonlarına okside olmaktadır (Wang ve ark. 2009). Nörolojik bozukluklar ve böbrek hasarı Hg zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmelerdendir. Bunlara ek olarak diş etleri iltihabı, titreme, psikolojik değişiklikler ile hamilelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler kronik zehirlenme sonucunda gözlenebilmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010). Çevresel kirlenmeye neden olan cıvanın yaygın kullanımı sonucunda insanlardaki maruziyet farklı yollardan kaynaklanmaktadır. Amalgam dolgular veya balık tüketimi (metil cıva) gibi farklı yollardan maruziyete uğrayan insanların sağlığı ciddi bir şekilde tehdit altındadır (Özbolat ve Tuli 2016). Belirli Hg bileşikleriyle nörotoksikite arasında bir bağlantı

olduğu düşünülmektedir. Bu durum merkezi sinir sisteminin normal gelişimini etkilemektedir.

Cıvaya maruz kalma genellikle inorganik ve organik Hg olarak gerçekleşebilir. Dağılım, toksisite ve metabolizma büyük ölçüde cıvanın kimyasal formuna bağlıdır. Organik Hg (MeHg) beynin birçok farklı alanını ve bunlarla ilişkili fonksiyonları etkileyebilir. MeHg'ye maruz kalındığında fetal beynin yetişkin beyninden daha hassas olduğu varsayılmıştır. Hayvanlar üzerindeki *in-vitro* çalışmalar MeHg' nin Alzheimer hastalığına karıştığı düşünülen biyokimyasal işlemleri etkileyebileceğini ve aksonal dejenerasyonun MeHg' ye özgü olduğunu göstermiştir (Karri ve ark. 2016).

2.4.4. Arsenik (As)

Arsenik kaynama noktası 820 °C, erime noktası 614 °C, atom numarası 33, atom ağırlığı 74.91 g/mol olan metal ile ametal arasında bir özelliğe sahip periyodik cetvelin V A grubunda yer alan elementtir. Kimyasal olarak yarı metal (metalloid) olarak sınıflandırılır (Özbolat ve Tuli 2016). As önemli bir element olarak kabul edilir, ancak As bileşiklerinin birçoğu toksiktir. En toksik bileşik Arsin gazı (AsH₃)' dir (Bissen ve Frimmel 2003).

As bileşikleri inorganik ve organik olmak üzere sınıflandırılabilirler. İnorganik As bileşikleri yapısında karbon bağı bulunmayan, organik As yapısında karbon bağı bulunduran bileşikler olarak bilinmektedir. İnorganik As türleri arsenat ve arsenit, organik türlerinden bazıları ise metillenmiş türleri olan monometil As asit ve dimetil arsinik asittir. Sularda bulunan As türleri dimetil arsinik asit (DMA), arsenat, monometil arsonik asit (MMA) ve arsenittir. Kimyasal yapıya bağlı olarak arseniğin toksisitesi farklılık gösterebilir. Genellikle organik As türlerine göre çözünebilir inorganik As türleri daha toksiktir. Çünkü organik As normal şartlarda vücuttan kolayca atılır. Bunun yanı sıra arsenobetain ve arsenokolin gibi büyük molekül yapısına sahip As türleri toksik değildir. Arsenit, arsenattan 60 kat; inorganik As ise organik Asten 100 kat daha toksiktir (Özbolat ve Tuli 2016). As, doğal olarak oluşan bir element olup, kaya, toprak, su, hava ve gıdada bulunan dünya çapında bir kirleticidir. As iyonları karbon ve hidrojen ile kombine edildiğinde organik arseniği oluşturur. Dünyadaki birçok ülkede içme suyu için kullanılan inorganik As yer altı suyunda bulunur; organik As bileşikleri başta balık ve kabuklu deniz hayvanlarında bulunurlar. As, kayada, toprakta, suda ve havada yaygın olarak bulunan metaloitir. Demir dışı metallerin eritilmesi ve fosil yakıttan enerji üretimi, hava, su ve toprağın As kontaminasyonuna neden olan eritme faaliyetleri atmosferik kirliliğin en büyük antropojenik kaynağıdır. Diğer bulaşma

kaynakları, As'li zirai mücadele ilaçlarının ve odun koruyucularının imalatı ve kullanımıdır (Järup L 2003).

2.4.4.1. Arseniğin Sağlık Üzerindeki Etkileri

Doğal ve antropojenik yollarla As çevreye yayılabilmektedir. Yer altı suları, volkanik faaliyetler doğal kaynaklı, yiyecekler ve yakıtların kullanılması, ahşap koruma, sigara, pestisitler vb. ise antropojenik kaynaklı kirliliğe yol açmaktadır. Toksisitesi bulunduğu sınıfa direk olarak bağlıdır. İnorganik As, organik Asten daha toksiktir (Baba ve Bakar 2009).

Arseniğe maruziyetin büyük bir kısmı su ürünleri tüketimi vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Vücuda alınan As, gastro-intestinal sistem, dalak, böbrek, akciğer ve karaciğere yerleşir. Bu organlardan kısa zaman diliminde temizlenirler. Ancak keratine olan ilgisi nedeniyle keratinin fazla olduğu dokularda (saç, tırnak, deri) birikirler (Baba ve Bakar 2009).

İnorganik arseniğe maruz kalan canlılar çeşitli sağlık problemleriyle karşı karşıya kalırlar. Deride değişiklik ve akciğer tahrişi, midede ve bağırsaklarda tahriş, kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin oluşumunun azalması örnek olarak verilebilir. Fazla miktarda inorganik arseniğe maruz kalındığında cilt, akciğer, karaciğer ve lenf kanseri gibi kanser oluşum riskini arttırdığı ortaya koyulmuştur. Buna ek olarak fazla miktarda inorganik arseniğe maruz kalan canlılarda deri rahatsızlıklarına, enfeksiyonlara karşı direnç düşüklüğü, kalp rahatsızlıklarına, beyinde hasarlara ve kadınlarda kısırlık, hamilelerde düşüğe neden olabilmektedir.

İnorganik As akut toksisiteye sebep olur ve büyük miktarlarda alım gastro-intestinal semptomlara, kardiyovasküler ile merkezi sinir sistemlerinde ciddi bozukluklara ve sonuçta ölüme yol açabilir. Biyolojik olarak hayatını devam ettiren canlılarda, kemik iliği depresyonu, hemoliz, hepatomegali, melanoz, polinöropati ve ensefalopati gözlenebilir. İnorganik arseniğin yutulması, ciddi gangrenöz değişikliklere neden olarak periferik vasküler hastalığına neden olabilir. İçme suyu vasıtasıyla arseniğe maruz kalınması akciğer, mesane ve böbrek kanseri görülme riskine sebep olmaktadır. Ayrıca hiperkeratoz ve pigmentasyonda değişiklikler meydana gelmesi ile cilt kanseri ve diğer cilt lezyonlarının riskini artırabilmektedir (Järup L 2003). Arseniğin kronik olarak kanserojen etkilerinin tartışması uzunca bir süredir devam etmektedir. Cilt kanseri, kanser olmayan deri lezyonları ve iş sebebi ile oluşan hava yolu kanserleri bu etkilere örnek verilebilir. As zehirlenmesinin akut etkilerinden bazıları bulantı, kusma, diyaredir. Bunlara ek olarak akut zehirlenme kas

felçleri, görme bozukluğu, deri pigmentinde artma, böbrek ve karaciğer hasarı meydana gelmektedir. Kronik ve akut zehirlenme mide yoluyla olursa bu durum kesin olarak ölüme yol açabilmektedir (Baba ve Bakar 2009).

Çeşitli araştırmalar As toksisitesine maruz kalmanın arseniğin dozuna, sıklığına, süresine, biyolojik türe, yaşa ve cinsiyete ayrıca bireysel yatkınlıklara, genetik ve besleyici faktörlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Tchounwou ve ark. 2012).

2.4.5. Bakır (Cu)

Bakır ismini ilk bulunduğu yer olan Kıbrıs'ın Latincesinden (*aes cyprium* = Kıbrıs cevheri, *cyprium* ve daha sonra *Cuprum*) almıştır. M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır. Bakır ilk kez Mısırlılar tarafından üretilmiştir. Mekanik özellikleri alaşımlandırma yolu ile artırılarak M.Ö. 3000 yılından itibaren (Bronz Çağı) Anadolu, Yunanistan ve Hindistan'da kullanılmıştır. Cu metalinin çok farklı özelliklere sahip olması endüstride önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedenidir. Çekilebilme ve dövülebilme özellikleri yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınma ve korozyon direnci en önemli özellikleri arasında sayılabilir. Endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vb.) değişik amaçlı kullanılmasının sebebi çok çeşitli alaşımlara sahip olmasıdır. Canlılar üzerindeki etkisi, canlının büyüklüğüne ve kimyasal formuna bağlı olarak değişir. Zehir özelliğini küçük ve basit yapıli canlılarda gösterirken büyük canlılar da temel yapı bileşenidir (Kartal ve ark. 2004).

2.4.5.1. Bakırın Özellikleri ve Kullanım Alanları

Erime noktası 1083 °C, kaynama noktası 2300 °C, atom ağırlığı 63,57 g/mol, atom numarası 29, özgül ağırlığı 11,34 g/cm³ olan bileşik bakır elementidir. Çeşitli kaya ve minerallerde bol bulunan temel mikro besin elementlerinden biride bakırdır. Cu tesisat borularının üretimi, elektrik ve boya sanayisinde kullanılmaktadır. Geniş kullanım alanına sahip olan bakır tuzlarının tarımda fungusit ve veteriner hekimlikte antelmintik olarak yaygın kullanımı mevcuttur. Cu'nun organizmaya alınıp şekli farklı yollarla olmaktadır; tüketilen besinler, solunan hava, içilen su, bakır içeren bileşiklerin deriye teması yoluyla organizma içine girmektedir (Özbolat ve Tuli 2016).

2.4.5.2. Bakırın Sağlık Üzerindeki Etkileri

Bakır insan vücudunda tüm organ ve dokularda bulunmaktadır. Demirin hemoglobine bağlanması Cu sayesinde olmaktadır.

Cu beyin, kalp, mide, karaciğer ve bağırsağın çeşitli kısımlarında yüksek konsantrasyonlarda bulunur.

Temel bir besin maddesi olan Cu'nun emilimi ince bağırsaklarda gerçekleşir, vücuda dağılımı emilen Cu'nun aminoasitlere ve serum albüminine gevşek bir şekilde bağlanması ile gerçekleşir. Cu zehirlenmesinin belirtileri; bulantı, kusma, diyare ve midede yanmadır. Oral yolla gerçekleşen zehirlenmeler en ciddi zehirlenmelerdir. Cu elementi belli bir eşik değeri aştığında toksik etkiler gösterebilen bir metaldir. Yüksek derişimlerde maruz kalındığında başta karaciğer ve böbrek olmak üzere, pek çok dokuda patolojik değişiklikler görülebilir (Özbolat ve Tuli 2016).

Vücuttaki kemik, saç, deri ve bazı iç organların temel bileşeni Cu'dur. Vücut fonksiyonları açısından önem teşkil etmektedir. Cu birçok enzim ve proteinin yapısında bulunur ve aktivatör görevi görerek demirin işlevlerini yerine getirmesini sağlar. Hayvanlarda kemik hataları, anormallikler, kansızlık ve sinir sisteminde bozukluklar Cu eksikliğinden kaynaklanır. Akut bakır zehirlenmesi sık olarak gözlenen bir olay değildir. Cu bulunduran maddelerin yiyecek ve içeceklere kontamine olması veya bakır tuzlarının bilerek yutulması sonucunda zehirlenme gerçekleşir. Sindirim sistemi mukozasının tahriş olması, mide ağrıları, tükürük salgısının artması, bulantı, diyare akut bakır zehirlenmesinde gözlenen semptomlardır. Doz miktarına bağlı olarak koma ve ölüm gerçekleşebilir (Kartal ve ark. 2004).

2.4.6. Çinko (Zn)

Yeryüzünde % 0,02 oranı ile en çok bulunan elementlerden bir tanesi 'çinko' dur. Rengi mavi-beyaz olup atom numarası 30, ağırlığı ise 65,4 g/mol dır. Bir geçiş elementi olan bu element kimyasal özellikleri sayesinde biyolojik sistemler üzerinde yararlı ve önemli etkilere sahiptir. Zn organik moleküllerle kompleks oluşturur. Kararlı bir yapıya sahip olan bu element hücre zarının ve nükleik asitlerin üç boyutlu yapısını değiştirme, pek çok enzime katalizör etkisi yapma ve hücre sinyallerinin geçişini ayarlayabilme özelliğine sahiptir (Akdeniz ve ark. 2016).

Reaktif bir metal olan Zn oksijen ve diğer metal olmayan maddelerle birleşerek seyreltik asitlerle reaksiyona girer ve hidrojeni serbest bırakır. Dünyanın Zn üretimi hala artmaktadır. Üretimin artması daha fazla Zn'nin çevreye yayıldığı anlamına gelir. Endüstriyel tesis atık suyunda büyük miktarda Zn bulunduğundan, su Zn ile kirlenmiştir. Zn ayrıca suların asitliğini de artırabilir. Bazı balıklar Zn ile kirlenmiş sularda yaşadıklarında

bedenlerinde Zn birikebilir. Bu balıkların vücutlarına Zn girdiğinde, biyolojik olarak besin zincirini etkilerler. Topraklarda yoğun miktarda bulunabilir. Hayvanlar, sağlığına zarar verebilecek düzeyde Zn konsantrasyonlarını, kontamine tarım arazilerinden almaktadırlar. Topraklarda bulunan Zn suda çözünerek yer altı suyunu kirletebilir. Bu nedenle, Zn içerikli fabrikaların yakınlarında çok fazla bitki çeşitliliği bulunmamaktadır (Lenntech, 2019).

2.4.6.1. Çinkonun Özellikleri ve Kullanım Alanları

Çinko parlak mavimsi beyaz bir metaldir. Periyodik tablonun II B grubunda bulunur. Sıradan sıcaklıklarda gevrek ve kristaldir, 110 °C ile 150 °C arasında ısıtıldığında yumuşar. Zn, Amerika’ da demir para yapımında kullanılan ana metaldir. Kalıp dökümlerinde ve otomobil endüstrisinde kullanılır. ZnO, sulu boya veya boyalarda beyaz bir pigment olarak ve kauçuk endüstrisinde bir aktive edici olarak kullanılır. Bir pigment olarak Zn, plastik, kozmetik, fotokopi kâğıdı, duvar kâğıdı, baskı mürekkebi vb. alanlarda kullanıma sahiptir. Kauçuk üretiminde rolü, üretim sırasında bir katalizör gibi ve ısı dağıtıcı olarak davranmasıdır. Antioksidan özelliklere sahip olduğuna inanıldığından çoğu tabletlere dahil edilmektedir ve bu da cildin ve vücudun kaslarının erken yaşlanmasına karşı koruma sağlamaktadır (Lenntech, 2019).

2.4.6.2. Çinko’nun Sağlık Üzerindeki Etkileri

Çinko, insan sağlığı için gerekli olan eser elementlerden biridir. İnsanlarda Zn yetersizliklerinde; iştah kaybı, tat alma ve koku alma hissi, yavaş yara iyileşmesi ve cilt yaraları görülebilmektedir. Zn eksiklikleri doğum kusurlarına bile neden olabilir. Yüksek konsantrasyonda alınan Zn, mide krampları, cilt tahrişleri, kusma, bulantı ve anemi gibi önemli sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Yüksek konsantrasyonlardaki Zn pankreasa zarar verebilir, protein metabolizmasını bozabilir ve ateroskleroza neden olabilir. Zn klorüre aşırı maruz kalınması solunum yolu hastalıklarına neden olabilir. Zn, doğmamış ve yeni doğan çocuklar için bir tehlike oluşturabilir. Zn konsantrasyonlarını fazla miktarda absorbe eden anneler, kan veya süt vasıtasıyla bebeklerini Zn derişimlerine maruz bırakabilirler (Lenntech, 2019). Zn yeterli miktarda alınmadığı takdirde; yaraların iyileşmesinde gecikme, cinsiyet organlarının gelişmesinde gecikme, fiziksel olarak büyümede gerilik (*Diastrofik Dwarfizm*), hastalıklara dirençsizlik, tat ve koku algılamada bozukluklar gibi belirtiler görülmektedir. Zn eksikliği ciddi sağlık problemlerine yol açar. Vücut içerisindeki Zn seviyesinin düşmesine neden olan etmenler arasında parazit enfeksiyonları, beslenme alışkanlıkları, besin yetersizliği, hatta çevre kirliliği gibi pek çok faktör sayılabilir. Zn’nin

vücuttaki emilimini lignin, buğday kepeği kalsiyum, metal kompleksleri, proteinler ve hemiselülozlar etkilemektedirler (Akdeniz ve ark. 2016).

Çinko ve çinko tuzlarından kaynaklanan zehirlenme seyrek görülmektedir. Zn ya da ZnO tozu mesleki koşullar altında solunması, gıda kaplarındaki Zn'nin çözünmesi ile kirlenen gıdaların tüketilmesi sonucunda zehirlenme ortaya çıkabilmektedir. “Çinko Ateşi” olarak adlandırılan rahatsızlıklar ZnO buharının uzun süre solunması sonucunda ortaya çıkar ve belirtiler herhangi bir yan etkiye sebebiyet vermez ve birkaç gün içinde kendiliğinden kaybolur (Kartal ve ark. 2004).

2.4.7. Nikel (Ni)

Nikel parlak, gümüşümsü, sert bir yapıya sahiptir. Sıcak-soğuk su veya amonyakta hiç çözünmeyen Ni, seyreltik hidroklorik ve sülfürik asitte az oranda çözünürken, nitrik asitte iyi çözünebilme yeteneğine sahiptir. Sertliğinin ve dayanımının, korozyon ve ısı direncinin yüksek olması sebebiyle alaşım üretiminde kullanılmaktadır. Bakır-Ni alaşımları, paslanmaz çelik ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleri Ni'nin kullanım alanlarından bazılarıdır. Saf Ni, makine parçaları ve tıbbi protezlerde, elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, kimyasal katalizör olarak kullanılmaktadır (Kartal ve ark. 2004).

2.4.7.1. Nikel'in Sağlık Üzerindeki Etkileri

Nikel, yalnızca çok düşük seviyelerde ortaya çıkan bir bileşiktir. İnsanlar pek çok farklı uygulama için Ni kullanırlar. Takı metal ürünlerinde bol miktarda bulunabilir. Gıda maddeleri doğal olarak az miktarda Ni içerir. Kirli topraklardan büyük miktarda sebze yendiğinde Ni alımı artmaktadır. Bitkilerin Ni biriktirdiği bilinmektedir ve sonuç olarak sebzelerden gelen Ni alımı önemli hale gelmektedir. Ayrıca Ni deterjanlarda da bulunmaktadır (Mahurpawar M 2015).

Ni metali ağız yoluyla vücuda alınır ve burada absorbe edilmeden dışkı ile atılır. Bir kısmı bağırsak, deri ve akciğer gibi dokularda birikebilir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Canlılar; hava, su, besinler yoluyla ya da sigara içerek Ni metaline maruz kalabilirler. Küçük miktarlarda Ni alımı insan vücudu için önemlidir ancak alım çok yüksek olduğunda insan sağlığı için tehlike oluşturabilir. Fazla miktarda Ni metaline maruziyet; akciğer, burun, gırtlak ve prostat kanseri gibi sonuçları doğurabilir. Ni gazına maruz kalınması sonucu; baş dönmesi, solunum yetmezliği, akciğer embolisi, doğum kusurları, kalp bozuklukları, astım

ve kronik bronşit, deri döküntüleri gibi alerjik reaksiyonlar görülebilir. Ni dumanı solunum yollarını tahriş ederek pnömoniye neden olabilir (Mahurpawar M 2015).

2.4.8. Krom (Cr)

Krom, yer kabuğunda doğal olarak bulunan bir elementtir. Alüminyum veya alaşım üretmek için diğer metallerle eritilerek kullanılabilir. Çelik alaşımları yüksek korozyon direnci ve iyi sertleşme kabiliyeti sağlar. Dünya Cr cevheri üretimi yılda birkaç milyon tondur. Ferrokromit cevherin direkt redüksiyonu ile elde edilirken, Cr ya kimyasal indirgeme (*aluminotermik proses*) ya da CrO₃ (Krom trioksit) ya da Cr şap solüsyonlarının elektrolizi ile üretilir (Wang ve ark. 2009).

Doğal ve antropojenik kaynaklardan kaynaklanan sanayi kuruluşlarından büyük miktarda serbest bırakılan krom çeşitli geniş çevre matrislerine (hava, su ve toprak) girer. Krom salınımına en büyük katkısı olan endüstriler metal işleme, Cr üretimi, paslanmaz çelik kaynak ve ferro Cr ve Cr pigment üretimidir. Cr çevresel konsantrasyonlarında ki artış esas olarak metalurjik, refrakter ve kimya endüstrilerinden gelen hava ve atık su salınımı ile bağlantılı olmuştur.

Cr'ye maruz kalma ile ilişkili sağlık tehlikesi, metal formunun düşük toksisitesinden altı değerli formun yüksek toksisitesine kadar değişen oksidasyon durumuna bağlıdır. Cr, pek çok endüstriyel proseste yaygın olarak kullanılmaktadır ve bunun sonucunda birçok çevresel sistemi kirletmektedir. Ticari olarak Cr bileşikleri, endüstriyel kaynaklar, Cr kaplama, boyalar ve pigmentler, deri tabaklama ve ahşap koruma alanlarında kullanılmaktadır. Ayrıca pişirme sistemleri ve kazanlarında antikorozyf olarak da kullanılır (Tchounwou ve ark. 2012).

2.4.8.1. Kromun Sağlık Üzerindeki Etkileri

Krom, keşfedildikten sonraki ilk yıllarda tehlikeli bir unsur olarak kabul edildi. Hegzavalent Cr, yetişkin insanlar için 3 g' dan daha yüksek bir doz için öldürücü olarak düşünülür. İlk belirtiler kusma ve devam eden ishaldir. Bir hafta sonra sıklıkla hemorajik diyezez ve epitaz görülür. Konvülsiyonlar hastalığın son aşamalarında ortaya çıkar. Oksavalent Cr bileşiklerinin tekrarlayan mesleki inhalasyonu nazal septumun perforasyonlarına ve cilt ülseri "*krom deliklerine*" neden olur. Solunum organlarında kromik asit buharına kronik maruz kalınması ve kanser insidansı artışı durumunda, koku alma ve akut irritatif dermatit veya alerjik egzamatöz deri iltihabı sıklıkla bildirilmiştir. Kromat tozu veya kromik asit dumanlarından dolayı bronş astımı işçilerde meslek hastalığı olarak

görülebilmektedir. Cr ile çevrenin kirlenmesi Hg veya Cd metale kıyasla önemsizdir (Wang ve ark. 2009).

Cr metale düşük seviyelerde maruz kalındığında deride irritasyon ve ülser meydana gelebilir. Uzun süreli maruziyet böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açtığı gibi sinir dokularını ve kan dolaşımı sistemini tahrip edebilmektedir. Cr'ye kontamine sularda yaşayan balıklar yüksek seviyede Cr maruz kalırlar. Cr metale maruz kalan balıkları tüketen insanlar sağlık açısından risk altındadır (Kahvecioğlu ve ark. 2003). Canlıların Cr'ye maruz kalınmasının başlıca yolu solunum yoluyla olmakla birlikte canlıların ciddi miktarda Cr'ye maruz kalınmasında deri yolunun önemi büyüktür. Örneğin, inşaat işçileri arasında fark edilen dermatit yaygınlığı, işçilerin çimento içinde bulunan Cr'ye maruz kalmalarına bağlanmaktadır. Aşırı dozda Cr (VI) bileşiklerinin insanlar tarafından kazara veya kasıtlı olarak tüketilmesi, ciddi solunum, kardiyovasküler, gastro-intestinal, hematolojik, hepatik, renal ve nörolojik etkilere neden olmaktadır. Devamında ölüm veya işlev ve doku bozuklukları görülebilmektedir (Tchounwou ve ark. 2012).

2.5. Sularda Ağır Metal Kirliliği ve Kirliliğe Yol Açan Etmenler

Büyük boyutlara ulaşan çevre sorunlarının başında hızlı nüfus artışı, düzensiz kentleşme, teknoloji ve sanayinin ilerlemesi gelmektedir. Çevre sorunlarının en önemli kaynaklarından biride su kirliliğidir. Endüstriyel atıklar, bazı organik maddeler, petrol ve türevleri, deterjanlar, pestisitler, kimyasal gübreler gibi kirlileti maddeler artırılmadan sucul ortamlara verildiğinde akuatik dengenin bozulmasına neden olurlar. Su kirliliğine neden olan tehlikeli unsurlardan biri de ağır metallerdir. Sucul ekosistemlerde eser miktarda bulunan ağır metallerin konsantrasyonların da artış görülmesinin sebebi atmosferik faaliyetler, jeolojik yapıların erozyonu veya antropojenik etkidir. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar besin zinciri aracılığıyla su, besin ve sedimentte biriken ağır metalleri alırlar. Metal konsantrasyonundaki artış çevre ve insan sağlığı için bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Sucul ortamlardaki ağır metallerin ve bunların oluşturacağı risk potansiyellerinin araştırılması önemlidir (Çetin ve ark. 2016).

Metallerin metabolizma için gerekli olup olmadıklarına bakılmaksızın, suda yaşayan tüm omurgasızlar iz metallerini dokularında biriktirirler. Eser metalleri dokularında, organlarında ve dolayısıyla vücutlarında farklı konsantrasyonlar da biriktirir. Bu nedenle, aynı habitatda yaşayan su omurgasızları, aynı cinsteki türlere göre yakından ilişkili taksonlarda bile, çok farklı vücut metal iz elementlerine sahip olabilirler.

Organik kirleticilere ek olarak ağır metaller, antropojenik faaliyetler ve atmosferik çökeltme yoluyla su sistemlerine giren kirleticilerin ana gruplarından biri olarak düşünülür. Su sistemlerini biyolojik olarak kirleten ağır metaller; su, tortu ve sudaki besin zinciri boyunca biriktirilir, alıcı ortamın ekolojik dengesini ve çeşitli su organizmalarını olumsuz yönde etkiler. Yakıt sızıntılarından kaynaklanan kirleticiler direkt olarak deniz canlılarının ölümünden sorumlu olabilirken, organik materyal içeren kanalizasyon kirleticileri; suyun kalitesinde düşüşe, oksijen yetersizliğine ve pH değerindeki değişimlere neden olarak mikrobiyal popülasyonun artmasına ve bunların deniz canlıları üzerinde patojenik etki yaratmasına neden olmaktadır (Mohamed ve ark. 2016).

Kimyasal kirleticilerin neden olduğu deniz kirliliği (ağır metaller, poliklorlu bifeniller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, organoklorlu pestisitler, ilaçlar vb.) deniz ekosistemi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olup, vahşi yaşam üyelerinde toksik etkilere (immünopatolojik, karsinojenik, teratojenik, nöral, kardiyovasküler, renal, üreme ve endokrin vb.) neden olmaktadır (Yipel ve ark.2017).

Son on yılda, kontrolsüz kentleşme ve sanayileşme çoğu doğal su kaynaklarına karışan kanalizasyon ve endüstriyel atıklardan dolayı ciddi bir çevre problemine neden olmuştur. Deniz ortamı; endüstriyel atıklar, endüstriyel soğutma suyu sularının boşaltılması, kimyasallar ve metal cevheri gibi yüklerin dökülmesi, mekanize balıkçı tekneleri gibi balıkçılık faaliyetleri, atık motor yağlarının boşaltılması, balıkçı teknelerinin boyanması, balıkçı teknelerinin metal astarın şekillendirilmesi, atıkların boşaltılması vb. kimyasal kirliliğe sürekli olarak maruz kalmaktadır.

Ağır metaller, toksisitesi ve biyoakümülyasyon problemleri nedeniyle çevremizdeki en ciddi doğal kirleticilerden birisidir. Doğal sular içindeki metaller ve bunların tortuları bilim adamları, çevreciler ve ekosistem yönetimi ile ilişkili mühendislerin yanı sıra genel kamuoyunun endişe ettiği önemli bir konu haline gelmiştir. Deniz ortamı zehirli ağır metaller tarafından kimyasal kirliliğe maruz kalmaktadır. Ağır metal kirliliğinin başlıca kaynakları şunlardır: metalik madenlerin dökümü ve eritilmesidir. Sudaki eser metallerin varlığı çevre, su, tortu ve suyun temas ettiği atmosfer arasındaki doğal etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Deniz ekosisteminde ağır metal kirliliğinin kaynakları çoğunlukla antropojenik olabilmektedir.

Kıyı/açık deniz madenciliği: Kıyısız ve deniz sularının madenciliği, kayalarındaki ve yer üstü çökeltilerdeki suya ağır metalleri bırakabilmektedir.

Sanayi kaynakları: Endüstriyel süreçler, bitirme işlemleri ve metallerin kaplanması ve metal nesnelerin imalatı özellikle maden cevherinin işlenmesi ile ilgili faaliyetler.

Denizcilik süreçleri: Deniz yapılarının boyaları suya metal iyonlarının süzülmesine neden olabilmektedir.

Tarımsal kaynaklar: Pestisit kalıntısı ve metal gübreler içeren tarımsal deşarj iz metalleri içeren asit yağışları, suyun metallerle kirlenmesine neden olabilmektedir (Selvin ve ark. 2008).

Sudaki organizmalarda, metal konsantrasyonunu gözlemlemek yaygın bir hal almıştır. Sudaki organizmalar genellikle tek bir elementten ziyade bir metal karışımına maruz kalırlar. Kabukluların vücudunda birikme eğilimi gösteren Cd ve Pb gibi metaller, düşük konsantrasyonlarda bile toksiktir. Deniz organizmalarındaki metallerin seviyeleri ve birikimleri genellikle mevsimsel diyet, sıcaklık ve tuzluluk gibi bazı mevsimsel faktörlerin değişmesi ile dalgalanmaktadır (Chaiyara ve ark. 2013).

Sedimentler, çevreye boşaltılan ağır metaller için nihai lavabolar olarak bilinir. Böylece sedimentler, içme suyu kalitesi ve insan sağlığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilecekleri gibi doğal ve antropojenik süreçler yoluyla suya aşırı salınan potansiyel ağır metal kaynağı da olabilirler. Çökeltideki bazı toksik metaller, siyanobakteriyel çiçeklenme gibi biyokimyasal ilerlemeleri harekete geçirebilir. Bu durum su kirliliğine, dokularda birikime ve sonuçta besin zincirinde kirliliğe neden olur (Rajeshkumar ve ark. 2018).

Sucul gıda zincirinde metaller tarafından kirlenme son yıllarda toksisite, kalıcılık ve biyoakümülyasyona neden olduğundan ve ciddi risk oluşturduklarından çok dikkat çekmiştir (Lavradas ve ark.2014). Denizdeki metal kirliliği diğer kirleticilere nazaran daha az, doğrudan görünür, fakat metallerin deniz ekosistemleri ve insanlar üzerindeki etkileri çok geniş kapsamlıdır. Metallerin varlığı deniz organizmalarında; yaşa, gelişim aşamasına ve diğer fizyolojik faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir (Khayatzadeh J. ve Abbasi E. 2010). Su ortamının ağır metaller tarafından kirlilik seviyeleri, su, çökelti ve deniz organizmaları analiz edilerek tahmin edilebilir. Deniz canlılarında ağır metal seviyeleri deniz ortamındaki diğer bileşenlere göre önemli ölçüde daha yüksektir (Bat ve ark.1998).

Deniz sistemlerinde ağır metaller küresel bir problemdir. Deniz organizmalarının düşük konsantrasyonlarına sürekli olarak maruz kalınması biyoakümülyasyona ve daha sonra gıda ağından insana transfer ile sonuçlanabilir. Deniz ortamındaki ağır metaller doğal veya antropojenik kaynaklardan kaynaklanabilir. İz metaller, deniz ortamının normal bileşenleri

olmasına ve bazıları da deniz organizmaları için gerekli olmasına rağmen, tüm metaller bazı eşik seviyelerinin üzerinde toksiktir. İz metallerin temel bir özelliği, biyolojik olarak parçalanamamasıdır (Makedonski ve ark. 2017).

Canlı organizmalar, balık dahil, fizyolojik fonksiyonlar için eser miktarda ki ağır metallere ihtiyaçları vardır. Bazı metallerin aşırı miktarları organizma için zararlı olabilirken, Hg, Pb ve Cd ağır metalleri organizmalar için önem teşkil etmemektedir, hatta vücudun uzun süre bu metallere maruz kalması hastalığa veya ölüme neden olabilir. Ağır metallerin balıklar ve suda yaşayan omurgasızlar üzerindeki bazı toksik etkileri, gelişimsel büyümenin azalmasına, gelişimsel anormalliklerin artmasına, balıkların hayatta kalma oranının ve tüm popülasyonun kirli rezervuarlarda bozulmasına yol açmaktadır. (Luczynska ve ark.2018).

Kanalizasyon atıkları ve gemi bakım çalışmaları, herhangi bir arıtma olmadan doğrudan denize atılmaktadır. Akdeniz bölgesinde genişleyen sanayilerde ki; çimento fabrikası, tekstil, teneke, demir ve çöp arıtma, gıda konservesi, petrol rafinerisi, fosfat yükleme faaliyetleri gibi sektörlerin çoğu atıklarını boşaltmak için deniz veya nehir sistemleri kullanılır. Denizlerde ki yoğun kirlilik, sudaki metallerin seviyesini kaçınılmaz olarak arttırmaktadır. Akdeniz'in tarihi ve mevcut kirlilik durumu hakkında bilgi eksikliği olduğundan, insan sağlığı için deniz ürünleri tüketiminin olası riskini değerlendirmek amacıyla ticari türlerdeki metal düzeylerinin belirlenmesi çok önemlidir (Mutlu ve ark.2011).

Ağır metal kirliliği, birçok ülkede çok ciddi bir problemdir ve birçok deniz organizması için zehirli hale gelen endüstriyel atıkların denize boşaltılmasından kaynaklanmaktadır. Kirlilik, tarımsal drenaj, endüstriyel atık su deşarjı, kazara kimyasal atık dökülmeleri ve balıkçı teknelerinden gelen benzin dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan kaynaklanabilir (Velusamy ve ark. 2014).

Tarım ve Köy İşleri Bakanlığının su ürünleri yönetmeliğine göre iç sulara ve denizlerdeki istihsal yerlerine dökülmesi yasak olan ve alıcı ortama ait kabul edilebilir ağır metal değerleri Tablo 1'de verilmiştir (Su ürünleri yönetmeliği, 2008).

Çizelge 2.1. Alıcı ortama ait kabul edilebilir ağır metal değerleri (Su ürünleri yönetmeliği, 2008).

Ağır metal	Kabul Edilebilir Değer (ppm)
Hg	0.004
Pb	0.1
Ni	0.3
Cd	0.01
Cu	0.01
As	0.1

2.6. Ağır Metallerin Denizdeki Canlılar Tarafından Alınımı ve Birikim Mekanizmaları

Denizler lagün ve koy gibi kıyı bölgelerde; yengeçler, balıklar, istiridyeler ve midyeler gibi değerli su organizmalarının hayati aktiviteleri için önemli bir zemin teşkil etmektedir (Mutlu ve ark.2011). Deniz kirliliği, toksik metallerin sudaki konsantrasyonunu arttırabilir ve denizdeki organizmaların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Deniz canlılarında metal birikimi yer, dağılım, habitat tercihleri, trofik seviye, beslenme alışkanlıkları, yaş, boyut, metallere maruz kalma süresi ve homeostatik düzenleme faaliyetine göre değişir (Velusamy ve ark. 2014).

Metallerin suyu ne ölçüde kirlettiği su, çökeltiler ve suda yaşayan organizmalar analiz edilerek tahmin edilebilir. Suyun kimyasal analizi, ortamda bulunan metallerin biyoyararlanımı hakkında tam bilgi sağlamaz. Bu nedenle su sistemlerinde metal kirliliği ile ilgili yapılan son araştırmalar, biyolojik göstergelere veya biyoindikatörlerin kullanımına odaklanmıştır. Biyo-monitörler olarak da adlandırılan biyoindikatörler, çevresel değişime, habitat kalitesine ve antropojenik etkiye karşı hassas olan türlerdir. Bu nedenle biyoindikatörler, çevrenin sağlığı ya da benzer habitatlarda yaşayan diğer türlerin durumunu anlamak için kullanılabilir (Gülşahin ve Erdem 2009).

Ağır metallerin sucul besin zincirine girmesinin iki ana yolu, sindirim sistemi ve kas-solungaç gibi geçirgen zarlar boyunca su ve gıdaların doğrudan tüketilmesidir. Balıklar dokularda ki ağır metalleri, solungaç yüzeyi, böbrek, karaciğer ve bağırsak yolu duvarı boyunca, çevresel konsantrasyondan daha yüksek seviyelere emerek biriktirebilir. Ağır metallerin organizmalar tarafından birikmesi pasif veya seçici olabilir; ağır metallerin organizmalar tarafından birikimindeki farklılıklar, asimilasyon, egestion veya her ikisindeki farklılıklar sonucu olabilir (Rajeshkumar ve Li 2018). Ağır metaller vücuttaki kanla

dolaştırılabilir, hedef organlarda birikir daha sonra deniz ürünlerini tüketen organizmalar ve insanlar da toksik formlarda görünür (Wang ve ark. 2005).

Ağır metaller organizmaya; solunum, ağız ve deri yolu ile alınabilmektedir. Organizmaya eser miktarlarda girdiklerinde bile, metabolizmadan dışarı atılmaları çok yavaş olduğu için zamanla organizmada birikerek tehlikeli doza ulaşırlar. Alındıkları yol, birikim yaptıkları dokunun türünü etkilemekle beraber toksik etkilerini de yönlendirmektedir (Özbolat ve Tuli 2016).

Deniz canlılarında solungaçlardan absorbsiyon şu şekilde gerçekleşmektedir; solungaçlar sürekli suda olduğundan dolayı, metal alımı diğer organlara göre daha yüksektir. Çünkü deniz canlılarında solungaçlar gaz değişim organı olarak kabul edilir. Solungaçların görevi oksijeni alıp karbondioksiti atmaktır. Metalin esas giriş yeri ve en önemli hedef dokuları solungaçlar olarak kabul edilir. Solungaçların en büyük rolü sudan oksijeni alıp karbondioksiti atmaktır (William 1998).

Çökeltide yüksek miktarda ağır metaller bulunur ve bentik türlerin beslenmesi yoluyla besin zincirine girer. Makrobentik omurgasızlar, eser metallerin tortulara olan bağlılıkları ve metal biriktirme yetenekleri nedeniyle ağır metallerin daha yüksek trofik seviyeye taşınmasında önemli bir bağ oluşturur (Velusamy ve ark. 2014).

Kabuklular metalleri daha iyi emdiğinden ve kabukluları toplamak kolay olduğundan onlardaki metal seviyesini tespit etmek mümkündür (Gülşahin ve Erdem 2009). Yengeçlerin kirliliğe ve diğer habitat bozulmalarına karşı hassas olmasının nedeni kimyasal kirletici maddelerin birikebileceği alt çökellerde bulunmalarıdır (Mutlu ve ark.2011).

Dünya genelinde gıda güvenliği için belirlenen yasalar, besinlerdeki ağır metal konsantrasyon standartlarını belirlemişlerdir. Bu standartlar gıdalardaki maksimum konsantrasyonları tayin etmek amacı ile kullanılmaktadır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın çift kabuklu yumuşakçalar için kabul edilebilir ağır metal değerleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir (Resmi gazete, 2002).

Çizelge 2.2. Çift Kabuklu Yumuşakçalarda Kimyasal, Kabul Edilebilir Ağır Metal Değerleri (Resmi Gazete, 2002)

Ürün Grubu	Ağır Metaller	Kabul Edilebilir Değerler
Yengeç, Pavurya v.b.	Cıva	0,5 mg/kg
	Kadmiyum	0,5 mg/kg
	Kurşun	0,5 mg/kg
	Bakır	20,0 mg/kg
	Çinko	50,0 mg/kg
	Arsenik	1,0 mg/kg

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Nitrik asit (HNO_3).....	(Merck)
Hidrojen Peroksit (H_2O_2).....	(Merck)
ICP multi-element standart çözelti IV.....	(Merck)
As standart çözelti (1000 ppm).....	(Merck)
Hg standart çözelti (1000 ppm).....	(Merck)
Sodyum borhidrür (NaBH_4).....	(Merck)
Hidroklorik asit (HCl , %37).....	(Merck)
Amonyum Dihidrojen Fosfat($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$).....	(Merck)

3.1.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar

Balon joje (5, 10, 25, 50 ml)	(Isolab)
Beher (25, 50, 100 ml).....	(Isolab)
Saf su cihazı.....	(Elga Purelab Option)
Cam tüp (16ks100 mm)	(Isolab)
Erlen (25, 50, 100, 250 ml)	.(Isolab)
Hassas terazi	(Radwag)
Falkon Tüp	(Isolab)
Mikrodalga sistemi	(CEM Mars KS Press)
Çeker Ocak	(Delta Lab)
Homojenizatör	(IKA T18 Ultra-Turraks)
Manyetik karıştırıcı	(Colara Magnetomiks)
Mavi ve sarı pipet ucu	(Isolab)
Mikro pipet (10-100, 100-1000 μl)	(Thermo Labsystems)
-20°C soğutucu	(Altus A ⁺)
AAS cihazı	(Analytikjena -ContrAA 700)

3.2. Yöntem

3.2.1. Mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) Örneklerinin Temini

Hatay ilinin denize kıyısı olan İskenderun, Dört Yol ve Samandağ ilçelerinden, her istasyondan 10'ar adet olmak üzere toplamda 30 adet mavi yengeç avlanma sezonunda balıkçı teknelerinden satın alınarak, strafor kutularda buz içerisinde, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Teknoloji ve Ar-Ge uygulama ve araştırma merkezine getirildi. Analizler yapılmaya kadar -20 °C de muhafaza edildi. Örneklerin toplandığı istasyonları gösteren çalışma alanı Şekil 3.1'de gösterildi.



Şekil 3.1. Örneklerin toplandığı bölgeleri (Samandağ, İskenderun, Dört Yol) gösteren harita.

3.2.2. Numunelerin Analiz için Homojenize Edilmesi

Dondurulmuş olan mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) numuneleri oda sıcaklığında çözündürüldükten sonra yengeçlerin kas, hepatopankreas ve solungaç dokuları el yordamı ile ayrıldıktan 120 sn 13500 rpm'de ultra turrax T18 tipi homojenizatörde (IKA T18 Ultra-Turraks, Germany) homojenize edildi, sonra santrifüj tüpüne boşaltıldı.

3.2.3. Doku örnekleri için yakma prosedürü

Derin dondurucuda muhafaza edilen homojenize edilen doku örnekleri yakma işlemi başlamadan önce çıkartılıp erimesi sağlandı. Örneklerin yakılması NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda göre CEM Mars X Press Mikrodalga sistemi ile yakma işlemine tabi tutuldu. Yakma prosedürü aşağıdaki işlem basamaklarından oluşmaktadır. Doku örnekleri 1 g olacak şekilde hassas terazide tartıldı ve yüksek sıcaklığa dayanıklı vessel tüplere alındı. Kör numune içinde bir adet vessel kabı hazırlandı. Çözümleme kaplarına (vessel) 8 ml Nitrik asit (HNO_3) ve 2 ml Hidrojen Peroksit (H_2O_2) eklendi. Kapakları kapatılan vesseller mikrodalga düzeneği ile mikrodalgaya yerleştirildi. CEM Mars X Press Mikro Dalga Yakma Ünitesinde şu prosedür izlenerek örnekler yakıldı.

Yakma sıcaklığı.....Yakma dakikası

1. Adım 120 °C.....15 dk

2. Adım 200 °C.....15 dk

Çözümleme için iki programlı yakma yapıldı. 1. program 15 dk 120 °C'de, 2. program ise 15 dk 200 °C'de çalıştırıldı. Sıcaklık 50 °C'nin altına düştükten sonra vesseller açılarak çeker ocakta bekletildi. Soğutma tamamlandıktan sonra 25 ml'lik tüplere aktarıldı ve Ultrasaf su ile tamamlandı. Mavi yengeçlerin (*Callinectes sapidus*) kas, solungaç, hepatopankreas dokularındaki ağır metallerin (Pb, Cd, As, Ni, Hg) saptanmasında Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (AAS) cihazı NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda uygun bir şekilde kullanıldı. Çözünürleştirilen mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) örnekleri optimum şartları belirlenen Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrometri (GFAAS), Hidrür Oluşturmalı Atomik Absorpsiyon Spektrometri (HGAAS) ve Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAAS) tekniği ile analiz edildi (NMKL Method No 161, 1998).

3.2.4. Kullanılan Kimyasalların Hazırlanışı

Analizde kullanılan tüm kimyasallar NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda göre hazırlandı.

Ultra Saf su, Nitrik asit (%65 saflıkta) ve konsantrasyonu 1000 ppm olan sertifikalı Multi IV standart çözelti kullanıldı. Multi IV çözeltisi kullanım anına kadar 2-8 °C'de buzdolabında gün ışığı almayan yerde muhafaza edildi.

% 1'lik su-HNO₃ seyreltme çözeltisi; %65'lik HNO₃ çözeltisinden 10 ml alındı ve yaklaşık 700 ml ultra saf su içeren 1000 ml'lik mezüre aktarıldı. Son hacim ultra saf su ile 1000 ml'ye tamamlandı.

100 ppm stok standart çözelti hazırlanması; 1000 ppm'lik Multi IV sertifikalı standart çözeltiden 5 ml alındı, 50 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi ile 50 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml'lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

100 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppm'lik Stok standart çözeltisinden 0,5 ml alındı, 50 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi ile 50 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml'lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı. Analizlerin tümü, atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) cihazı ile yapıldı.

3.2.4.1 Kurşun Analizi

0-5-10-15-20-40 µg/L Pb konsantrasyonları NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda uygun bir şekilde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılarak hazırlandı.

Cal. Zero 1 çözeltisi; % 1'lik Su-HNO₃ Seyreltme Çözeltisinden 25 ml alındı, 50 ml'lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

40 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 10 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

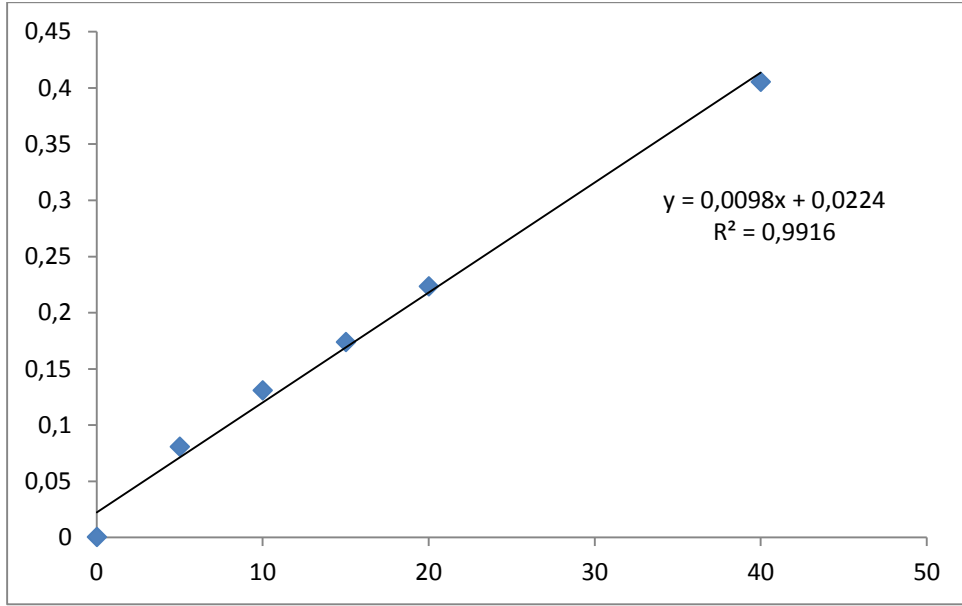
20 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 5 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

15 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 3,75 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

10 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 2,5 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

5 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 1,25 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

Multi IV sertifikalı standarttan hazırlanan 100 ppb'lik çözeltiden sırasıyla 0-5-10-15-20-40 µg/L Pb içeren standart çözeltiler AAS cihazı grafit fırın tekniğine enjekte edilerek okumalar yapıldı ve 6 noktalı kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. Kalibrasyon eğrisinin regresyon katsayısı 0.99 olarak tespit edildi. Pb analizi için derişime karşılık okunan absorbans değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi Şekil 3.1'de sunuldu.



Şekil 3.2. Pb analizine ait kalibrasyon grafiği

Numunenin cihaza verilmesi; Elde edilen absorbans değerleri her kalibrasyon doğrusu için hesaplanan doğru denkleminde absorbansa karşılık gelen derişim değerleri hesaplandı. Bulunan bu sonuçlar numune yakma ve analize hazırlık aşamasında hesaplanan seyreltme faktörü ile çarpılarak kesin sonuçlar hesaplandı. Yakılan doku örnekleri son hacim 25 ml olacak şekilde seyreltilmiş olup, cihazda okuma işlemi yapıldı. Pb ağır metali için cihazın optimum koşulları Tablo 3.1.'de sunuldu.

Çizelge 3.1. Pb analizi için GFAAS' nin çalışma koşulları.

Ölçüm dalga boyu [nm]	217.0005
Kullanılan grafit tüp cinsi	platform
Piroliz sıcaklığı /°C	800
Atomlaştırma sıcaklığı /°C	1500
Atomlaştırma için sıcaklık artış hızı /°C	1500
Kullanılan analit modifier	5µL NH ₄ H ₂ PO ₄ / 1%

3.2.4.2. Kadmiyum analizi

0-2,5-7,5-10-15 µg/L Cd konsantrasyonları NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda uygun bir şekilde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılarak hazırlandı.

Cal. Zero 1 çözeltisi; % 1'lik Su-HNO₃ Seyreltme Çözeltisinden 25 ml alındı, 50 ml'lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

15 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 3,75 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

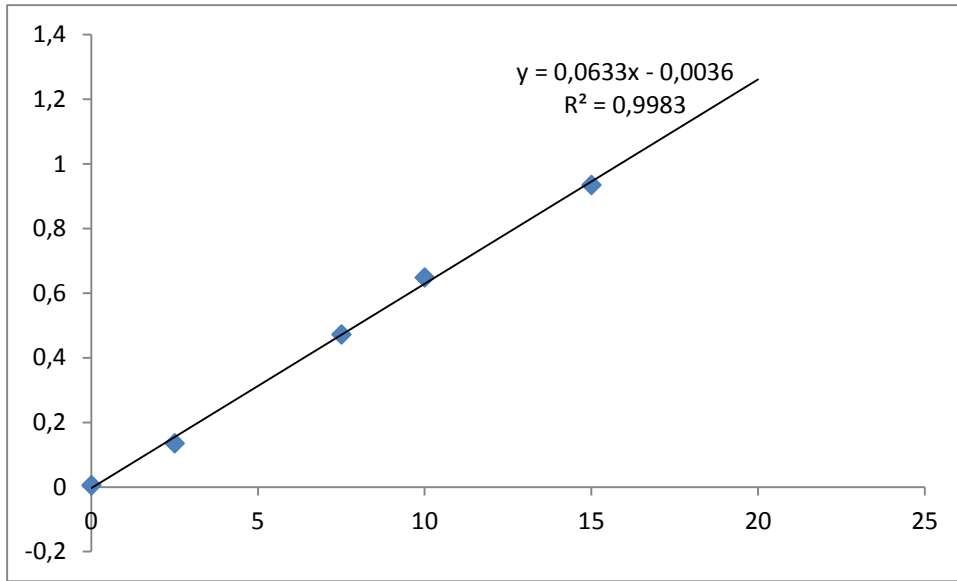
10 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 2,5 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

7,5 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 1,875ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

5 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 1,25 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

2,5 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 0,625 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

Multi IV sertifikalı standarttan hazırlanan 100 ppb'lik çözeltiden sırasıyla 0-2,5-7,5-10-15 µg/L Cd içeren standart çözeltiler AAS cihazı grafit fırın tekniğine enjekte edilerek okumalar yapıldı ve 5 noktalı kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. Kalibrasyon eğrisinin regrasyon katsayısı 0.99 olarak tespit edildi. Cd analizi için derişime karşılık okunan absorbans değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi Şekil 3.2'de sunuldu.



Şekil 3.3. Cd analizine ait kalibrasyon grafiği

Numunenin cihaza verilmesi; Elde edilen absorbans değerleri her kalibrasyon doğrusu için hesaplanan doğru denkleminde absorbansa karşılık gelen derişim değerleri hesaplandı. Bulunan bu sonuçlar numune yakma ve analize hazırlık aşamasında hesaplanan seyreltme faktörü ile çarpılarak kesin sonuçlar hesaplandı. Yakılan doku örnekleri son hacim 25 ml olacak şekilde seyretilmiş olup, cihazda okuma işlemi yapıldı. Cd ağır metali için cihazın optimum koşulları Tablo 3.2.'de sunuldu.

Çizelge 3.2. Cd analizi için GFAAS'nin çalışma koşulları

Ölçüm dalga boyu [nm]	228.8018
Kullanılan grafit tüp cinsi	platform
Piroliz sıcaklığı /°C	600
Atomlaştırma sıcaklığı /°C	1200
Atomlaştırma için sıcaklık artış hızı /°C	1400
Kullanılan analit modifier	NH ₄ H ₂ PO ₄ (1%)

3.2.4.3. Nikel analizi

0-0,05-0,1-0,2-0,4-0,8 mg/L Ni konsantrasyonları NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda uygun bir şekilde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılarak hazırlandı.

Cal. Zero 1 çözeltisi; % 1'lik Su-HNO_3 Seyreltme Çözeltisinden 25 ml alındı, 50 ml'lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

0,8 ppm stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppm'lik standart 0,2 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

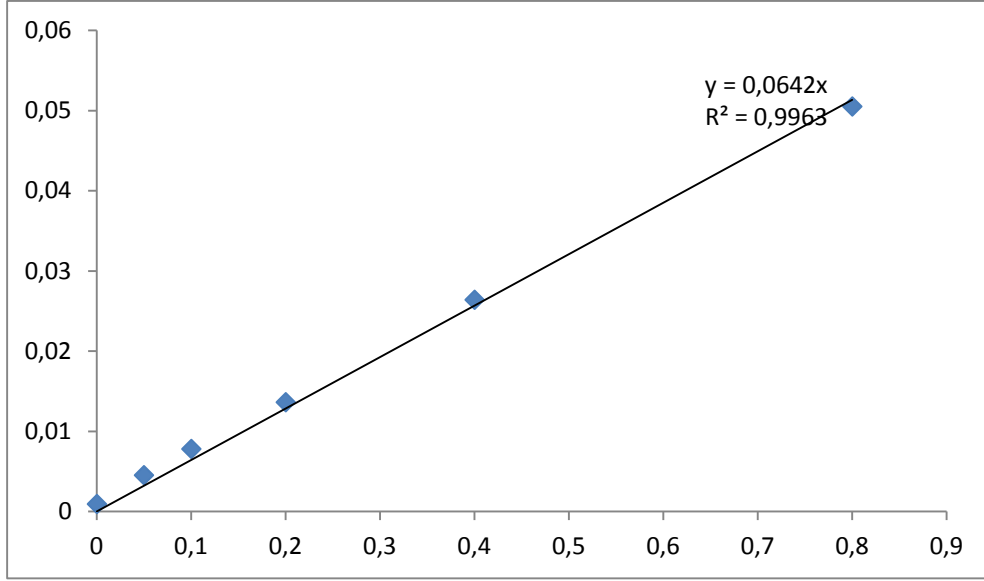
0,4 ppm stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppm'lik standart 0,1 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

0,2 ppm stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppm'lik standart 0,5 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

0,1 ppm stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppm'lik standart 0,25 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

0,05 ppm stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppm'lik standart 0,0125 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı. Ni metaline ait kalibrasyon eğrisi şekil 4.3 de gösterildiği gibidir.

Multi IV sertifikalı standarttan hazırlanan 100 ppb'lik çözeltiden sırasıyla 0-0,05-0,1-0,2-0,4-0,8 mg/L Ni içeren standart çözeltiler AAS cihazı alev tekniğine enjekte edilerek okumalar yapıldı ve 6 noktalı kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. Kalibrasyon eğrisinin regresyon katsayısı 0.99 olarak tespit edildi. Ni analizi için derişime karşılık okunan absorbans değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi Şekil 3.3'de sunuldu.



Şekil 3.4. Ni analizine ait kalibrasyon grafiği

Numunenin cihaza verilmesi; Elde edilen absorbands değerleri her kalibrasyon doğrusu için hesaplanan doğru denkleminde absorbanda karşılık gelen derişim değerleri hesaplandı. Bulunan bu sonuçlar numune yakma ve analize hazırlık aşamasında hesaplanan seyreltme faktörü ile çarpılarak kesin sonuçlar hesaplandı. Yakılan doku örnekleri son hacim 25 ml olacak şekilde seyretilmiş olup, cihazda okuma işlemi yapıldı. Ni ağır metali için cihazın optimum koşulları Tablo 3.3.'de sunuldu.

Çizelge 3.3. Ni analizi için AAAS'nin çalışma koşulları

Ölçüm dalga boyu [nm]	232.003
Alev türü	Air/Acetylene
Yakıt akış hızı L/h	55
Burner yüksekliği [mm]	5-8

3.2.4.4. Arsenik analizi

0-100-400-600 µg/L As konsantrasyonları NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda uygun bir şekilde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılarak hazırlandı.

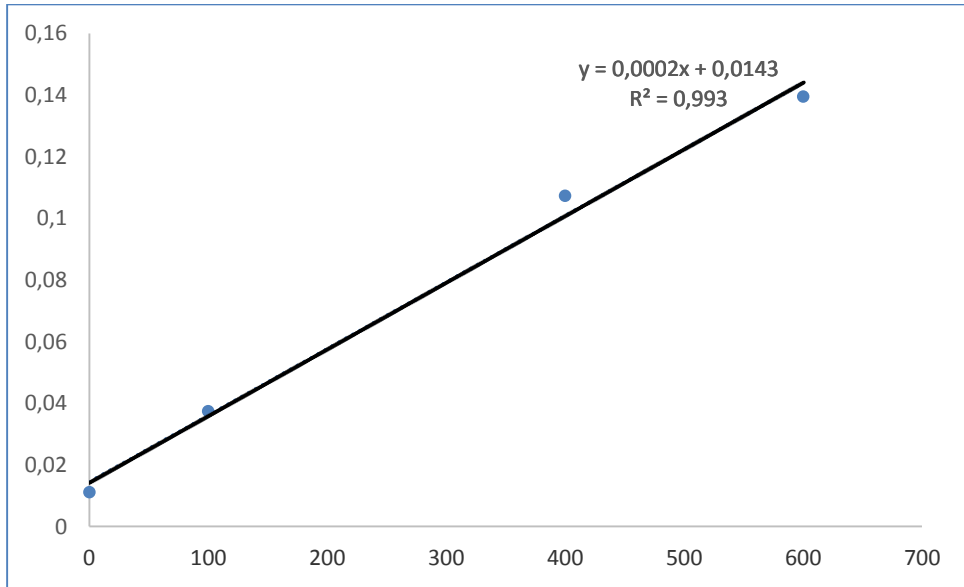
Cal. Zero 1 çözeltisi; % 1'lik Su-HNO₃ Seyreltme Çözeltisinden 25 ml alındı, 50 ml'lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

600 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb’lik standart 6 ml alındı, 25 ml’lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

400 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb’lik standart 4 ml alındı, 25 ml’lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

100 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb’lik standart 1 ml alındı, 25 ml’lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı. As metaline ait kalibrasyon eğrisi şekil 4.4 de gösterildiği gibidir.

Standart As ICP standart solüsyonundan sırasıyla 0-100-400-600 µg/L As içeren standart çözeltiler AAS cihazı grafit fırın tekniği cihazına enjekte edilerek okumalar yapıldı ve 4 noktalı kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. Kalibrasyon eğrisinin regrasyon katsayısı 0.99 olarak tespit edildi. As analizi için derişime karşılık okunan absorbens değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi Şekil 3.4’de sunuldu.



Şekil 3.5. As analizine ait kalibrasyon grafiği

Numunenin cihaza verilmesi; Elde edilen absorbens değerleri her kalibrasyon doğrusu için hesaplanan doğru denkleminde absorbansa karşılık gelen derişim değerleri hesaplandı. Bulunan bu sonuçlar numune yakma ve analize hazırlık aşamasında hesaplanan

seyreltme faktörü ile çarpılarak kesin sonuçlar hesaplandı. Yakılan doku örnekleri son hacim 25 ml olacak şekilde seyreltilmiş olup, cihazda okuma işlemi yapıldı. As ağır metali için cihazın optimum koşulları Tablo 3.4.'te sunuldu.

Çizelge 3.4. As analizi için GFAAS'nin çalışma koşulları

Ölçüm dalga boyu [nm]	193.696
Kullanılan grafit tüp cinsi	platform
Piroliz sıcaklığı /°C	1100
Atomlaştırma sıcaklığı /°C	2200
Atomlaştırma için sıcaklık artış hızı /°C	1500
Kullanılan analit modifier	5 µL Pd (NO ₃) ₂ (0.1%) / Mg (NO ₃) ₂ (0.05%)

3.2.4.5. Cıva Analizi

0-0,5-1-2-5 µg/L Hg konsantrasyonları NMKL Method No 161, 1998 'de tarif edilen metoda uygun bir şekilde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılarak hazırlandı.

Cal. Zero 1 çözeltisi; % 1'lik Su-HNO₃ Seyreltme Çözeltisinden 25 ml alındı, 50 ml'lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

5 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 1,25 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

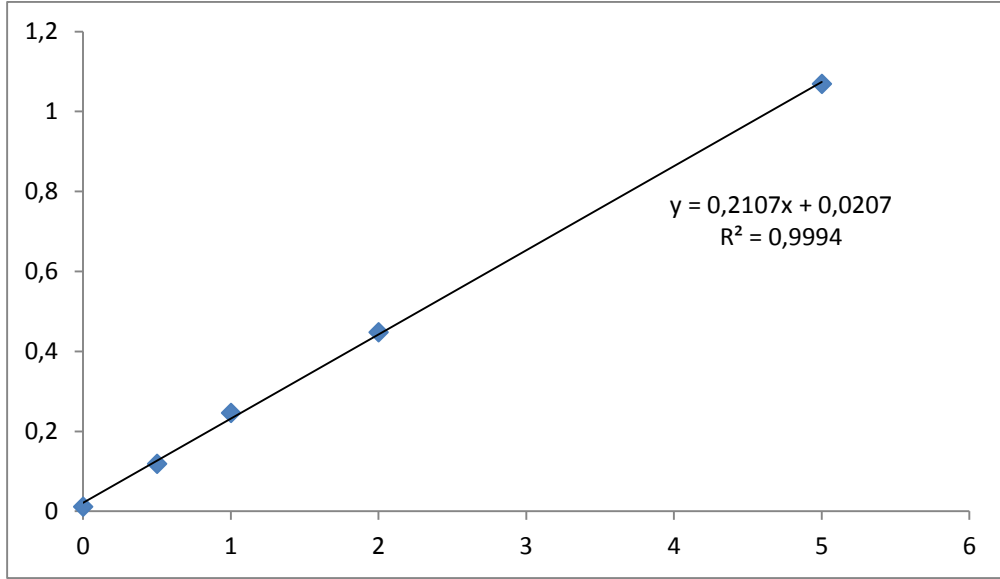
2 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 0,5 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

1 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 0,25 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı.

0,5 ppb stok standart çözelti hazırlanması; 100 ppb'lik standart 0,125 ml alındı, 25 ml'lik balon jojeye aktarıldı ve seyreltme çözeltisi 25 ml hacme tamamlandı. Hazırlanan çözelti 50 ml lik falkon tüpe aktarılarak etiketleme işlemi yapıldı. Hg metali için kalibrasyon eğrisi şekil 4.5 de gösterildiği gibidir.

Standart Hg solüsyonundan sırasıyla 0-0,5-1-2-5 µg/L Hg içeren standart çözeltiler hazırlanıp AAS cihazı hidrür tekniği ile okumaları gerçekleştirildi ve 5 noktalı kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. Kalibrasyon eğrisinin regresyon katsayısı 0.99 olarak tespit edildi. Hg

analizi için derişime karşılık okunan absorbans değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi Şekil 4.5’de sunuldu.



Şekil 3.6. Hg analizine ait kalibrasyon grafiği

Numunenin cihaza verilmesi; Elde edilen absorbans değerleri her kalibrasyon doğrusu için hesaplanan doğru denkleminde absorbansa karşılık gelen derişim değerleri hesaplandı. Bulunan bu sonuçlar numune yakma ve analize hazırlık aşamasında hesaplanan seyreltme faktörü ile çarpılarak kesin sonuçlar hesaplandı. Yakılan doku örnekleri son hacim 25 ml olacak şekilde seyretilmiş olup, cihazda okuma işlemi yapıldı. Hg ağır metali için cihazın optimum koşulları Tablo 3.5. ‘te sunuldu.

Çizelge 3.5. Hg analizi için HGAAS' nin çalışma koşulları

Ölçüm dalga boyu [nm]	253.7
Sıcaklık [°C]	Oda sıcaklığı (RT)
Gaz akış hızı [L/h]	6
Reaksiyon süresi [s]	20
Yılama süresi 1/2 [s]	10/7
İndirgeyici ajan	NaBH ₄ /0.3% + NaOH/0.1%
Asit	HCl/3%

3.3.5. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler SPSS paket programı (IBM SPSS Statistics 22, USA) kullanılarak gerçekleştirildi. Mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) örneklerinin ağır metal

birikimlerinin doku, istasyon ve bölgelere göre farklılıkları tek yönlü varyans analiziyle (One Way ANOVA) incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemliliğini belirlemek için Tukey HSD karşılaştırma testi uygulandı. Sonuçlar Ortalama (ort) $\pm$ Standart hata (Sh) olarak ifade edildi ve $P < 0.05$ değerleri istatistiksel olarak önemli kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Mavi Yengeçlerin Ağır Metal Konsantrasyonları

Hatay ilinin Dörtöl, Samandağ, İskenderun ilçelerinin kıyılarından tutulan mavi yengeçlerin kas, solungaç ve hepatopankreas dokularının ağır metal konsantrasyonları ($\mu\text{g/L}$) çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 'de gösterildi. Çalışmanın verileri mavi yengeç örneklerinin doku (kas, hepatopankreas, solungaç) ve istasyonlar (İskenderun, Samandağ, Dörtöl) için ayrı ayrı oluşturuldu.

4.1.1. Dörtöl istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, solungaç, hepatopankreas dokularındaki ağır metal düzeyleri

Dörtöl istasyonundaki mavi yengeçlerdeki Pb düzeyleri için solungaç dokusunda 30,73 $\mu\text{g/L}$ değeri tespit edilirken, kas ve hepatopankreas dokuda Pb metali tespit edilmedi. Dokular arası Cd değerleri 45,46 ile 417,68 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup, maksimum değer hepatopankreas dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Hepatopankreas Cd değeri istatistiksel olarak kas ve solungaç dokularından yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Dokular arası As miktarları 2233,04 ile 7998,64 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup maksimum değer solungaç dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Dokular arası As değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı tespit edildi. Solungaç doku As düzeyleri istatistiksel olarak kas ve hepatopankreas dokularından yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Ni değerleri 560,00 ile 7821,50 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup, maksimum değer solungaç dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Solungaç doku Ni değeri istatistiksel olarak kas ve hepatopankreas dokularından yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Dokular arası Hg değerleri 8,44 ile 54,70 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup, maksimum değer kas dokuda, minimum değer solungaç dokuda tespit edildi. Kas doku Hg değerleri istatistiksel olarak solungaç ve hepatopankreas dokularından yüksek ($P<0,05$) tespit edildi.

Çizelge 4.1. Dörtüol istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri (Ort±Sh)

Doku	Ağır Metaller (µg/L)				
	Pb	Cd	As	Ni	Hg
Kas	TE	45,46±4,19 ^a	2233,04±101,45 ^a	560,00±74,35 ^a	54,70±2,00 ^b
Solungaç	30,73±2,70	100,24±6,87 ^a	7998,68±540,61 ^b	7821,50±535,57 ^b	8,44±0,75 ^a
Hepatopankreas	TE	417,68±51,49 ^b	5111,92±870,16 ^c	685,94±190,52 ^a	11,14±1,21 ^a
P	-	0,000	0,000	0,000	0,000

^{a, b, c}: Aynı sütunda farklı harfleri gösteren gruplar birbirinden farklıdır (P<0,05)

TE : Tespit edilemedi

4.1.2. Samandağ istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, solungaç, hepatopankreas dokularındaki ağır metal düzeyleri

Samandağ istasyonundan toplanan mavi yengeç örneklerinin kas, solungaç ve hepatopankreas dokularında Pb tespit edilmedi. Dokular arası Cd düzeyleri 123,73 ile 399,61 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer hepatopankreas dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Hepatopankreas doku Cd düzeyleri istatistiksel olarak kas ve solungaç dokularından yüksek (P<0,05) tespit edildi. Dokular arası As değerleri 2417,44 ile 11202,35 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer solungaç dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Solungaç doku As düzeyleri istatistiksel olarak kas ve hepatopankreas dokularından yüksek (P<0,05) tespit edildi. Dokular arası Ni düzeyleri 299,50 ile 4144,75 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer solungaç dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Solungaç doku Ni düzeyleri istatistiksel olarak kas ve hepatopankreas dokularından yüksek (P<0,05) tespit edildi. Dokular arası Hg düzeyleri 4,00 ile 36,64 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer kas dokuda, minimum değer solungaç dokuda tespit edildi. Kas doku Hg düzeyleri istatistiksel olarak solungaç ve hepatopankreas dokularından yüksek (P<0,05) tespit edildi.

Çizelge 4.2. Samandağ istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri (Ort±Sh)

Doku	Ağır Metaller (µg/L)				
	Pb	Cd	As	Ni	Hg
Kas	TE	123,73±22,45 ^a	2417,44±305,23 ^a	299,50±62,11 ^a	36,64±4,24 ^b
Solungaç	TE	207,42±30,16 ^a	11202,35±3563,23 ^b	4144,75±622,25 ^b	4,00±0,33 ^a
Hepatopankreas	TE	399,61±68,00 ^b	3900,39±676,52 ^a	556,67±139,50 ^a	6,00±1,18 ^a
P	-	0,001	0,020	0,000	0,000

^{a, b}: Aynı sütunda farklı harfleri gösteren gruplar birbirinden farklıdır (P<0,05)

TE : Tespit edilmedi

4.1.3. İskenderun istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, solungaç, hepatopankreas dokularındaki ağır metal düzeyleri

İskenderun istasyonundan toplanan mavi yengeç örneklerinin; Pb düzeyleri solungaç dokuda 25,21 µg/L tespit edilirken, kas ve hepatopankreas dokularında tespit edilmedi. Dokular arası Cd düzeyleri 88,28 ile 591,02 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer hepatopankreas dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Hepatopankreas Cd değerleri istatistiksel olarak solungaç ve kas dokudan yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Dokular arası As düzeyleri 3758,04 ile 10761,67 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer solungaç dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Hepatopankreas doku As düzeyleri istatistiksel olarak ($P<0,05$) hem kas, hem de solungaç doku ile benzer değerler tespit edilirken, solungaç ve kas doku birbirinden farklı değerler tespit edildi. Dokular arası Ni miktarları 348,75 ile 7362,50 µg/L arasında değişmiş olup, maksimum değer solungaç dokuda, minimum değer hepatopankreas dokuda tespit edildi. Solungaç doku Ni değeri istatistiksel olarak kas ve hepatopankreas dokudan yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Dokular arası Hg düzeyleri 6,42 ile 29,43 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer kas dokuda, minimum değer hepatopankreas dokuda tespit edildi. Kas doku Hg düzeyleri istatistiksel olarak solungaç ve hepatopankreas dokudan yüksek ($P<0,05$) tespit edildi.

Çizelge 4.3. İskenderun istasyonundan toplanan mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri (Ort±Sh)

Doku	Ağır Metaller (µg/L)				
	Pb	Cd	As	Ni	Hg
Kas	TE	88,28±36,26 ^a	3758,04±1221,66 ^a	351,42±46,59 ^a	29,43±1,69 ^b
Solungaç	25,21±8,12	126,66±12,01 ^a	10761,67±1681,29 ^b	7362,50±775,83 ^b	7,53±1,14 ^a
Hepatopankreas	TE	591,02±67,35 ^b	7469,07±2037,94 ^{a,b}	348,75±62,41 ^a	6,42±0,74 ^a
P	-	0,000	0,036	0,000	0,000

^{a, b} : Aynı sütunda farklı harfleri gösteren gruplar birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

TE : Tespit edilemedi

4.1.4. İstasyonlar arası karşılaştırmada mavi yengeçlerde ki ağır metal birikimi

İstasyonlar arası karşılaştırmada mavi yengeç örneklerindeki Pb düzeyleri 25,21 ile 30,73 µg/L arasında değişmekte olup, Pb düzeyleri için maksimum değer Dört Yol

istasyonundaki mavi yengeçlerde tespit edildi. Samandağ istasyonundan toplanan mavi yengeçlerde Pb tespit edilmedi. İstasyonlar arası Cd düzeyleri 187,79 ile 268,65 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer İskenderun istasyonunda, minimum değer Dörttyol istasyonunda tespit edildi. Cd düzeyleri istatistiksel olarak istasyonlar arası benzer değerler gösterdi. İstasyonlar arası As düzeyleri 5575,69 ile 7803,94 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer İskenderun istasyonunda, minimum değer Dörttyol istasyonunda tespit edildi. As düzeyleri istatistiksel olarak istasyonlarda benzerlik gösterdi. İstasyonlar arası Ni düzeyleri 2204,05 ile 3399,02 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer İskenderun istasyonu, minimum değer Samandağ istasyonunda tespit edildi. Ni düzeyleri istatistiksel olarak tüm istasyonlarda benzerlik gösterdi. İstasyonlar arası Hg düzeyleri 14,46 ile 24,76 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer Dörttyol istasyonu, minimum değer İskenderun istasyonunda ölçüldü. Dörttyol istasyonu Hg düzeyleri istatistiksel olarak Samandağ ve İskenderun istasyonundan yüksek ($P<0,05$) tespit edildi.

Çizelge 4.4. İstasyonlar arası karşılaştırmada mavi yengeçlerde ki ağır metal birikimi (Ort±Sh)

İstasyon	Ağır Metaller (µg/L)				
	Pb	Cd	As	Ni	Hg
Dörttyol(n=10*)	30,73±2,70	187,79±34,77	5575,69±589,93	3286,76±711,04	24,76±4,01 ^b
İskenderun(n=10*)	25,21±8,12	268,65±49,20	7803,94±1140,05	3399,02±810,40	14,46±2,09 ^a
Samandağ(n=10*)	TE	243,58±32,93	5971,70±1434,86	2204,05±506,13	15,54±3,12 ^a
P	0,183	0,341	0,352	0,444	0,046

^{a, b} : Aynı sütunda farklı harfleri gösteren gruplar birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

TE : Tespit edilmedi

4.1.5. Mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularında ki ağır metal düzeyleri

Mavi yengeç örneklerinin Pb düzeyleri hepatopankreas, kas, solungaç dokularında tespit edilmediğinden istatistiksel olarak bir sonuca varılamadı. Dokular arası Cd düzeyleri 85,83 ile 469,44 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer hepatopankreas dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Hepatopankreas doku Cd düzeyleri istatistiksel olarak kas ve solungaç dokularından yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Dokular arası As düzeyleri 2764,30 ile 9916,53 µg/L arasında değişmekte olup, maksimum değer solungaç

dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Solungaç doku As değerleri istatistiksel olarak kas ve hepatopankreas dokudan yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Dokular arası Ni düzeyleri 428,45 ile 6442,92 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup, maksimum değer solungaç dokuda, minimum değer kas dokuda tespit edildi. Solungaç doku Ni düzeyleri istatistiksel olarak kas ve hepatopankreas dokudan yüksek ($P<0,05$) tespit edildi. Dokular arası Hg düzeyleri 6,66 ile 40,25 $\mu\text{g/L}$ arasında değişmekte olup, maksimum değer kas dokuda, minimum değer solungaç dokuda tespit edildi. Kas doku Hg düzeyleri istatistiksel olarak hepatopankreas ve solungaç dokudan yüksek ($P<0,05$) tespit edildi.

Çizelge 4.5. Mavi yengeçlerin kas, hepatopankreas, solungaç dokularında ki ağır metal düzeyleri(Ort $\pm$ Sh)

Doku	Ağır Metaller($\mu\text{g/L}$)				
	Pb	Cd	As	Ni	Hg
Kas (n=30)	TE	85,83 $\pm$ 15,01 ^a	2764,30 $\pm$ 393,64 ^a	428,45 $\pm$ 44,90 ^a	40,25 $\pm$ 2,54 ^b
Solungaç(n=30)	TE	144,77 $\pm$ 13,62 ^a	9916,53 $\pm$ 1260,97 ^b	6442,92 $\pm$ 473,57 ^b	6,66 $\pm$ 0,58 ^a
Hepatopankreas(n=30)	TE	469,44 $\pm$ 38,45 ^b	5335,77 $\pm$ 721,98 ^a	546,00 $\pm$ 90,67 ^a	7,85 $\pm$ 0,74 ^a
P	-	0,000	0,000	0,000	0,000

^{a, b} : Aynı sütunda farklı harfleri gösteren gruplar birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

TE : Tespit edilmedi

5. TARTIŞMA

Jop ve ark. (1997) yaptıkları çalışmada Quinnipiac nehrinden (25 adet) ve Connecticut nehrinden (15 adet) topladıkları mavi yengeçlerin kas doku ve hepatopankreas dokudaki metal (Al, As, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag, Ti, Zn) analizlerini yapmışlardır. Quinnipiac nehrinden toplanan yengeçlerin, kas doku ve hepatopankreas doku As değerleri sırası ile 0,76 µg/g, 0,84 µg/g, Hg 0,04 µg/g, 0,06 µg/g, Cd değerleri 0,05 µg/g, 1,18 µg/g, Pb 0,12 µg/g, 0,30 µg/g, Ni 2,07 µg/g, 1,73 µg/g, Connecticut nehrinden toplanan yengeçlerin kas doku, hepatopankreas doku As değerleri sırası ile 0,62 µg/g, 0,60 µg/g, Hg 0,11 µg/g, 0,02 µg/g, Cd 0,40 µg/g, 0,93 µg/g, Pb 0,01 µg/g, 0,003 µg/g, tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Hg'nin birikimi en çok kas dokuda, Cd'nin birikimi hepatopankreas dokuda tespit edildi. Yukarıdaki çalışmada kas ve hepatopankreas dokuda Pb tespit edilirken, yapılan çalışmada Pb tespit edilmedi. Yukarıdaki çalışmayla kıyaslandığında Ni metali yapılan çalışmada kas dokuda daha düşük tespit edilirken, hepatopankreas dokuda daha yüksek tespit edildi. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmadaya göre As yüksek tespit edildi.

Fung ve ark. (2004) Çin'in doğu kıyısı boyunca yedi bölgeden; Dalain (DL), Qingdao (QD), Shanghai (SH), Zhoushan (ZS), Ningbo (NB), Minjiang (MJ), Jiulongjiang (JL), Yeşil dudaklı midye, *Perna viridis* ve mavi midye, *Mytilus* mantarı toplamışlardır ve bu canlı türlerindeki metalleri (Ag, As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se, Zn, Cu, Fe ve Hg) ICP-MS DRC^{Plus} cihazı ile analiz etmişlerdir. Dalain bölgesinden toplanan midyeler için ortalama metal değerlerini As 13,50 µg/g, Cd 2,30 µg/g, Ni 1,50 µg/g, Pb 0,51 µg/g, Hg 28,13 µg/g tespit etmişlerdir. Qingdao bölgesinden toplanan midyeler için ortalama metal değerlerini As 12,93 µg/g, Cd 1,23 µg/g, Ni 3,31 µg/g, Pb 0,90 µg/g, Hg 267,1 µg/g tespit etmişlerdir. Ningbo bölgesinden toplanan midyeler için ortalama metal değerlerini As 15,68 µg/g, Cd 2,38 µg/g, Ni 3,12 µg/g, Pb 0,92 µg/g, Hg 25,86 µg/g tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Ni değerleri İskenderun istasyonunda 3399,02 µg/L, Dörtüol istasyonunda

3286,76 µg/L tespit edildi. As, Cd, Hg, Pb değerleri yapılan çalışmada, yukarıdaki çalışmaya göre daha düşük bulundu.

Burger ve ark.(2003) Delaware Bay'in New Jersey ve Delaware taraflarındaki plajlardan topladıkları 98 adet at nalı yengeçlerinde (*Limulus polyphemus*) yumurta, bacak kası ve kabuk kaslarında metal (Se, As, Cd, Cr, Pb, Hg Mn) konsantrasyonlarını AAS cihazı ile tespit etmişlerdir. New Jersey plajından toplanan yengeçlerin bacak kasındaki metal değerlerini sırasıyla As 14,482 ppb, Cd 29 ppb, Pb 44 ppb, Hg 100 ppb, Delaware plajından toplanan yengeçlerin bacak kasındaki metal değerlerini sırasıyla As 18, 102 ppb, Cd 27 ppb, Pb 29 ppb, Hg 87 ppb tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada mavi yengeç örneklerinin Cd değeri kas dokuda 85,83 µg/Ltespit edilmiş olup, yukarıdaki çalışmaya göre yüksek bulundu. Buna karşı As, Pb, Hg değerleri yukarıdaki çalışmaya göre düşük bulundu.

Mutlu ve ark. (2011) Akdeniz Lagünlerinden Dörtöl Lagünü(DL), Akyatan Lagünü(AL), Paradeniz Lagünü(PL) ve Çamlık Lagünü'nden(ÇL) topladıkları elli mavi yengeç örneklerinin (DL'den 15, AL'den 15, PL'den 10 ve CL'den 10) kas ve solungaç dokularındaki metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Al ve Zn) konsantrasyonlarını ICP-OES cihazı ile belirlemişlerdir. Dörtöl Lagününden toplanan mavi yengeç örneklerinin Cd değerini kas dokuda 0.03 µg/g, solungaç dokuda 0.04 µg/g, Ni değerini kas dokuda 0.43 µg/g, solungaç dokuda 1.96 µg/g değerlerini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada Dörtöl istasyonundan toplanan mavi yengeç örneklerinin Cd değeri kas dokuda 45,46 µg/L, solungaç dokuda 100,24 µg/L, Ni değerleri kas dokuda 560,00 µg/L, solungaç dokuda 7821,50 µg/L tespit edildi. Yapılan çalışma yukarıdaki çalışma ile kıyaslandığında Cd ve Ni değerleri hem kas dokuda hem de solungaç dokuda daha yüksek bulundu.

Engin M.S (2015) Türkiye'nin orta Karadeniz kıyılarındaki bir balık türü olan *Mugil Cephalus*) örneklerinin solungaç, kas ve karaciğer dokularındaki metal (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, As, Se, Ag, Cd ve Pb) seviyelerini endüktif olarak bağlanmış plazma kütle spektrometrisi (ICP- MS) cihazını kullanarak tespit etmişlerdir. Beş adet *Mugil Cephalus* örneklerinin As değerleri kas doku için 0,714-1,642 µg/g, solungaç doku için 0,491-1,480 µg/g, Cd değerleri kas doku için 0,002-0,09 µg/g, solungaç doku için 0,001-0,023 µg/g, Ni değerleri kas doku için 0,467-108,057 µg/g, solungaç doku için 0,847-2,754 µg/g, Pb değerleri kas doku için 0,019-0,179 µg/g, solungaç doku için 0,373-3,047 µg/g arasında tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada As ve Cd değerleri hem kas doku için hemde solungaç doku için yukarıdaki

çalışmaya göre daha yüksek tespit edildi. Ni değerleri yukarıdaki çalışmaya göre kas doku için daha düşük, solungaç doku için daha yüksek tespit edildi. Pb değerleri yukarıdaki çalışma ile kıyaslandığında, yapılan çalışmada kas dokuda Pb tespit edilemedi, solungaç dokudaki Pb değeri yapılan çalışmaya göre daha yüksek tespit edildi.

Türkmen ve ark. (2009) Ege Denizi ve Akdeniz'deki dört farklı bölgedeki (Ege Denizi'nde Kuzey Ege Denizi ve Orta Ege Denizi, Akdeniz'de Antalya Körfezi ve Iskenderun Körfezi) yerel balıkçıların ticari balıkçılık çalışmalarından on iki balık türü (124 örnek) temin etmişlerdir. 12 balık türünün kas ve karaciğer dokularında ki metal düzeylerini ICP-AES cihazı ile tespit etmişler. İskenderun körfezindeki 12 balık türü için kas doku Ni değerleri 0,03-1,02 µg/g, Cd değerleri <0,01-0,31 µg/g, Pb değerleri 0,22-1,28 µg/g tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada İskenderun istasyonundan toplanan örneklerin kas dokuda ki Ni değeri 351,42 µg/L, Cd değeri 88,28 µg/L yukarıdaki çalışmaya göre daha yüksek tespit edildi.

Çoğun ve ark. (2017) Akdeniz'in kuzeydoğusundaki Mersin Körfezi'ndeki iki istasyondan topladıkları mavi yengeçlerin (*Callinectes sapidus*) hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki metal (Cu, Cd, Zn ve Pb) konsantrasyonlarını ICP-MS cihazı ile tespit etmişlerdir. Cd değerlerinin kas doku 0,1 µg/g, solungaç doku 6,9 µg/g, hepatopankreas doku için 11,2 µg/g tespit etmişler. Pb değerlerini kas doku için 1,1 µg/g, solungaç doku için 102,1 µg/g, hepatopankreas doku için 18,2 µg/g tespit etmişler. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Cd metalinin birikim yaptığı doku sırası ile hepatopankreas>solungaç>kas doku, Pb değerinin en fazla solungaç dokuda depolandığı tesit edildi.

Balkas ve ark. (1982) 1977-1980 yılları arasında Türkiye'nin kuzeydoğu Akdeniz kıyılarına yakın yakalanan bazı balık ve kabuklu deniz hayvanlarının *Mugil auratus*, *Mugil saliens*, *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Upeneus moluccensis* (goldband goatfish), *Boops salpa* (salema), *Sardinella maderansis* (sardalya), *Pomatomus saltator* (mavi balık), *Crustacea*, *Portunus pelagicus* (yengeç) , *Penaeus kerathurus* (karides), metal (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Ni, Cr ve Mn) konsantrasyonlarını AAS cihazı ile tespit etmişlerdir. *Portunus pelagicus* (yengeç) türündeki metal birikimi; Pb 0,27 µg/g, Ni 0,12 µg/g, Hg 132 µg/g, Cd 0,03 µg/g tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya göre Hg daha düşük, Ni ve Cd daha yüksek tespit edildi.

Ayas ve Ozogul (2011) Kuzeydoğu Akdeniz'de bulunan Mersin Körfezi'nden topladıkları 60 adet mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) örneklerinin kas dokuda ki metal (Cr, Cd, Pb, Cu, Fe ve Zn) seviyelerini ICP-AES cihazı ile tespit etmişlerdir. Kas doku Cd değerini 0,44-0,75 µg/g, Pb değerini 0,26-0,56 µg/g tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma yukarıdaki çalışma ile kıyaslandığında kas doku Cd değerleri daha düşük tespit edildi, Pb değerleri kas dokuda tespit edilmedi.

Rajeshkumar ve Li (2018) Taihu Gölü'nün kuzey ve batı kısımlarında bulunan Meiliang Körfezi içinde yedi örnekleme yerinden *Cyprinus carpio Linnaeus* türünden 10 örnek ve *Pelteobagrus fluvidraco* türünden 10 örnek alınarak kas, solungaç, bağırsak, böbrek, karaciğer dokularındaki metal (Cr, Cu, Cd, Pb) µg/g değerlerini AAS cihazı ile tespit etmişlerdir. *C. carpio*'nun kas ve solungaç dokudaki Cd değerini sırası ile 0,042, 0,173 µg/g, kas ve solungaç dokudaki Pb değerini sırası ile 0,087, 0,636 µg/g tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Cd ve Pb için birikim solungaç>kas doku şeklinde tespit edildi.

Liang ve ark. (2004) Çin Bohai Denizi kıyı şeridi boyunca sekiz bölgeden, iki gastropod türü (*Rapana venosa* ve *Neverita didyma*) ve üç kabuklu tür (*Mytilus edulis*, *Crassostrea talienwhanensis* ve *Ruditapes philippinarum*) toplamışlardır. Toplanan örneklerdeki metaller (Cd, Co, Cu, Ni, Pb ve Zn) ICP-MS cihazı ile analiz etmişlerdir. *Mytilus edulis* örneklerinin Cd değeri 0,94-1,36 µg/g, Ni değerleri 0,18-0,25 µg/g, Pb 0,16-0,60 µg/g, *Crassostrea talienwhanensis* örneklerinin Cd değeri 0,51-2,55 µg/g, Ni değerleri 0,11-0,44 µg/g, Pb değerleri 0,21-0,62 µg/g, *Ruditapes philippinarum* örneklerinin Cd değerleri 0,14-0,63 µg/g, Ni değerleri 0,72-2,97 µg/g, Pb değerleri 0,13-0,34 µg/g arasında tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya göre örneklerdeki Cd ve Pb değerleri daha düşük, Ni değerleri istasyonlar arası kıyaslamada daha yüksek tespit edildi.

Kargın ve ark. (2001) tarafından İskenderun Körfezi'nden toplanan *Penaeus semiculatus* ve *Metapenaeus monocerus* örneklerinin kas, solungaç ve hepatopankreas dokularında ki Cd ve Pb düzeylerini AAS cihazı ile tespit etmişler. *P. semiculatus* örneklerinin Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarındaki Cd değerleri kas doku için sırasıyla 1,1, 1,0, 1,9, 1,1 µg/g, hepatopankreas doku için sırasıyla 8,2, 7,9, 12,7, 8,3 µg/g, solungaç doku için sırasıyla 2,5, 2,4, 4,5, 2,6 µg/g, Pb değerleri kas doku için sırasıyla 6,3, 5,7, 8,5, 6,8 µg/g, hepatopankreas doku için sırasıyla 13,7, 12,2, 19,7, 13,9 µg/g, solungaç doku için

sırasıyla 18,9, 17,3, 26,2 18,6 µg/g değerlerini tespit etmişlerdir. *M.monocerus* örneklerinin Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarındaki Cd değerleri kas doku için sırasıyla 0,6, 0,5, 1,1, 0,7 µg/g, hepatopankreas doku için sırası ile 3,4, 3,3, 5,6, 3,5 µg/g solungaç doku için sırasıyla 2,1, 2,1, 3,1, 2,2 µg/g, Pb değerleri sırasıyla kas doku için; 11,3, 10,3, 21,6, 12,1 µg/g hepatopankreas doku için; 52,3, 50,2, 76,2, 53,1 µg/g, solungaç doku için; 72,9, 69,9, 101,2, 73,2 µg/g değerlerini tespit etmişlerdir. Yukarıdaki çalışmada yapılan çalışmaya göre Cd ve Pb değerlerini kas, hepatopankreas ve solungaç doku için yüksek bulmuşlardır.

Quarcoo A ve ark. (2015) Lavender Hill yakınlarındaki plajdan taze dil balığı (*Cynoflossus senegalensis*), taze ve kuru ringa balığı (*Clupea harengus*)’nda yaptıkları çalışmada balık türlerindeki ağır metallerin (Pb, Cd, Cr ve As) seviyelerini AAS cihazı ile tespit etmişlerdir. Cd konsantrasyonu *Clupea harengus* 0,43, 0,47 µg/g, taze dil balığı (*Cynoflossus senegalensis*) 0,33 µg/g değerini rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Samandağ istasyonu örneklerinin hepatopankreas dokuda ki Cd değeri 399,61 µg/L, Dört Yol istasyonu örneklerinin hepatopankreas dokuda ki Cd değeri 417,68 µg/L tespit edildi.

Dodoo ve ark. (1998) Ganalı kıyı şeridinin Takoradi, Elmina, Cape Coast, Accra ve Tema bölgelerinden altı balık türü; baraküda (*Spraeana spraeana*), kıl kuyruk (*Trichiurus lepturus*), sardalya (*Surdinella spp*), dil balığı (*Cynofossus senegalensis*), Çipura (*Pagrus coupei*) ve asker balığı (*Cynapastas marmuratus*) ve üç kabuklu türü; mavi yengeç (*Callinectes sapidus*), dikenli ıstakoz (*Panilirus regius*) ve yenilebilir karides (*Crag septempinasus*) toplamışlardır. Cu, Pb, Cd ve Mn olmak üzere dört eser metalin konsantrasyonlarını AAS cihazı ile tespit etmişler. Cu ve Pb metali altı balık türünde, Cd ve Mg metalini üç kabuklu türünde analiz etmişler. Mavi yengeçteki (*Callinectes sapidus*) Cd değerini 0,07 µg/g rapor etmişler. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak mavi yengeç örneklerinin kas doku Cd değeri 85,83 µg/L tespit edildi.

Fırat Ö ve ark. (2008) İskenderun Körfezi’nden yakaladıkları 5 adet yengeç (*Charybdis longicollis*) ve 5 adet karides (*Penaeus semisulcatus*) örneklerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki Cr, Cd, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonlarını AAS cihazı ile tespit etmişlerdir. *Charybdis longicollis* örneklerinin Cd değerleri kas, solungaç, hepatopankreas için sırası ile 25,44, 75,50, 111,2 µg/g, *Penaeus semisulcatus* örneklerinin Cd değerleri kas, solungaç, hepatopankreas için sırası ile 16,72, 70,93, 80,89

$\mu\text{g/g}$ tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada İskenderun istasyonu örneklerinin Cd değeri kas, solungaç, hepatopankreas için sırası ile 88,28, 126,66, 591,02 $\mu\text{g/L}$ tespit edildi. Yapılan çalışmada da yukarıdaki çalışmaya benzer şekilde Cd metali en çok hepatopankreas dokusunda birikim gösterdi. Hepatopankreas, detoksikasyon organı olan karaciğeride içerdiğinden Cd gibi bazı metallerin birikimi için hedef organdır. Bu nedenle hepatopankreas sucul kirliliğin belirlenmesinde kullanılan önemli bir indikatör organdır (Yipel M, 2020).

Eisenberg ve Topping (1984) Chesapeake körfezinin Maryland bölümünden ve yan kollarından beş yıllık bir süre boyunca istiridye (*Crassostrea virginica*) 985 adet, yumuşak kabuklu deniz tarağı (*Mya arenaria*) 202 adet, sert kabuklu deniz tarağı (*Hprcinaria mercinaria*) 202 adet ve mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) 28 adet türlerinden örnekler alıp ağır metal (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg ve Zn) seviyelerini AAS cihazı ile tespit etmişler. Mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) örneklerinin 1979 yılında metal değerlerini; Hg 0,024 $\mu\text{g/g}$, Cd 0,24 $\mu\text{g/g}$, As 0,15 $\mu\text{g/g}$ olarak tespit edilmiş, Pb ise tespit edilmemiştir. 1980 yılında metal değerlerini; Hg 0,035 $\mu\text{g/g}$, Cd 0,20 $\mu\text{g/g}$, As 0,81 $\mu\text{g/g}$, Pb 0,3 $\mu\text{g/g}$ tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma ile yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Samandağ istasyonunda Pb tespit edilmedi. As, Cd değerleri yukarıdaki çalışmaya göre daha yüksek tespit edildi. Hg değeri yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Dörtyol istasyonunda 24,76 $\mu\text{g/L}$ tespit edildi. Young ve ark. (1984), deniz çevresine metal girişinin, insan aktiviteleri ya da antropojenik kaynaklardan, Pb ve Zn koruyucu boyaları içeren diğer metallerin kullanıldığı gemi ve liman aktivitelerinden kaynaklandığını belirtmişler. Yapılan çalışmada Kuzey Doğu Akdeniz bölgesinde Dörtyol ve İskenderun körfezinde Pb metalinin tespit edilmesinin nedeni olarak endüstriyel fabrika atıkları, gemi aktiviteleri, zirai atıklar vb. faaliyetler olduğu düşünülmektedir.

Genç ve Yılmaz (2017) Köyceğiz Lagün Sisteminden topladıkları su, tortu, yengeç dokularında (*Callinectes sapidus*) ve iki balık türünde (*Mugil cephalus* ve *Anguilla anguilla*) altı metalin konsantrasyonlarını (Hg, Cd, Cu, Pb, Cr ve Zn) ICP-AES cihazı ile belirlemişler. 60 adet mavi yengeçte kas, hepatopankreas, solungaç dokudaki metal seviyelerini tespit etmişlerdir. Kas, solungaç, hepatopankreas dokuları için sırasıyla Hg konsantrasyonları 0,090, 0,111, 0,126 $\mu\text{g/g}$, Cd konsantrasyonları 0,161, 0,189, 0,893 $\mu\text{g/g}$, Pb konsantrasyonları 1,20, 2,230, 1,38 $\mu\text{g/g}$ değerlerini rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Cd metalinin en çok hepatopankreas, Pb metalinin en

çok solungaç dokuda biriktiği tespit edildi. Cd'nin endüstriyel kaynaklı ve Cd içeren plastik metal atıklarından yayılarak ekosisteme karıştığını organizmalar için büyüme ve gelişmede bir önemi olmadığını ve karaciğer dokusunda biriktiği tespit edilmiştir. Cd'nin hepatopankreasta daha çok birikim göstermesinin nedenini doğada Zn ile birlikte bulunmasından dolayı olduğunu vurgulamışlar (Goyer,1986; Timbrel, 1991).

Adams D ve Engel M (2014) Florida'nın orta Atlantik kıyısındaki Hint Nehir Lagün sisteminden toplam 51 adet mavi yengeç (*Callinectes sapidus*)'te, kas doku ve tüm vücut dokusunda Hg, CH₃Hg, Pb ve Cd metal analizlerini ICP-MS cihazı ile tespit etmişlerdir. Hg konsantrasyonları kas doku için ortalama 0,078 µg/g, vücut dokusunda Hg konsantrasyonu 0,055 µg/g, Pb konsantrasyonlarını kas doku için ortalama 0,02 µg/g, tüm vücut dokusu için 0,131 µg/g, Cd konsantrasyonlarını kas doku için ortalama 0,029 µg/g, tüm vücut dokusu için 0,079 µg/g bulmuşlardır. Yapılan çalışmada kas doku Hg değeri 40,25 µg/L, yukarıdaki çalışmaya kıyasla daha düşük bulundu.

Türkmen ve ark. (2006), İskenderun Körfezi'nde üç ayrı istasyondan, Arsuz, İskenderun Liman Alanı ve Petrotrans istasyonlarından kefal (*M. cephalus*) ve mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) temin ederek kas dokuda bazı ağır metal düzeylerini araştırmışlardır. Mavi yengeçlerde metal konsantrasyonlarını Cd için 1.06-2.51 mg/kg, Pb için 2.62-4.3 mg/kg, Ni için 1,63-4,19 mg/kg düzeyinde tespit etmişlerdir. Mavi yengeç örneklerinde metal yoğunluğunun daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Mavi yengeç örneklerinin daha yüksek metal yoğunluğuna sahip olmalarının nedenini az hareketli olmalarına ve beslenme özelliklerine bağlamışlardır. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya göre İskenderun istasyonu kas doku Cd değeri 88,28 µg/L, Ni değeri 351,42 µg/L daha düşük bulundu.

Vince cruz ve ark. (2015) Doğu Bataan Sahili'nde bulunan yetiştirme çiftliğinden almış oldukları 50 adet çamur yengeçleri (*Scylla spp*) örneklerinin kas dokularındaki ağır metal (Pb ve Cu) seviyelerini AAS cihazı ile analiz etmişlerdir. Doku örneklerindeki Pb ağır metalini 3,37 µg/L bulmuşlardır. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya oranla daha yüksek Pb değeri tespit edildi. Dörtüol ve İskenderun istasyonlarına ait mavi yengeç örneklerinin Pb değerleri sırası ile 30,73, 25,21 µg/L olarak bulundu. Jop ve ark. 1997 Pb metalini Connecticut nehri hepatopankreas dokuda 3 µg/L, kas dokuda 1 µg/L değerini bulmuşlar. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmadan farklı olarak her üç istasyon için hepatopankreas ve kas dokuda Pb tespit edilmedi.

Yazkan ve ark. (2004) Antalya körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar; *Octopus vulgaris* (ahtapot), *Sepia officinalis* (sübye), *Loligo vulgaris* (kalamar) ve *Parapenaeus longirostris* (karides) her türden 20 örneğin Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini AAS cihazında tespit etmişlerdir. Karideste ve ahtapot örneklerinde Pb'nin analiz edilemediğini, 2000 yılının Şubat ve Mart ayında sübye örneklerinde Pb nin tespit edilemediğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Samandağ istasyonunda her üç dokuda Pb metali tespit edilmedi.

Yılmaz A. (2003) Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyısında yer alan, İskenderun Körfezi'nde üç istasyondan yakalanan *Mugil cephalus* ve *Trachurus mediterraneus*'un kas, deri ve üreme organlarında Fe, Cu, Ni, Cr, Pb ve Zn konsantrasyonlarını ICP-AES cihazı ile belirlemiştir. Analiz için her bir istasyondan her türden on balık kullanmıştır. 1. istasyondaki (Samandağ bölgesine yakın) *M. cephalus* balık türündeki Ni konsantrasyonunu kas dokuda 0,83 µg/g, 3 istasyonun ortalaması 1,22 µg/g bulmuştur. 1. istasyondaki (Samandağ bölgesine yakın) *T. mediterraneus* balık türündeki Ni konsantrasyonunu kas dokuda 0,32 µg/g, 3 istasyonun ortalaması 0,94 µg/g bulmuştur. 1. istasyondaki (Samandağ bölgesine yakın) *M. cephalus* balık türündeki Pb konsantrasyonunu kas dokuda 4,16 µg/g, 3 istasyonun ortalaması 7,45 µg/g bulmuştur. 1. istasyondaki (Samandağ bölgesine yakın) *T. mediterraneus* balık türündeki Pb konsantrasyonunu kas dokuda 0,71 µg/g, 3 istasyonun ortalaması 1,03 µg/g bulmuştur. Yukarıdaki çalışmada 1. istasyondaki (Samandağ bölgesine yakın) tarafta her iki türde Pb ağır metale rastlanırken, yapılan çalışmada Samandağ istasyonunda Pb ağır metali tespit edilmedi, kas dokudaki Ni metali 299,50 µg/L yukarıdaki çalışmayla benzer bulundu.

Tuzen M. (2003) Türkiyenin Orta Karadeniz bölgesinde bulunan Samsun kıyısından beş balık türünü *Alosa caspia* (tirsi), *Engraulis encrasicolus* (hamsi), *Trachurus* (karagöz istavrit), *Sarda* (palamut) ve *Clupea sprattus* (çaça balığı) olmak üzere her türden 10 adet numune ile çalışmıştır. Balık numunelerindeki ağır metallerin (Pb, Cd, Fe, Cu, Mn ve Zn) konsantrasyonlarını AAS cihazı ile tespit etmiştir. Cd düzeyini en düşük *Sarda* örneklerinde 0,09 µg/g tespit ederken, en yüksek Cd düzeyini *Alosa caspia* örneklerinde 0,35 µg/g tespit etmiştir. Pb düzeyini en düşük *Sarda* örneklerinde 0,22 µg/g tespit ederken, en yüksek Pb düzeyini *Trachurus* örneklerinde 0,85 µg/g tespit etmiştir. Yukarıdaki çalışmadaki Cd ve Pb düzeyleri yapılan çalışmaya göre yüksek tespit edilmiştir.

Makedonski ve ark. (2017) Karadeniz'in kuzeydoğu kıyısından en çok tüketilen yedi Bulgar balık türü; çaça (*Sprattus sulinus*) 10 adet, Akdeniz at uskumru (*Trachurus mediterraneus ponticus*) 5 adet, Karadeniz gobileri (*Neogobius melanostromus*) 8 adet, Shad (*Alosa pontica*) 6 adet, Atlantik palamut (*Sarda sarda*) 3 adet, Lüfer (*Pomatomus saltatriks*) 6 adet ve gri kefal (*Mugil cephalus*) 6 adet olmak üzere toplamda 44 numune ile çalışmalarını yapmışlar. Örneklerin yenilebilir kısım ve solungaç dokuda ki Cd, As, Hg, Pb, Zn ve Cu metal düzeylerini, AAS cihazı ile tespit etmişlerdir. Pb düzeyleri solungaç (0,04-0,08 µg/g)>yenilebilir kısım (0,03-0,06 µg/g), As düzeyleri solungaç (0,22-3,7 µg/g)>yenilebilir kısım (0,38-1,1 µg/g), Cd düzeyleri solungaç (0,008- 0,031 µg/g)>yenilebilir kısım (0,006-0,015µg/g), Hg düzeyleri solungaç (0,06-0,160 µg/g)>yenilebilir kısım (0,05-0,13µg/g) tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada yukarıdaki çalışmaya benzer olarak As, Ni ve Pb metallerinin en fazla solungaç dokuda biriktiği gözlemlendi. Kas dokuda tüm metallerin birikme oranı düşüktü. Güner U. (2014) sucul ortamdaki ağır metallerin canlı vücuduna alımının ve birikiminin en fazla solungaçlar, vücut yüzeyi ve sindirim sistemi ile olduğunu vurgulamıştır. Bunun nedeni olarak da ağır metal içeren solunum suyunun, en geniş yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleri ile etkilesmesinden kaynaklandığını öngermektedir. Solungaç dokudaki fizyolojik kirlenmenin mukoz hücrelerin fazla aktif olması, bölünebilme kabiliyetindeki artış ve primer lamellerin ayrılması olarak ifade etmiştir.

Mevcut çalışma da mavi yengeç örneklerinde bulunan ağır metal düzeyleri ile yukarıda verilen deniz canlılarına ait ağır metal düzeyleri arasındaki farklılıkların sebepleri olarak aşağıdaki nedenler gösterilebilir. Deniz canlılarının yakalandığı bölgenin durumu, beslenmeleri, doku tipleri, türleri, cinsleri, büyüklüğü, yaşı, cinsiyeti, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi birçok faktörün etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu nedenlere ek olarak mevcut çalışmada bazı metal düzeylerinin yüksek çıkmasının nedeni olarak İskenderun- Dörtöl Körfezi'ni kirlüten ana kirleticiler; İskenderun şehir kanalizasyonu, endüstri fabrikaları, gübre fabrikaları ile petrol taşımacılığı için körfeze gelen gemilerin yaptığı kirlilikler ve bu kirliliklerin denizde yaşayan canlı organizmalar için bir tehdit kaynağı olduğu sayılabilir. Ayrıca Adana ili sınırlarında kurulu bulunan endüstriyel tesis ve yerleşim yerleri de İskenderun-Dörtöl körfezini kirlletmektedir. İskenderun şehir kanalizasyonunun hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan denize direkt olarak deşarj edilmesi, gübre fabrikalarının ise fosforik asit soğutma suyunu denize direkt deşarj etmesi, ayrıca İskenderun, Dörtöl karayolu üzerinde bulunan akaryakıt istasyonlarının depolama

tesislerinin arıtma ünitelerinin yetersiz olması nedeniyle denize petrol türevi maddeler verilmesi, İskenderun körfezine yoğun bir petrol taşımacılığı olması, tankerlerden yapılan taşımacılık esnasında sızmalardan denize karışan petrol bu nedenler arasında sayılabilir. Ayrıca Petrol taşımacılığı yapan gemiler ise sintine ve balast sularını kıyıdan 40-50 mil açıkta deşarj etmekte, deniz hareketleri neticesi kirlilik kıyıya kadar gelmektedir. Samandağ ilçesinde, deniz kirlenmesinin başlıca sebebi Suriye'nin Lazkiye Limanı'nda demirleyen gemilerin katı ve sıvı atıklarını denize deşarj etmeleri, ayrıca; Asi nehrinin taşıdığı kirlilikleri Samandağ'ından denize dökerek denizin kirlenmesine sebep olmaktadır. Hatay ilinin bu bölgelerinin denizindeki kirlenmenin sudaki metal seviyelerini arttırdığı düşünülmüştür (Hatay, 2018).

6. SONUÇLAR

Metaller bakımından kas, solungaç, hepatopankreas dokuları arasında ve istasyonlar arası farklılık gözlemlenmiştir. Dokular arasında metaller açısından bir genelleme yapmanın oldukça zor olduğu görülmektedir.

Cd değerleri: Mavi yengecin çalışılan dokularında araştırma süresince yapılan analizler kabul edilebilir değerlerin altında kalmıştır. Cd metali dokular arası birikme eğilimi hepatopankreas >solungaç >kas şeklindedir.

As değerleri: Mavi yengecin çalışılan dokularında araştırma süresince yapılan analizler kabul edilebilir değerlerin üstünde bulunmuştur. As metali dokular arası birikme eğilimi solungaç> hepatopankreas >kas şeklindedir.

Ni değerleri: Mavi yengecin çalışılan dokularında araştırma süresince yapılan analizler kabul edilebilir değerlerin üstünde bulunmuştur. Ni metali dokular arası birikme eğilimi solungaç> hepatopankreas >kas şeklindedir.

Hg değerleri: Mavi yengecin çalışılan dokularında araştırma süresince yapılan analizler kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Hg metali dokular arası birikme eğilimi kas> hepatopankreas>solungaç şeklindedir.

Pb değerleri: Mavi yengecin çalışılan dokularında araştırma süresince yapılan analizler kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Pb metali dokular arası birikme eğilimi solungaç dokuda gösterirken, kas doku ve hepatopankreas dokuda Pb metali tespit edilemediğinden iki doku arası kıyaslama yapılamadı.

Cd, Pb ve Hg açısından mavi yengeç dokularında belirlenen miktarlar insan tüketimine izin verilen değerlerden düşük olsada, As düzeyleri yasal limitlerin üzerinde bulunmuştur. Mavi yengeç örneklerinde As yoğunluğunun izin verilen limit değerlerinden daha fazla bulunmasının bu türün tüketimi açısından ilerleyen yıllarda risk oluşturabileceği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak doğal bir ürün olan, önemli bir ekonomik değere sahip olan ve en önemlisi iyi bir besin değerine sahip olan mavi yengeçlerin belirli periyotlarla ağır metal kirliliği açısından takip edilmesinin, gelecekte ekosistem ve insan sağlığının riske girmemesi açısından önemli olduğu kanaatine varılmıştır.

7. KAYNAKLAR

1. **Adams DH, Engel ME.** Mercury, lead and cadmium in blue crabs, *Callinectes sapidus*, From the Atlantic coast of Florida, USA: A multipredator approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **2014**, 102:196-201.
2. **Akdeniz V, Kınık Ö, Yerlikaya O, Akan E.** İnsan Sağlığı ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Çinkonun Önemi. *Akademik Gıda*, **2016**, 14(3):307-314.
3. **Aldık R, Cengizler İ.** The investigation of bacteria, parasite and fungi in blue crabs (*Callinectes sapidus*, Rathbun 1896) caught from Akyatan lagoon in east Mediterranean Sea. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*. JAVST, **2017**, 2(1):11-17.
4. **Ali H, Khan E, Sajad MA.** Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications. *Chemosphere*, **2013**, 91:869-881.
5. **Atar HH, Ölmez M, Bekcan S, Seçer S.** Comparison of Three Different Traps for Catching Blue Crab (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) in Beymelek Lagoon. *Turk J Vet Anim Sci*, **2002**, 26:1145-1150.
6. **Ayas D, Özoğul Y.** The effects of seks and seasonality on the metal levels of different muscle tissues of mature Atlantic blue crabs (*Callinectes sapidus*) in Mersin Bay, north-eastern Mediterranean. *International Journal of Food Science and Technology* **2011**, 46, 2030-2034
7. **Bakar C, Baba A.** Metaller Ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne Ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. *Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, **2009**, 162-185.
8. **Balkas TI, Turgul S. and Salihoglu I.** Trace metal levels in fishand crustacea from northeastern Mediterranean coastal waters. *Marine Environmental Research*, 1982, 6 (4): 281-289.
9. **Bat L, Öztürk M, Öztürk M.** Heavy metal concentrations in some fish and common crab from the Black Sea coast, Turkey. *Celal Bayar Üniversitesi Fen-Ed. Fak. Dergisi Manisa*, ISSN 1301-2428, **1998**.
10. **Bissen M, Frimmel FH.** Arsenic - a Review. Part I: Occurrence, Toksicity, Speciation, Mobility. *Acta hydrochim. hydrobiol.*, **2003**,31:9-18 .
11. **Burger J, Dikson C, Shukla T, Tsipoura N, Jensen Hand et al.** Metals in horseshoe crabs from Delaware bay. *Archives of Environmental Contamination and Toksikology*, **2003**, 44 (1): 36-42.
12. **Carolin CF, Kumar PS, Saravanan A, Joshiba GJ, Naushad Mu.** Efficient Techniques for the Removal of Toksik Heavy Metals from Aquatic Environment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **2017**, 1-67.
13. **Chaiyara R, Ngoendee M, Kruatrachue M.** Accumulation of Cd, Cu, Pb, and Zn in water, sediments, and mangrove crabs (*Sesarma mederi*) in the upper Gulf of Thailand. *ScienceAsia* 39, **2013**, 376-383.
14. **Clesceri LS, Greenberg AE, Eaton AD.** Standard Methods for the Eksamination of Water and Wastewater, 20th Edition, **1998**.
15. **Çağlarırnak N, Hepçimen AZ.** Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Akademik Gıda*, **2010**, 8(2):31-3.

16. **Çetin E, Güher H, Gaygusuz CG.** Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne-Türkiye) Yaşayan Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi. *Turkish Journal Of Aquatic Sciences*, **2016**, 31(1):1-14.
17. **Çoğun HY, Fırat Ö, Aytekin T, et al.** Heavy metals in the blue crab (*Callinectes sapidus*) in Mersin Bay, Turkey. *Bull Environ Contam Toksikol*, **2017**, 98(6): 824-829.
18. **Dodoo DK, Tabbicca SA, Aryee-Sackey P.** Trace Metals in Fish and Crustaceans - Identifying Heavier Polluted Areas in the Ghanaian Continental Shelf. *Chemistry and Ecology*, **1998**, 15:1-3, 15-25.
19. **Duffus JH. (2002)**"Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure Appl. Chem.*, **2002**, 74(5):793–807.
20. **Eisenberg M. and Topping JJ.** Trace metal residues in shellfish from Maryland waters, 1976-1980. *Journal of Environmental Science and Health-Part B Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes*, **1984**, 19 (7): 649-671.
21. **Engin MS.** The assessment of trace metals at gill, muscle and liver tissue in Mugil cephalus. *Environ Monit Assess*, **2015**, 187:255.
22. **Farzin L, Shamsipur M, Sheibani S.** A review: Aptamer-based analytical strategies using the nanomaterials for environmental and human monitoring of toksic heavy metals. *Talanta*, **2017**, 174:619-627.
23. **Fırat Ö, Gök G, Çoğun HY, Yüzereroğlu TA, Kargın F.** Concentrations of Cr, Cd, Cu, Zn and Fe in crab Charybdis longicollis and shrimp Penaeus semisulcatus from the Iskenderun Bay, Turkey. *Environ Monit Assess*, **2008**, 147:117-123.
24. **Fung CN, Lam JCW, Zheng GJ, Connell DW, Monirith I, Tanabe S ve ark.** Mussel-based monitoring of trace metal and organic contaminants along the east coast of China using Perna viridis and Mytilus edulis. *Environmental Pollution*, **2004**, 127: 203–216
25. **Gelibolu S, Türeli C, Şahan A.** Determination Of Haemocytes Amount Andhaemocytes Type In Mature Blue Crab (*Callinectes sapidus*, Rathbun, 1896) Captured In Akyatan Lagoon (Karataş/Adanaturkey). *Journal of Fisheries Sciences.com*, **2009**, 3(3): 181-186.
26. **Genç TO, Yılmaz F.** Metal Accumulations in Water, Sediment, Crab (*Callinectes sapidus*) and Two Fish Species (Mugil cephalus and Anguilla anguilla) from the Köyceğiz Lagoon System-Turkey: An Indeks Analysis Approach. *Bull Environ Contam Toksikol*, **2017**, 99:173-181.
27. **Guns M, Hoeyweghen PV, Vyncke W, Hillewaert H.** Trace metals in selected benthic invertebrates from Belgian coastal waters (1981-1996). *Marine Pollution Bulletin*, **1999**, 38 (12): 1184-1193.
28. **Gülşahin A, Erdem M.** Köyceğiz Gölü Dalyan Kanalları'ndaki Mavi Yengeç, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896)'ın Boy-Ağırlık İlişkisi. *Journal of Fisheries Sciences.com*, **2009**, 3(1): 24-31.
29. **Güner U.** Toksikoloji Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Derleme. Versiyon 2.0.0 **2014**, 130-167.
30. **Goyer RA.** Toxic Effect of Metals. In: Casertt and Doull's Toxicology; The Basic Science of Poisons (Amdur, M, O., Doull J., Klaasses, C, D., -eds.). Pergamon Press: **1986**, 623-680.
31. **Hatay. T.C.** Hatay Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Hatay İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu Hazırlayan: Hatay Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Çevre Yönetim ve Denetim Şube Müdürlüğü Hatay, **2018**.
32. **Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Mathew BB, Beeregowda KN.** Toksicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toksikology*, **2014**, 7(2):60-72.

33. **Järup L.** Hazards of heavy metal contamination. British Medical Bulletin, **2003**, 68:167-182.
34. **Jop KM, Biever RC, Hoberg JR, Shepherd SP.** Analysis of metals in blue crabs, *Callinectes sapidus*, from two Connecticut Estuaries. Bull.Environmental Contamination and Toksikology, **1997**, 58: 311-317.
35. **Kahvecioglu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S.** Metallerin Çevresel Etkileri-I. Metalurji Dergisi, **2003**, 136:47-53.
36. **Karri V, Schuhmacher M, Kumar V.** Heavy metals (Pb, Cd, As and MeHg) as risk factors for cognitive dysfunction: A general review of metal miksture mechanism in brain. Environmental Toksikology and Pharmacology, **2016**, 48:203-20.
37. **Kartal G, Güven A, Kahvecioğlu Ö, Timur S.** Metallerin Çevresel Etkileri II, Metalurji Dergisi, **2004**, 137:46-51.
38. **Kaya S, Pirinçci I. ve Bilgili A.** Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36 akanlıği Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Seri A, Yayın No: 11, Bodrum **1998**.
39. **Khalil KUR, Mehsood N, Faisal MS, Awan B.** Heavy Metals Toksikity: Estimation Of Heavy Metals In Branded And Local Snacks Available In The Markets Of Peshawar, Pakistan. The Professional Medical Journal, **2017**, 29(9):1431-1436.
40. **Khayatzaadeh J, Abbasi E.** The Effects of Heavy Metals on Aquatic Animals. International Applied Geological Congress, Department of Geology, Islamic Azad University - Mashad Branch, Iran, **2010**, 3: 688-694.
41. **Landis WG, Yu MH.** Environmental Toksikology: Impacts of Chemicals Upon Ecological Systems. Heavy Metals. 3rd Ed., ACRC Press Company, New York, **2003**, 219-233.
42. **Lavradas RT, Hauser-Davis RA, Lavandier RC, Rocha RCC, D. Saint’Pierre T ve ark..** Metal, metallothione in and glutathione levels in blue crab (*Callinectes sp.*) specimens from southeastern Brazil. Ecotoksikology and Environmental Safety, **2014**, 107: 55-60.
43. **Lenntech.** Chemical properties of cadmium - Health effects of cadmium - Environmental effects of cadmium. Erişim:<https://www.lenntech.com/periodic/elements/cd.htm>. Erişim tarihi: **2018**.
44. **Lenntech.** Chemical properties of zinc - Health effects of zinc - Environmental effects of zinc. Erişim: <https://www.lenntech.com/periodic/elements/zn.htm>. Erişim tarihi:**2019**.
45. **Liang LN, He B, Jiang GB, Chen DY, Yaoc ZW.** Evaluation of mollusks as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea Science of the Total Environment, **2004**, 324:105-113.
46. **Luczynskaa J, Beata Paszczyka B, Luczynski MJ.** Fish as a bioindicator of heavy metals pollution in aquatic ecosystem of Pluszne Lake, Poland, and risk assessment for consumer's health. Ecotoksikology and Environmental Safety, **2018**,153: 60-67.
47. **Mahurpawar M.** Effects of heavy metals on human health. International Journal of Research-Granthaalayah, **2015**, 1-7.
48. **Makedonski L, Peycheva K, Stancheva M.** Determination Of Some Heavy Metal Of Selected Black Sea Fish Species. Food Control, **2017**, 72: 313-318.

49. **Mohamed SA, Elshal MF, Kumosani TA, Mal AO, Ahmed YM ve ark.** Heavy Metal Accumulation is Associated with Molecular and Pathological Perturbations in Liver of *Variola louti* from the Jeddah Coast of Red Sea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **2016**, 1-11.
50. **Mutlu C, Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y.** Comparison of metal concentrations in tissues of blue crab, *Callinectes sapidus* from Mediterranean Lagoons. *Bull Environ Contam Toksikol*, **2011**, 87(3): 282-286.
51. **Naja GM, Volesky B.** Heavy Metals In The Environment. Toksicity and sources of Pb, Cd, Hg, Cr, As, and radionuclides in the environment. Taylor & Francis Group, CRC Press, **2009**, 13-87.
52. **Naser HA.** Assessment and management of heavy metal pollution in the marine environment of the Arabian Gulf: A review. *Marine Pollution Bulletin*, **2013**, 72: 6-13.
53. **Nordisk** Metodikkomite For Næringsmidler Nordic Committee On Food Analysis. NMKL metode, **1998**, 161: 2-8.
54. **Ojuederie OB, Babalola OO.** Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **2017**, 1-26.
55. **Özbolat G, Tuli A.** Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, **2016**, 25(4):502-521.
56. **Paul A. Haefner JR.** The Biology and Eksploitation of Crabs. The Biology Of Crustacea, Vol. 10 Copyright © 1985 By Academic Press, Inc. All Rights Of Reproduction In Any Form Reserved, **1985**, 111-158.
57. **Quarcoo A, Adotey G, Ayithey K.** Heavy metal levels in fish caught and processed at Lavender - Hill, Accra *International Journal Of Environmental Sciences* Volume 5, No 4, **2015**.
58. **Rajeshkumar S, Liu Y, Zhang KS, Ravikumar B, Bai G, Li KS.** Studies on seasonal pollution of heavy metals in water, sediment, fish and oyster from the Meiliang Bay of Taihu Lake in China. *Chemosphere*, **2018**, 191: 626-638.
59. **Rainbow PS.** Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? *Environmental Pollution*, **2002**, 120: 497-507.
60. **Rajeshkumar S, Li KS.** Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Reports*, **2018**, 5: 288-295.
61. **Rebelo FM, Caldas ED.** Arsenic, lead, mercury and cadmium: Toksicity, levels in breast milk and the risks for breastfed infants. *Environmental Research*, **2016**, 151: 671-688.
62. **Resmi Gazete.** Çift Kabuklu Yumucakçalarda Kimyasal, Toksikolojik Ve Mikrobiyolojik Kabul Edilebilir Degerler, Resmi Gazete, Yürütme ve İdare Bölümü Sayfa: 92, 11 Kas Em **2002**-SayE:24936. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/11/20021114.htm>. Erişim tarihi: **2018**.
63. **Selvin J, Priya S, Kiran GS, Bhosle S.** Causes and Effects of Heavy Metal Pollution. *Biomonitoring Of Heavy Metal Pollution In The Marine Environment Using Indicator Organisms*. Nova Science Publishers, India, **2008**, 249-264.
64. **Sfakianakis DG, Renieri E, Kentouri M, Tsatsakis AM,** Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental Research*, **2015**, 137:246-255.

- 65. Sobihah NN, Zaharin AA, Nizam MK, Juen LL, Kyoung-Woong K.** Bioaccumulation of heavy metals in maricultured fish, *Lates calcarifer* (Barramudi), *Lutjanus campechanus* (red snapper) and *Lutjanus griseus* (grey snapper). *Chemosphere*, **2018**, 197: 318-324.
- 66. SPSS, 2016.** Computer Program, MS. For windows, version 22. USA: SPSS Inc.
- 67. Su Ürünleri Yönetmeliği.** Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Yetki Kanunu : 1380 Yayımlandığı R.Gazete : 10.03.1995-22223 EK-9, “Balıklarda organoleptik, kimyasal ve mikrobiyolojik kabul edilebilir değerler (Değişik:RG-21/9/2008- 27004)”, Ankara, **2008**.
- 68. Şentürk M.** Saroz Körfezi Balık Türlerinde Arseniğin Hidrür Oluşturmalı Atomik Absorpsiyon Ve Grafit Firin Atomik Absorpsiyon Spektrometri İle Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne-**2013**.
- 69. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ.** Heavy metals toxicity and the environment. NIHRCMI Center for Environmental Health, **2012**, 101:133-164.
- 70. Timbrell JA.** Principles of Biochemical Toxicology. Second Edition. Taylor& Francis, London&Washington DC **1991**, 369-378.
- 71. Tuzen M.** Determination of heavy metals in fish samples of the Middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chem.*, **2003**, 80: 119-123.
- 72. Türkmen A, Türkmen M, Tepe Y, Mazlum Y, Oymael S.** Metal Concentrations in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugil cephalus*) in İskenderun Bay, Northern East Mediterranean, Turkey, *Environmental Contamination and Toxicology*, **2006**, 77:186-193.
- 73. Türkmen M, Türkmen A, Tepe Y, Tore Y, Ates A.** Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry*, **2009**, 113, 233–237.
- 74. Uzunoglu O.** Gediz Nehrinden Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa **1999**.
- 75. Velusamy A, Kumar PS, Ram A, Chinnadurai S.** Bioaccumulation of heavy metals in commercially important marine fishes from Mumbai Harbor, India. *Marine Pollution Bulletin*, **2014**, 81: 218-224.
- 76. Vince Cruz CCE, Ramos G, Ablan-Lagman MC.** Heavy metal levels in mud crabs (*Scylla spp.*) from East Bataan Coast Environ Sci Pollut Res, **2015**, 22:6359-6363.
- 77. Yarahmadi SS and Ansari MR.** Ecological risk assessment of heavy metals (Zn, Cr, Pb, As and Cu) in sediments of Dohezar River, North of Iran, Tonekabon city. *Acta Ecologica Sinica*, **2018**, 38: 126-134.
- 78. Yarsan E, Bilgili A ve Türel İ.** Van Gölünden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turk J Vet Anim Sci.*, **2000**, 24: 9396.
- 79. Yavuz O, Sarıgül N.** Toprak ve Sucul Ortamlardaki Ağır Metal Kirliliği ve Ağır Metal Dirençli Mikroorganizmalar. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, **2016**, 7(1): 44-51.
- 80. Yazkan M, Ozdemir F, Golukcu M.** Antalya Körfezi’nde avlanan bazı Yumusakçalar ve Karidesde Cu, Zn, Pb, ve Cd İçeriği (in Turkish). *Tubitak. Turk. Vet. Hayvan. Derg.* **2004**, 28: 95-100.
- 81. Yılmaz BA.** Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb and Zn) in tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. *Environ. Res.* **2003**, 92: 277-281.
- 82. Yipel M.** Balık Hekimliği, Bölüm: Kalıntı ve Kirlilik, Yayın Yeri: Yayınevi: Güneş Tıp Kitabevleri, Editör: Prof. Dr. Ender Yarsan, ISBN: 978-975-277-809-2, **2020**.

- 83. Yipel Y, Yarsan E.** Güncel Endişe “Su Ürünlerinde Kirlilik”. Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi **2012**: 3-4.
- 84. Yipel M, Tekeli İO, İşler CT, Altuğ ME.** Heavy metal distribution in blood, liver and kidneys of Loggerhead (*Caretta caretta*) and Green (*Chelonia mydas*) sea turtles from the Northeast Mediterranean Sea. Mar Pollut Bull, **2017**, 125(1-2): 487-491.
- 85. Wang LK, Chen JP, Hung YT, Shammash NK.** Heavy Metals in The Environment. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis, **2009**.
- 86. Wang Y, Liang L, Shi J, Jiang G.** Study on the contamination of heavy metals and their correlations in mollusks collected from coastal sites along the Chinese Bohai Sea. Environment International, **2005**, 31:1103-1113.
- 87. William J, Langston, WJ.** Metal Metabolism in Aquatic Environments. *Ecotoxicology*, **1998**, 7: 322-324.

ÖZGEÇMİŞ

1 Mart 1990 yılında Antakya’da doğdu. İlkokul, ortaokul ve liseyi Antakya’da okudu. 2009-2011 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Radyoterapi bölümünü dereceyle, 2012-2016 yılları arasında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Kimya Mühendisliği bölümünü dereceyle ve 2014-2016 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Acil Yardım ve Afet Yönetimi bölümünü başarılı bir şekilde tamamladı. 2018 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Antakya Meslek Yüksekokulu Aşçılık bölümü önlisans eğitimine başladı.

2011-2016 yılları arasında Cumhuriyet Üniversitesi Onkoloji Merkezinde görev aldı. 2016 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi MARGEM (Teknoloji Araştırma Geliştirme ve Uygulama Merkezi) de çalışmaya başladı ve halen devam etmekte.

2017 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladım. Halen aynı anabilim dalında Lisans Üstü eğitimime devam etmekte.