

**KARADENİZ’İN SİNOP KIYILARINDANÖRNEKLENEN
BALIK, OMURGASIZ, ZOOPLANKTON, DENİZ ÇAYIRI
VE SEDİMANDA AĞIR METAL DÜZEYLERİ
HASAN CAN ÖZTEKİN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI**

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARADENİZ’İN SİNOP KIYILARINDAN ÖRNEKLENEN BALIK, OMURGASIZ,
ZOOPLANKTON, DENİZ ÇAYIRI VE SEDİMANDA AĞIR METAL DÜZEYLERİ**

HASAN CAN ÖZTEKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. LEVENT BAT

SİNOP – 2015

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma, jürimiz tarafından 17/02/2015 tarihinde yapılan sınav ile Su Ürünleri
Temel Bilimler Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Prof. Dr. Levent BAT

Üye :

Prof. Dr. Murat SEZGİN

Üye :

Doç. Dr. Yalçın KAYA

ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

11/03/2015

Doç. Dr. Hünkar Ayvın DUYAR
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

KARADENİZ'İN SİNOP KIYILARINDAN ÖRNEKLENEN BALIK, OMURGASIZ, ZOOPLANKTON, DENİZ ÇAYIRI VE SEDİMANDA AĞIR METAL DÜZEYLERİ

ÖZET

Karadeniz'in Sinop kıyılarından 2011-2013 yılları arasında örneklenen zooplankton, deniz çayırı (*Zostera marina*), midye (*Mytilus galloprovincialis*), salyangoz (*Rapana venosa*), yengeç (*Eriphia verrucosa*), balık türleri (*Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus euxinus*, *Trachurus mediterraneus*, *Liza aurata*) ve sedimanda bazı ağır metaller kirlilik izlemeleri için ölçülmüştür. Metal konsantrasyonlarında türler arası önemli farklılıklar bulunmuştur ($P<0.05$). Genel olarak midye, salyangoz, yengeç ve balıklarda çalışılan ağır metal düzeyleri Tarım, Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı (MAFF), Türk Gıda Kodeksi Tebliği, Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne belirlenen gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitlerinden daha düşük bulunmuştur. Türkiye orta Karadeniz kıyıları zooplankton, deniz çayırı ve sedimanında tespit edilen ağır metal konsantrasyonları gelecek çalışmalar için referans düzeyleri olarak kullanılabilir. Çalışma sonuçları diğer çalışmalarla karşılaştırılarak tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, zooplankton, deniz çayırı, midye, salyangoz, yengeç, balık, sediman, Sinop kıyıları, Karadeniz

HEAVY METAL LEVELS IN FISH, INVERTEBRATES, ZOOPLANKTON, SEA GRASS AND SEDIMENT FROM SINOP COASTS OF THE BLACK SEA

ABSTRACT

The concentrations of some heavy metals in total zooplankton, seagrass (*Zostera marina*), mussel (*Mytilus galloprovincialis*), sea snail (*Rapana venosa*), crab (*Eriphia verrucosa*), fishes (*Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus euxinus*, *Trachurus mediterraneus*, *Liza aurata*) and sediment from the Sinop coasts of the Black Sea have been measured for monitoring metal pollution between 2011 and 2013. Significant differences in metal concentrations were found between the species ($P < 0.05$). In general, it was found that the levels of heavy metals studied in mussel, sea snail, crab and fish were lower than the maximum permissible limit of the food regulations of the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF), the Turkish Food Codex and Commission Regulation (EC). Heavy metal concentrations recorded in the middle of Turkish Black Sea zooplankton, sea grass and sediment may be used as background levels for future studies. The results of the present study were compared with the other studies and discussed.

Key words: heavy metal, zooplankton, sea grass, mussel, sea snail, crab, fish, sediment, Sinop coast, Black Sea

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca, çalışma konumun belirlenmesinden, konu ile ilgili eğitimime kadar her türlü desteği sağlayan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Levent BAT'a, çalışmalarım sırasında her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Funda ÜSTÜN'e, çalışmamda her türlü bilgi paylaşımında bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Oylum GÖKKURT BAKİ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Alper SİNAN'a, tezimin ve seminerimin yazım aşamasında desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Ayşah VİŞNE'ye, arazi çalışmaları sırasında yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Murat KERİM'e ve daima desteğini gördüğüm yanımda olduklarını bildiğim arkadaşlarım ve aileme teşekkür ederim.

Bu proje çalışması Sinop Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında SÜF-901-12-02 proje numarası ile desteklenmiştir ve projemizin desteklenmesinde katkısı bulunan herkese teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1 Araştırma Materyalleri Hakkında Genel Bilgiler	10
2.1.1. Deniz Çayırı [<i>Zostera marina</i> (Linnaeus, 1753)]	10
2.1.2. Akdeniz Midyesi (<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819)	11
2.1.3. Deniz Salyangozu [<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)]	12
2.1.4. Yengeç [<i>Eriphia verrucosa</i> (Forsskål, 1775)]	13
2.1.5. Barbun Balığı (<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758)	14
2.1.6. Mezgit Balığı [<i>Merlangius merlangus euxinus</i> (Nordmann, 1840)]	15
2.1.7. İstavrit Balığı [<i>Trachurus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)]	16
2.1.8. Sarıkulak Kefal [<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)]	17
2.1.9. Zooplankton	18
2.2. Karadeniz'in Türkiye Kıyılarından Örneklenen Canlılarda Ağır Metal Birikimlerine İlişkin Çalışmalar	19
2.3. Karadeniz'in Türkiye Kıyılarından Örneklenen Sedimanda Ağır Metal Birikimlerine İlişkin Çalışmalar	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. Örneklerin Toplanma Zamanı Ve Yeri	27
3.2. Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri	28
3.2.1. Akliman	28
3.2.2. İç Liman	28
3.2.3. Karakum	28
3.2.4. Korucuk Altı Mevkii	29
3.3. YÖNTEM	29
3.3.1. Organizmaların Analize Hazırlanmaları	29
3.3.1.1. Balık Örneklerinin Hazırlanması	29

3.3.1.2. Omurgasız Örneklerinin Hazırlanması	29
3.3.1.3. Deniz Çayırı Örneklerinin Hazırlanması	29
3.3.1.4. Zooplankton Örneklerinin Hazırlanması	30
3.3.1.5. Sediman Örneklerinin Analize Hazırlanmaları	30
3.3.2. Ağır Metal Analizleri	30
3.3.2.1. Organizmaların Ağır Metal Analizleri	31
3.3.2.2. Sedimanların Ağır Metal Analizleri	31
3.3.3. Data Analizleri	31
4. BULGULAR	32
4.1. Canlılarda Ağır Metal Düzeyleri	32
4.1.1. Balıklarda Ağır Metal Düzeyleri	32
4.1.2. Omurgasızlarda Ağır Metal Düzeyleri	34
4.1.3. Deniz Çayırlarında Ağır Metal Düzeyleri	35
4.1.4. Zooplanktonda Ağır Metal Düzeyleri	36
4.2. Sedimanda Ağır Metal Düzeyleri	38
5. TARTIŞMA/SONUÇ	43
5.1. Balıklarda Ağır Metal Düzeyleri	43
5.2. Omurgasızlarda Ağır Metal Düzeyleri	48
5.3. Deniz Çayırına (<i>Zostera Marina</i>) Ait Ağır Metal Düzeyleri	57
5.4. Zooplanktonda Ağır Metal Düzeyleri	57
5.5. Sedimanda Ağır Metal Düzeyleri	59
6. ÖNERİLER	64
7. KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	75

KISALTMALAR LİSTESİ

DSÇD	= Deniz Strateji Çerçeve Direktifi
EC	= Avrupa Komisyonu (European Commission)
EDI	= Yenilebilir günlük alım (Edible Daily İntake)
EWI	= Yenilebilir haftalık alım (Edible Weekly İntake)
FAO	= Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
MAFF	= Tarım Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı(Ministry of Agriculture Fisheries and Food)
TÜİK	= Türkiye İstatistik Kurumu
TGK	= Türk Gıda Kodeksi
WHO	= Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ

ŞEKİLLER	Sayfa
Şekil 2.1. Deniz Çayırı [<i>Zostera marina</i> (Linnaeus, 1753)]	10
Şekil 2.2. Akdeniz midyesi (<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819)	11
Şekil 2.3. Deniz salyangozu [<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)]	12
Şekil 2.4. Yengeç [<i>Eriphia verrucosa</i> (Forsskål, 1775)]	13
Şekil 2.5. Barbun balığı (<i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758)	14
Şekil 2.6. Mezgit balığı [<i>Merlangius merlangus euxinus</i> (Nordmann, 1840)]	15
Şekil 2.7. İstavrit balığı [<i>Trachurus mediterraneus</i> (Linnaeus, 1758)]	16
Şekil 2.8. Sarıkulak kefal [<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)]	17
Şekil 2.9. <i>Acartia clausi</i> türünde ergin erkek (a) ve dişi (b), nauplisi (c) ve yumurtaları (d)(Üstün, 2010).	18
Şekil 3.1. Araştırma bölgesi	28
Şekil 4.1. Balıklarda As, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonları (mg/kg yaş ağırlık)	33
Şekil 4.2. Örneklenen omurgasız türlerde ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)	35
Şekil 4.3. Akliman'dan toplanan <i>Z. marina</i> türlerindeki ağır metal düzeyleri	36
Şekil 4.4. Sinop kıyılarında zooplankton gruplarının % kompozisyonu	36
Şekil 4.5. Sinop kıyılarından toplanan zooplankton türlerindeki ağır metal düzeyleri	37

ŞEKİLLER ve ÇİZELGELER LİSTESİ

ÇİZELGELER	Sayfa
Çizelge 1.1. 11 İÇD tanımlayıcısı	1
Çizelge 1.2. Tanımlayıcı 8	2
Çizelge 1.3. Tanımlayıcı 9	3
Çizelge 4.1. Balık örneklerinin ortalama ($X \pm SD$), minimum ve maksimum boy (cm), ağırlık (g) değerleri	32
Çizelge 4.2. Balıklarda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg yaş ağırlık)	33
Çizelge 4.3. Örneklenen omurgasız türlerde ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) (A=Akliman;İL= İç Liman)	34
Çizelge 4.4. Akliman'dan toplanan Z. marina türlerindeki ağır metal düzeyleri (mg/kg KA)	35
Çizelge 4.5. Zooplankton örneklerinin toplanma zamanı, yaş-kuru ağırlık ve ağırlık kayı yüzdesi	37
Çizelge 4.6. Sinop kıyılarından toplanan zooplankton türlerindeki ağır metal düzeyleri (mg/kg).	37
Çizelge 4.7. Karakum'dan 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri	39
Çizelge 4.8. Akliman'dan 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri	40
Çizelge 4.9. İç Liman'dan 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri	41
Çizelge 4.10. Korucuk altı mevkiinden 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri	42
Çizelge 5.1. Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	46
Çizelge 5.2. Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarları (mg/kg)	47
Çizelge 5.3. Karadeniz kıyılarından örneklenen salyangozlarda ağır metal miktarları (μg metal g-1 yaş ağırlık)*= kuru ağırlık, - : ölçülmedi	50
Çizelge 5.4. Karadeniz kıyılarından örneklenen midyelerde ağır metal miktarları (μg metal g-1 yaş ağırlık) *= kuru ağırlık, - : ölçülmedi, LOD: Değerlerin altında	52
Çizelge 5.5. Kabuklu Yumuşakçalarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	56
Çizelge 5.6. Karadeniz kıyılarından örneklenen zooplanktonda ağır metal miktarları (μg metal g-1 yaş ağırlık) *= kuru ağırlık, - : ölçülmedi, LOD: değerlerin altında	58
Çizelge 5.7. Karadeniz'in sedimanında ağır metal seviyeleri (μg metal g ⁻¹ kuru ağırlık)	61

1. GİRİŞ

Avrupa Parlamentosunu 2008/56/EC Direktifi ve Konseyin 17 Haziran 2008 tarihinde Deniz Çevresi Politikaları alanında yayımladığı eylem çerçevesi (Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi),nehir ağzı, kıyı ve açık deniz sistemlerinde, ekolojik kalite ve bütünlüğü korumak ve eskihaline getirmek için geliştirilmiştir. DSÇD ekosistem tabanlı yönetim prensibine dayanır, deniz üzerindeki tüm baskıları dikkate alır ve denizlere bölgesel yaklaşır. Direktifin amacı 2020 yılına kadar AB Denizlerinde İyi Çevresel Durumu (İÇD) sağlamaktır. İÇD ekolojik olarak çeşitlilik gösteren, dinamik, temiz, sağlıklı ve verimli deniz sularının çevresel durumudur (DSÇD Madde 3(5)).Çevresel durum kavramı,denizel ekosistemlerinin yapısını ve işlevselliğini, doğal fizyografik,coğrafi ve iklimsel faktörler ve bunun yanı sıra söz konusu bölgedeki insan faaliyetlerinden doğan fiziksel ve kimyasal koşullar ile birlikte değerlendirir. DSÇD, 11 kalitatif tanımlayıcı kullanarak, 2020 yılına kadar, denizel ortamdaki İÇD’nu elde etmek için meydana getirilen denizel stratejilerin gelişimi için bir çerçeve meydana getirir (Çizelge1.1).

Çizelge1.1.11 İÇD tanımlayıcısı

T 1	Biyoçeşitlilik
T 2	Yabancı türler
T 3	Balıkçılık
T 4	Besin zincirleri
T 5	Ötrifikasyon
T 6	Deniz tabanı bütünlüğü
T 7	Hidrografik şartlar
T 8	Kirleticiler
T 9	Deniz ürünlerindeki kirleticiler
T 10	Deniz katı atıkları
T 11	Enerji ve gürültü girişi

Komisyon kararı 2010/477/EU (DSÇD, 8 ve 9 numaralı “iyi çevresel durum tanımlayıcısı: kirleticiler ve etkileri” değerlendirme ölçüt ve göstergelerini ifade etmektedir.Tanımlayıcı 8 ve 9 sırasıyla Çizelge1.2 ve Çizelge1.3’ de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Tanımlayıcı 8

Tanımlayıcı 8. Kirletici konsantrasyonları kirlilik etkilerini arttırmaz. Denizel ortamdaki kirletici konsantrasyonu ve bunlarının etkilerinin, ekosistem üzerine etkileri ve zararları da dikkate alınarak değerlendirilmesi gereklidir (*). İki yasal çerçevenin uygulanmasında doğru koordinasyonun sağlanması için Direktif 2000/60/EC nin karasal ve/veya kıyısulardaki ilgili şartlarının dikkate alınması gereklidir. Ayrıca bölgesel deniz anlaşmalarında bir araya getirilmiş olan bilgiler ve geliştirilmiş olan yaklaşımlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Üye devletlerin denizel ortamla ilgili maddeler konusunda aşağıdakileri dikkate alması gereklidir: Denizel bölge ya da alt bölgeye bitişik kıyısularda, suda, sedimanda ya da biyotadaki, Madde 2(35) e uygun olarak ve Direktif 2000/60/EC nin Ek V inde ilgili Çevresel kalite Standartlarını aşan maddeler; ve/veya Direktif 2000/60/EC nin Ek 10.unda öncelikli olarak verilen ve Direktif 2008/105/EC de düzenlenen, ilgili denizel bölgeye, alt bölgeye ya da alt bölüme deşarj edilen maddeler; ve/veya Kontaminant olan maddeler ve bunların total salınımları (kayıplar, deşarjlar veya emisyonlar) ilgili denizel bölgede, alt bölgede ya da alt bölümde önceden var olan ya da şimdiki (örneğin tehlikeli ve zararlı maddeleri içeren olayların ardında akut kirlilik durumlarının sonucu da olabilir) kirlilikten kaynaklanan önemli risklere neden olabilir. İyi çevre durumuna doğru ilerleme, kirliliğin progresif olarak aşamalarla bitirilip bitirilmemesine bağlı olacaktır; yani denizel ortamdaki kontaminantların varlığı ve bunların biyolojik etkileri kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulmalıdır ve böylece denizel ortamın herhangi bir riskle ya da önemli etkiyle karşı karşıya kalmaması sağlanmalıdır.	8.1. Kirletici konsantrasyonu Direktif 2000/60/EC deki değerlendirmelere uygun olarak yukarıda bahsedilen kirleticilerin ilgili matristeki (biyotada, sedimanda ya da suda) konsantrasyonu (8.1.1) 8.2. Kirletici etkileri	8.1.1. Kaynaklarda belirtilen kirletici konsantrasyonlarının ilgili matrislerde Direktif 2000/60/EC değerlendirmesi altında ölçülmesi 8.2.1. Kirlilik seviyelerinin ekosistem bileşenleri üzerine etkileri. Bir sebep/sonuç ilişkisinin tespit edilmiş olduğu ve izlenmesi gereken seçilmiş biyolojik prosesler ve taksonomik gruplar dikkate alındığında kirliliğin, ilgili ekosistem bileşenleri üzerindeki etki düzeyleri 8.2.2. Akut kirlilik olaylarının (örneğin, Petrol ve petrol ürünlerinin denize akması) ortaya çıkışı, orijini (mümkünse), derecesi ve bunların, bu kirlilikten fiziksel olarak etkilenen biyota üzerindeki etkileri
---	---	--

(*)Buna göre;

1) İyi Çevre Durumu, ilgili tüm insan aktivitelerinin, denizel ortamı koruma ve muhafaza etme şartına uygun olarak ve denizel mal ve hizmetlerin şimdiki ve gelecekteki nesiller tarafından sürdürülebilir olarak kullanılması kavramına göre gerçekleştirilmesini gerektirir (Direktif 2008/56/EC Madde 1).İyi Çevre Durumu için kriterler uygulanırken değerlendirme ve izlemenin hedeflenmesi gerektiği ve denizel ekosistem ve bileşenleri üzerine etkiler ve tehlikelerin önemi dikkate alınarak faaliyetlerin buna göre öncelik sırasına alınması unutulmamalıdır. Bununla birlikte, Direktif 2008/56/EC Madde 8(1)(b)(ii) de bahsedilen denizel ekosistem üzerindeki etkilerin esas birikmiş ve sinerji etkileri dikkate alınarak değerlendirme yapılması önemlidir.

2) Çevresel durumun genel olarak geniş bir çizelgede izlenmesi için bazen bilgi gereksinimleri ve ilgili denizel suların coğrafik kapsamı arasındaki ilişki dikkate alınarak, seçilmiş bazı kriterlerin ve indikatörlerin ilk adım olarak uygulanması uygun olabilir. Böylece, çevresel özellikler ve/veya insan baskısı açısından etkilerin ve tehlikelerin önemi ile ilgili olarak daha detaylı değerlendirmelerin gerekli olduğu durumlar ya da özellikli bölgelerin belirlenmesi mümkün olacaktır.

Madde 2(35) ise çevresel kalite standardı, insan sağlığı ve çevrenin korunması amacıyla belirli bir kirletici ya da kirletici grubunun suda, sedimanda ya da biyotadaki konsantrasyonunun aşılması anlamına gelmektedir.

Çizelge1.3. Tanımlayıcı 9

Tanımlayıcı 9. Balık ve diğer deniz ürünlerindeki kirletici seviyeleri düzenleyici yönetmeliklerdeki belirlenen değeri ve diğer ilgili standartları aşamazlar. Farklı bölgelerde veya alt bölgelerde Üye Devletlerin doğal ortamda yakalanan balıkların, eklembacaklıların, yumuşakçaların, derisi dikenlilerin ve deniz yosunlarının yenilebilir dokularını (kas, karaciğer, balık yumurtası, et, uygun yumuşak kısımlar) ve izlemesi gereklidir. İnsan tüketimine uygun ürünler için Avrupa’da maksimum düzeylerinin ulusal veya bölgesel düzeyde belirlenmiş olduğu maddelerin bulunma olasılıklarına bakılmalıdır.	9.1. Kirleticilerin seviyesi, sayısı ve sıklığı	9.1.1. Tespit edilmiş olan kirleticilerin gerçek seviyesi ve maksimum yasal düzeyleri aştığı belirlenen kirleticilerin sayısı 9.1.2. Yasal sınırların aşılma sıklığı
--	--	---

Su ürünleri üretiminin büyük bir kısmı Karadeniz'den elde edilmesine karşın, kirliliğe karşı hiç bir etkili önlem alınmamakta veya alınan önlemler çok az miktarlarda olmaktadır. Bunun sonucunda üretim de giderek azalmaktadır. Verimin düşmesinin nedenleri arasında aşırı ve bilinçsiz avlamanın yanı sıra kontrolsüz olarak atılan kirletici unsurlar büyük önem taşımaktadır. Deniz kirliliğine neden olan en önemli kaynaklar endüstri atıkları ve bunların içerdiği ağır metallerdir. Çağdaş yaşamda, giderek daha çok endüstriyel mamullerin kullanılması ile, evsel atıkların içeriğinde eskiye oranla daha fazla kimyasal maddeler bulunmaktadır. Bunların bileşiminde ağır metallerde yer almaktadır (Öztürk, 1994).

Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Sinop, endüstriyel kirliliğinin olmadığı, balıkçılık ve turizmin öne çıktığı bir yerleşim birimidir. Bu nedenle doğal bir liman olan Sinop kıyılarında genel etkilenmenin dışında, sadece yaz aylarında artan nüfustan kaynaklanan bir evsel kirlilik söz konusudur. Sinop ili sahillerinde evsel atıklar sürekli olarak kıyılara boşaltılmaktadır ve günümüzde evsel atıklarda görülen ağır metallerin artışı projemizin amacını belirlemede önemli olmuştur (Bat ve Gökkurt-Baki, 2014). Bu nedenle bu bölgedeki sahil sularında ve bazı sucul organizmalarda ağır metal konsantrasyonlarının tespit edilmesive tüketilen balık ve omurgasızların insan sağlığı açısından tehlike oluşturup oluşturmadığı da kontrol edilmesi amaçlanmaktadır. Bu anlamda ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşların kabul ettiği değerler ile karşılaştırılma yapılacaktır, ayrıca daha önce bu yörelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

Günümüzde nüfusun, kentleşmenin ve endüstrileşmenin hızlı artışına paralel olarak insanın doğaya olan müdahalesi, kaynakları sonuna kadar tüketmesi ve ortaya çıkan atıkların doğal ortamlara bırakılması beraberinde birçok çevre sorununu gündeme getirmiştir. Bu süreçte doğal kaynakların hızla tükenmesinin yanı sıra su, toprak ve havanın da kirlenmesi sorunu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle günümüzde doğal kaynaklarda görülen kirlilik mücadele edilmesi gereken en önemli çevre sorunları arasında bulunmaktadır. Diğer ekosistemlerde olduğu gibi sucul ekosistemlerde görülen kirlenme insanı ve suda yaşayan canlıları da ilgilendirdiği için oldukça gündemde olan ve üzerinde sayısız çalışma yapılan bir konudur. Sucul sistemlerde kirlenme evsel, endüstriyel atıkların direk alıcı ortama boşaltılmasından kaynaklanabildiği gibi, toprağın pestisit, sentetik ve organik gübrelere bulaşması sonucu erozyon ya da yıkanma yoluyla kirlenici maddeler sucul sistemlere ulaşabilir. Sonuçta ekosistemin büyük bir bölümünü oluşturan okyanus ve deniz ortamı, eninde sonunda atıklar için alıcı bir ortam olmuştur. Denizel sistemlerde kirlenmeye neden olan en önemli kirlenici arasında ağır metaller bulunmaktadır. Ağır metaller deniz ortamında iz halinde bulunmalarına karşın, organizmadaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklı olmaktadır. Ağır metal terimi doğadaki tüm metalleri ve metaloitleri kapsamaktadır (Bat ve ark., 1998-1999).

Ağır metallerin doğal sulara serbest iyonlar, inorganik veya organik bileşikler ve parçacık maddelere absorbe edilmiş şekillerde bulundukları tespit edilmiştir. Sedimanda çökmüş veya absorbe edilmiş durumda olsalar bile, bazı fiziksel ve kimyasal olaylarla tekrar iyonik forma dönüşür ve toksik etkilerini gösterebilirler. Bu metaller, çevre kirlenmesine neden olmalarından ve çok düşük yoğunluklarda bile deniz organizmalarına ve dolayısıyla besin zincirinin en üstünde bulunan insanoğluna zehirleyici etki gösterdiğinden deniz ekosisteminde oldukça büyük bir öneme sahiptirler. Ağır metallerin bir kısmı iz miktarda olup (örneğin demir, çinko, bakır, mangan) canlıların yaşaması için zorunludur. Kadmiyum, kurşun ve cıva gibi ağır metaller ise eser oranda bulunsalar bile toksik etki göstermektedir. Toksik metaller özellikle iç organlarda birikerek başta sindirim sistemi bozuklukları, sinir hastalıkları olmak üzere kansere ve çeşitli hastalıklara hatta ölümlere neden olmaktadır.

Okyanus ve denizlere kıyısı olan pek çok ülkede benzer olaylar yaşanmakta olduğundan ağır metal kirliliğinden doğabilecek tehlike konusunda çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Ülkemizde de ağır metal çalışmaları yıllardır yapılmaktadır. Dünyadaki sayılı iç denizlerden biri olan Karadeniz, dar bir boğazla yine kendisi gibi bir iç deniz olan Marmara Denizi'ne, oradan da Ege Denizi'ne açılmaktadır. Bu nedenle doğal dolaşımı çok az olduğundan kendi kendini temizleme yeteneği sınırlı kalmaktadır. Karadeniz'e dökülen Türkiye kıyılarından Sakarya, Kızılırmak, Yeşilirmak, batıdan Tuna, kuzeyden Dinyeper ve Dinyester nehirleri beraberinde milyonlarca ton organik maddeyi ve diğer atıkları Karadeniz havzasına taşımaktadırlar. Oysaki Karadeniz ülkemizin balıkçılık anlamında en değerli denizidir ve ülkemizde avcılık yolu ile elde edilen üretimin %70'inden fazlası bu denizden sağlanmaktadır (Tuik, 2013). Karadeniz özellikle son yıllarda kontrolsüz balık avcılığı ve gemi taşımacılığı, mineral işletmeleri, toksik atıkların dökülmesi, kıyı şehirlerinin evsel atıklarının boşaltılması ve nehirler yoluyla gelen kirleticilerle hızla kirlenmektedir.

Tarım alanlarının bozulması, hayvancılığın azalması, hayvansal protein gereksiniminin karşılanmasında, dikkatlerin su ürünlerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Genelde insan tarafından protein kaynağı olarak tüketilen balıklar, akuatik ortamlardaki besin zincirinin üst trofik düzeyinde yer alırlar. Bu nedenle sucul ortamlardaki ağır metal kirliliği ile besin zincirinin çeşitli trofik düzeylerindeki metal düzeylerinin belirlenmesi, sucul ekosistemin yanı sıra insan sağlığını da yakından ilgilendirmesi bakımından önemlidir.

Balıklar; protein oranı yüksek olduğundan, az miktarda doymuş yağ ve aynı zamanda omega yağ asitlerini de içerdiğinden sağlık bir gıda olarak ülkemizde de yoğun olarak tüketilmektedir. Diğer taraftan, balıklar kirli bölgelerde yoğun olarak kirleticilere maruz kalmaktadır. Bu yüzden, bütün dünyada sayısız araştırmacı tarafından balıkların yenilebilir kas dokuları başta olmak üzere ve diğer bazı organlarındaki ağır metal birikimleri yoğun çalışmalara konu olmuştur. Dolayısıyla insan beslenmesinde çok önemli bir yeri olan balıkların ağır metal düzeylerinin bilinmesi son derece önemlidir. Ağır metallerin balıklara olan etkisi metalin cinsi ve konsantrasyonuna, su kalitesine ve balığın tür ve yaşına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bazı ağır metaller iz düzeylerde toksik olmasa dahi canlının fizyolojisini etkileyerek gelişmesini yavaşlatmakta veya üreme yeteneğini kaybetmesine sebep olmaktadır. Ağır metaller toksik özelliklerinin yanı sıra, su canlılarının vücudunda birikme eğilimi gösterirler.

Ağır metallerin balık vücudundaki birikimi hem besin yoluyla hem deri yoluyla hem de solungaçları ile suyun süzüldüğü sırada olmaktadır. Ağır metallerin vücuttaki dağılımı ise kan ile olur ve büyük bölümü karaciğer ve böbrekte depo edilir.

Balıklar ağır metalleri vücut yüzeyinden, solungaçlardan ve sindirim sisteminden olmak üzere üç yolla alırlar. Bunlardan en önemli olanı solungaçlardan absorpsiyondur. Ağır metallerin vücut yüzeyinden alınması ise oldukça azdır. Balıkların doku ve organlarında biriken ağır metaller, etkide kalınan süreye ve ortamdaki konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirli bir metalin hangi doku ve organda depo edileceği türlere göre değişim göstermektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ise genellikle ağır metallerin ölümcül olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesidir. Çeşitli balık türleri üzerinde yapılan çalışmalarda karaciğerdeki metal birikiminin diğer organlara oranla oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir.

Omurgasızlar içerisinde ağır metal çalışmaları için en çok kullanılan tür ise *M. galloprovincialis* türüdür. Akdeniz midyesi (*M. galloprovincialis*) ticari öneme sahip olan bir tür olup tüm Karadeniz bölgesinde yaygın bir şekilde besin olarak tüketilmektedir. Diğer taraftan sesil bir canlı olması sebebiyle kıyı bölgelerdeki kirliliğin tespiti için de gösterge tür olarak kullanılan organizmalardır. Midyeler ağır metalleri de içerebilen kirleticilere maruz kalan suyun filtrasyonu vasıtasıyla gerçekleştirebilmektedir ve bu kimyasallar midye dokularında biriktirilmektedir. Midyeler filtrasyonla beslenen canlılardır ve oldukça düşük konsantrasyonlarda olsa bile kimyasal kirleticileri fazlaca biriktirmektedirler. Bu nedenle yumuşakçalar özellikle çift kapaklılar kendilerini kimyasal kirliliğin kullanışlı gözcüleri yapan bazı özelliklere sahiptirler. Midyeler (1) yaygın bir coğrafik dağılım gösterirler, (2) hareketsizlerdir, (3) tuzluluk toleransları oldukça yüksektir, (4) normal olarak kendi habitatlarının dominant türleridir. Bu nedenle, son yıllarda midyelerin biyoindikatör canlılar olarak kullanımıyla ve bu hayvanların çevresel kirleticilerle nasıl bir ilişkide olduğuyla ilgili çalışmalara karşı artan bir ilgi söz konusudur.

Rapana venosa ülkemizde tüketilmemesine karşın, uzak doğu ülkelerinde sevilerek tüketilmektedir. Bu nedenle Karadeniz için önemli bir ihraç kalemini oluşturmaktadır. Özellikle Japon Denizi'nde stokların giderek azalması nedeniyle

avcılığına sınırlamalar getirilmiş ve aralarında Türkiye'nin de bulunduğu çeşitli ülkelerden deniz salyangozu ithal edilmeye başlanmıştır. Stoklar yıllarca aşırı avcılığa maruz kalmış, bu nedenle ihraç edilenlerin boyları giderek küçülmüş ve düzensiz av vermesi nedeniyle dış pazarların talebine istenilen zamanda, yeterli ölçüde cevap verilememesi sorunu gündeme gelmiştir. Ayrıca Karadeniz'de son yıllarda giderek artan kirliliğin etkisi ile salyangoz et kalitesinde bozulmalar görülmüştür. Bu amaçla bu proje kapsamında *R. venosa* da biyomonitör tür olarak seçilmiştir.

İnsanoğlu varoluşundan itibaren doğal çevresini kirletmeye, değiştirmeye ve doğada var olan dengeleri bozmaya başlamıştır. İçinde yaşadığımız yüzyılda ise doğal çevremiz düzensiz ve denetimsiz gelişen endüstri, nüfusun hızla artması ve aşırı tüketim gibi faktörlerle tahrip olmaktadır. Hayatın temel öğeleri olan hava, su ve toprakta oluşan kirlilik ise insan hayatını ve geleceğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Deniz kirliliği çevre kirliliğinin bir parçasıdır. Denizlerin dezavantajı kara, nehir, göl, atmosfer gibi ortamlara atılan hemen hemen her tür kirleticinin bir şekilde denizlerde sonlanmasıdır. Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili olduğundan deniz kirliliği hayati önem taşımaktadır. Denizlerin taşımacılık ve turizm amacıyla kullanılması, evsel, endüstriyel atıkların arıtılmadan veya kısmen arıtılarak denize verilmesi, deniz kazaları sonucu meydana gelen petrol akıntıları, akarsulardan denizlere ulaşan tarımsal atıklar kirlenmeyi meydana getiren başlıca etmenlerdir.

Kirleticilerin önemli bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller göller, nehirler, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimanlarında geniş şekilde yayılmıştır. Ağır metaller evsel ve endüstriyel atıklarla, erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarın taşıdığı tozlarla, ormanların yanmasıyla, bitki örtüsüyle ve atmosfer yoluyla sulara taşınır. Ağır metallerin suda yaşayan canlılarda yarattıkları toksik, akut, kronik ve doğrudan etkilerin yanı sıra dolaylı fizyolojik etkileri de olmaktadır. Bu tür kirleticiler canlıların yumurtalarını ve genç bireylerini daha fazla etkilemektedir. Besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşan ağır metaller insanlarda da birtakım rahatsızlıklara hatta ölümlere neden olmaktadır.

Sedimanda biriken ağır metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sediman parçacıklarının oranına, parçacıkların boyutuna ve sedimanda organik maddelerin bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösterir. Sediman ağır metaller için önemli bir birikim yeridir ve bu nedenle sucul ortamların metal kirliliğinin belirlenmesinde

kullanılır. Sediman bileşimi içerdiği tane boyu ve karbonat miktarı ile kontrol edilmektedir. Kil ve siltçe zengin ince taneli sedimandaki ağır metal oranları genelde yüksek, buna karşın karbonatça ve kaba tanece zengin sedimandaki ağır metal oranları genelde düşüktür (Ergin ve ark., 2003).

“Sediman kor” kullanımı karışmamış sediman sütunu elde etmeyi sağlar böylece sediman sütununda aşağı doğru indikçe (derinlere doğru) daha eski tarihteki sedimanlara ulaşılabilir.¹⁴C 1000 yıllar veya 100-150 yıla kadar ise ²¹⁰Pb ölçümleri yaş tayinleri gerçekleştirilmektedir. Metal, hidrokarbon ve canlı yaşama ait parmak izleri oluşturan organik maddeler belirlenmesi sonucunda binlerce yıl öncesinde bölge ne gibi olaylara maruz kalmış anlaşılabilmektedir. Bazı uçucu organik madde tayinleri ile bölgede kıyıya yakın karasal alanlarda ağaçların cinsleri veya ormanların yapısı belirlenebilmekte, insan atıklarından kaynaklanan koprostanol (evsel atıkların izleri vs.) gibi maddelerin yerleşim yerleri hakkında bilgi verebilmektedir. Tane boyu dağılımları incelenerek iklimle bağlantı kurulabilir. Sediman sütunun içindeki suyu alarak (pore suyu) çözünmüş bileşenler belirlenebilmektedir. Van veen grab, orange peel gibi örnekleyiciler ile özellikle ilk 10 cm de bulunan faunayı belirlemek (daha geniş bir alanı örnekler) mümkün olabilmektedir.

2.1. Araştırma Materyalleri Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1. Deniz ayı [Zostera spp. (Linnaeus, 1753)]

Deniz çayırlarını sistematikteki yeri;

Alem: Plantae

şube: Tracheophyta

Takım: Alismatales

Familya: Zosteraceae

Cins: *Zostera*

Tür: *Zostera* spp. (Linnaeus, 1753)



şekil 2.1. Deniz ayı [Zostera spp.(Linnaeus, 1753)]

Deniz ayırlarından olan *Zostera* spp. fiziksel yapıları ve birincil üretimleri ile kompleks besin ağına önemli destek sağlamakta, hatta besin zincirinin önemli temel bileşenini oluşturmaktadır. Deniz ayırları, besinleri ve kirleticileri süzer, sedimanı sabitler ve dalga hareketlerini düzenler (Atalay 2006). Karadeniz'in tüm kıyıların en baskın bitki grubu olarak gösterilebilirler. *Zostera* spp. yayılım alanları Sinop civarında yapılan çalışmalarda 9 metre derinliğe kadar tespit edilmiştir. Yayılımın sığ sularda olması deniz kıyı alanları kirliliğı için önemli bir biyomonitör tür olmaktadır (Lafabrie ve ark., 2007).

2.1.2. Akdeniz Midyesi (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)

Akdeniz midyesinin sistematikteki yeri;

Alem : Animalia

Şube : Mollusca

Sınıf : Bivalvia

Takım : Filibranchiata

Familya : Mytilidae

Cins : *Mytilus*

Tür : *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819



Şekil 2.2. Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)

Akdeniz midyesi *M. galloprovincialis* herhangi bir olumsuz belirti gözlemlenmeden metalleri bünyelerine alıp depoladıkları iyi bilinmektedir. Su içerisindeki parçacıkları süzerek beslenen midyeler, çevrelerinden suyla birlikte aldıkları metalleri uzun süre biriktirebilirler. Bu nedenle de kirlilik araştırmalarında Türkiye’de ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalarda öncelikli seçilen bir türdür. Sinop’ta sevilerek tüketilmektedir. Ayrıca özellikle yaz aylarında Sinop’a gelen turistler tarafından tercih edilmektedir. Bu anlamda ağır metal kirliliğinde önemli bir yer tutar.

2.1.3. Deniz Salyangozu [*Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)]

Deniz salyangozunun sistematikteki yeri;

Alem : Animalia

Şube : Mollusca

Sınıf : Gastropoda

Alt sınıf : Prosobranchia

Takım : Neogastropoda

Familiya : Muricidae

Cins : *Rapana*

Tür : *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)



Şekil 2.3. Deniz salyangozu [*Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)]

Japonya'dan gelen gemilerin sintine suyu ile Karadeniz'e giren *R. venosa* ilk kez 1946'da Novorosisk körfezinde rapor edilmiştir. Yüksek ekolojik valansa sahip olan deniz salyangozu sonradan tüm Karadeniz'e yayılarak hızlı uyum sağlamıştır. Midye ve istiridye gibi çift kabuklu deniz canlılarının en aktif predatörü olan *R. venosa* istenmeyen, istilacı ve ekolojik sistemi ciddi şekilde bozabilen tür olarak tanımlanmaktadır.

2.1.4. Yengeç [*Eriphia verrucosa* (Forsskål, 1775)]

Yengeç'in sistematikdeki yeri;

Alem : Animalia

Şube : Artropoda

Snıf : Malacostraca

Takım : Decapoda

Familya : Eriphiidae

Cins : *Eriphia*

Tür : *Eriphia verrucosa* (Forsskål, 1775)



Şekil 2.4. Yengeç [*Eriphia verrucosa* (Forsskål, 1775)]

Ülkemizde pavurya Sinop halkı tarafından “küflü” olarak bilinen *E. verrucosa* kayalık kıyı boyunca sığ suda, kaya ve yosunlar arasında 15 metre derinliğe kadar dağılım göstermektedir. Ticari olarak satışı çok az yapılmakla beraber Sinop'ta sevilerek tüketilmektedir. Ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi bölge halkını bilgilendirmek açısından etkili olacaktır.

2.1.5. Barbun Balığı (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)

Barbun balığının sistematikteki yeri Fishbase'e göre verilmiştir.

Alem : Animalia

Şube : Vertebrata

Sınıf : Actinopterygii

Takım : Perciformes

Familya : Mullidae

Cins : *Mullus*

Tür : *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758



Şekil 2.5. Barbun balığı (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)

Barbunya balığı tüm denizlerimizde bulunmaktadır. Yaşam alanları genellikle kumlu ve çamurlu zeminlerdir. Genellikle 2-200 metre arasında yaşarlar. Beslenmeleri özellikle çatal bıyıklarıyla kum ve çamuru karıştırmak suretiyle besin ararlar. Küçük bireyler plankton ile beslenirken, erginler, yaşadıkları kumlu ve çamurlu bölgelerdeki küçük balık, yumuşakça, poliket ve yengeçleri avlayarak gerçekleştirir. Barbunya balıklarının etlerinin etinin sıkı ve lezzetli olmasından dolayı ekonomik değeri çok yüksektir.

2.1.6. Mezgit Balığı [*Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840)]

Mezgit balığının sistematikteki yeri Fishbase'e göre verilmiştir.

Alem : Animalia

Şube : Vertebrata

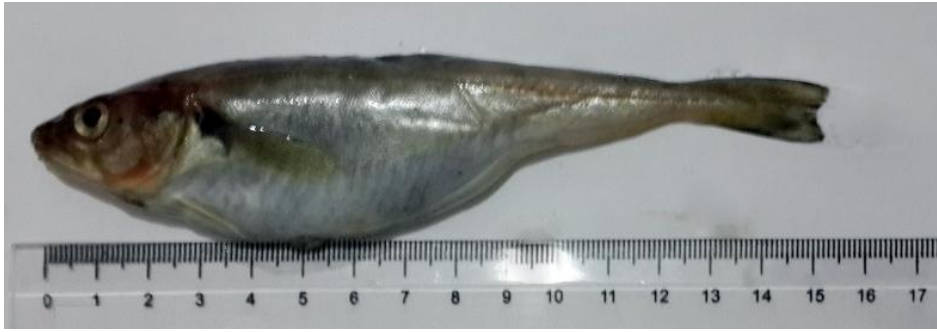
Sınıf : Actinopterygii

Takım : Gadiformes

Familya : Gadidae

Cins : *Merlangius*

Alt tür : *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840)



Şekil 2.6. Mezgit balığı [*Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840)]

Genellikle 30-100 m derinlikteki sığ sularda, kumlu, çamurlu ve killi zemin üzerinde yaşarlar. Gençler ise derinliği 5-30 m arasında olan kıyıya daha yakın sularda yaşarlar. Mezgit balığı karnivor olup, özellikle yengeç ve karides gibi omurgasız hayvanlarla ve hamsi, sardalye ve çaça gibi balıklarla beslenmektedir. Mezgit balığı Karadeniz balıkçılığı için bol ve ekonomik öneme sahip bir balıktır. Semi-pelajik bir balık olan mezgit beyaz etli olup oldukça lezzetlidir ve beğenilerek tüketilir.

TÜİK verilerine göre; Türkiye’de 2013 yılında avlanan 295.167 ton balığın 9396 tonu mezgit balığına ait olup hamsi, istavrit, palamut, sardalye ve çaça’dan sonra en çok avlanan balıktır(Tuik, 2013). En çok tüketilen türler arasında yer alan mezgit ağır metal çalışmalarında önemli bir yer almaktadır.

2.1.7. İstavrit Balığı [*Trachurus mediterraneus* (Linnaeus, 1758)]

İstavrit balığının sistematikteki yeri

Aile : Animalia

Şube : Chordata

Sınıf : Actinopterygii

Takım: Perciformes

Familiya : Carangidae

Cins : *Trachurus*

Tür : *Trachurus mediterraneus* (Linnaeus, 1758)



Şekil 2.7. İstavrit balığı [*Trachurus mediterraneus* (Linnaeus, 1758)]

T. mediterraneus, orta sularda büyük sürüler oluşturarak yaşayan, beslenmek amacıyla derinlere de inen aktif göçmen balıklardır. İstavrit balığının başlıca besinini zooplankton oluşturmaktadır, ayrıca 0 yaşındaki mezigit, ringa, sardalye, hamsi ve küçük kabukluları ve bazı omurgasızları da tüketirler.

İstavrit balığı pelajik bir tür olup eti son derece lezzetli ve pazar değeri yüksek olan bir balıktır. İstavrit Karadeniz’de hamsiden sonra en fazla av verimine sahip balık olduğu için bu proje çalışmamızda kullanılmıştır.

2.1.8. Sarıkulak Kefal [*Liza aurata* (Risso, 1810)]

Sarıkulak kefalın sistematikteki yeri;

Alem : Animalia

Şube : Chordata

Sınıf : Actinopterygii

Takım : Mugiliformes

Familya : Mugilidae

Cins : *Liza*

Tür : *Liza aurata*(Risso, 1810)



Şekil 2.8. Sarıkulak kefal [*Liza aurata* (Risso, 1810)]

Kefal balıkları tropikal ve subtropikal denizlerin daha çok kıyusal bölgelerinde sürüler halinde yaşarlar. Tüm denizlerimizde ve kıyılarımızda sık olarak bulunur. Katadrom balıklardan olup, üremelerini denizlerde gerçekleştirir, beslenmek için lagünleri tercih ederler. Beslenme özellikleri bakımından omnivor özellik gösterirler. Besinleri genellikle lif ya da iplik şeklindeki algler ve diğer bitkilerdir; keza değişik omurgasızları da yerler. Sinop çevresinde bolca avlanan ve tüketilen bir balık türü olduğundan proje çalışmamızda kullanılmıştır.

2.1.9. Zooplankton

Zooplankton fitoplankton ve diğer mikrozooplankton ile beslenen çok küçük hayvanları içermektedir (Üstün, 2010). Ekonomik olarak değerli balıkların çoğu pelajik olarak yumurtalarından çıkmakta ve yaşamlarına plankton olarak başlamaktadır. Besin keselerini tüketen balık larvaları yaşamlarını sürdürebilmesi plankton popülasyonun yoğunluğuna bağlıdır. Bu durumda ortamda oluşan herhangi bir değişiklik, kirlilik plankton popülasyonunu etkilemesi, direk olarak balık popülasyonunu da etkilemektedir (Üstün, 2005).

Ağır metaller su ortamının en ilkel canlıları olan planktonun yapısında birikerek besin zincirine katılmaktadır. Plankton ile beslenen çeşitli kurtçuklar, midyeler, balık larvaları ve diğer canlılardaki metal düzeyleri yükseltmektedir (Bat ve ark., 2006). Özellikle Karadeniz'in en ekonomik hamsinin esas besinini zooplankton oluşturmaktadır. Özellikle *Acartia clausi* türü esas besin kaynağını oluşturmaktadır (Şekil 10). Bu durum zooplanktonda ağır metal birikimlerine bakılması gerekliliğini göstermektedir.



Şekil 3.10. *Acartia clausi* türünde ergin erkek (a) ve dişi (b), nauplisi (c) ve yumurtaları (d) (Üstün, 2010)

2.2. Karadeniz'in Türkiye Kıyılarında Örneklenen Canlılarda Ağır Metal Birikimlerine İlişkin Çalışmalar

Günümüze kadar, su ortamındaki kirlilikleri izlemede geleneksel metotlar suyun kimyasal analizleri idi. Ancak bu veriler su ortamında yaşayan organizmalar üzerindeki kirleticilerin etkisini gösterememektedir. Bu nedenlerle son yıllarda yapılan çalışmalarla denizlerdeki kirliliği belirlemede organizmalardan yararlanılmaktadır. Ağır metal birikim düzeyleri üzerine yapılan çalışmalarda materyal olarak gösterge türler seçilmektedir. Bu organizmaların seçiminde aranılan özellikler Bat ve ark. (1998-1999), tarafından detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Karadeniz'in Türkiye kıyılarında ağır metal kirliliğini belirlemek amacı ile organizmalar kullanılarak yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda biyota örneklerinde ağır metal miktarına bakılmış ve kirliliğin nedenleri araştırılmıştır. Bu projede çalışılmış organizmalara ait daha önceki araştırmalar aşağıda özetlenmiştir. Bu çalışmaların sonuçları tartışma/sonuç bölümünde karşılaştırılarak yorumlar yapılmıştır.

Öztürk ve Öztürk (1994), Sinop'un üst-infralittoral zonunda yer alan farklı iki istasyondan toplanan *Rapana venosa* türünde Zn, Cu, Cd, Ni ve Pb konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Deniz salyangozunun ticari bir tür olmasının yanı sıra, iz elementleri dokularında biriktirdiği ve birçok çalışmada biyoindikatör tür olarak değerlendirilen midyelerle beslendiği için daha da önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Ünsal ve ark. (1992), yaptıkları çalışmada, Orta ve Doğu Karadeniz'de ekonomik önemi olan deniz balıklarından hamsi, istavrit ve mezgit, omurgasız olarak midye ve fitoplankton türlerinde Hg, Cu ve Pb konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Analiz edilen organizmalarda Cu konsantrasyonlarının Doğu Karadeniz'in doğu kısmında batısına göre arttığı, Cu'ın aksine Pb konsantrasyonlarının Karadeniz'in batı kısmında daha fazla olduğu, Hg konsantrasyonlarının ise bazı istisnalar dışında tüm Doğu Karadeniz'de eşit dağıldıklarını ifade etmişlerdir.

Öztürk ve Bat (1994), Sinop kıyılarında örneklenen *Eriphia verrucosa* türlerinde Zn, Cu, Cd, Ni, Pb, Fe ve Mn birikimlerini incelemiştir. Sonuçlar Zn 9,11- 10,77 µg/g, Cu 2,42 – 2,72 µg/g, Cd 0,42 – 0,213 µg/g, Ni 1,10 – 1,61 µg/g, Pb 0,35 – 0,54 µg/g, Fe 2,33 – 2,89 µg/g, Mn 0,18 - 0,44 µg/g olarak bulunmuştur.

Boran ve Karaçam (1997), Trabzon sahillerinden topladıkları Akdeniz midyelerinde Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarını incelemişlerdir. İz element değerlerinin mevsimsel olarak değiştiğini ve canlıların boy gruplarına göre de metal birikiminin farklı olduğunu saptamışlardır. Metal düzeyinin özellikle ilkbahar mevsiminde yüksek olduğunu bunun nedenini, ilkbahar mevsiminde akarsu debilerinin yüksek düzeyde oluşu, metal girdisinin deniz ortamında artması ve diğer çevre koşullarının değişmesine paralel olarak, midyelerdeki metabolik aktivitenin artışından ileri geldiğini bildirmişlerdir.

Bat ve ark. (1999), Karadeniz Sinop kıyılarındaki Akdeniz midyesi *Mytilus galloprovincialis* deki bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarını inceledikleri çalışmalarında ağır metal konsantrasyonları $Zn > Cu > Pb > Cd$ olarak bulunmuştur. Yine Bat ve ark. (2012)'nin aynı kıyılardan aynı tür ve aynı metaller ile yaptıkları çalışmada sonuçlar yine $Zn > Cu > Pb > Cd$ olarak bulunmuş ve Akdeniz midyesinin Karadeniz kıyı alanında ağır metal kirliliğini belirlemede önemli bir gösterge tür olabileceği önerisine varılmıştır.

Bat ve ark. (2000), çalışmalarında Karadeniz'in Sinop kıyılarından toplanan deniz salyangozu *Rapana venosa* türünde ağır metal konsantrasyonlarını incelemişler, canlıların dokularındaki bakır, çinko, kurşun, demir, nikel, mangan ve kadmiyum değerlerini örnekleme istasyonları arasında istatistiki açıdan önemli derecede farklı bulmuşlardır.

Topçuoğlu ve ark. (2003), doğu Karadeniz'in Türkiye kıyısı boyunca Pazar ve Rize olmak üzere iki istasyondan topladıkları makro yosun, midye, balık ve sediman örneklerinde radyoaktif çekirdekler (radyonüklidler) (^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K) ve ağır metal konsantrasyonlarını (Cd, Pb, Cu, Zn ve Mn) belirlemişlerdir. Ölçülen radyonüklid konsantrasyonları Karadeniz kıyısı boyunca yapılan çalışmalarla aynı seviyede bulunmuştur. Ağır metal seviyelerini genellikle Rize ilinde daha fazla tespit edilmiş ve aynı tane boyutundaki Rize ve Pazar sedimanları karşılaştırıldığında, Rize sedimanında Pb, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonları daha fazla bulunmuştur. Ağır metal sonuçlarını önceki çalışmalarla kıyaslandığında yüksek bulunmamıştır. Araştırma süresince Karadeniz bölgesinde sediman ve biyotadaki Pb ve Cu seviyelerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Bat ve ark. (2006), Karadeniz'in Sinop İç Liman bölgesinden toplanan zooplankton ve bazı ticari balıklarda sekiz ağır metal (bakır, kobalt, kurşun, çinko, kadmiyum, manganez, nikel ve demir) miktarları ölçülmüştür. Genel olarak ağır metal düzeyleri Türkiye ve uluslararası standartların vermiş olduğu değerlerin altında bulunmuştur.

Ergün ve ark. (2008), Karadeniz'in kuzey doğu sahilinde bulunan Yomra sahilinde örneklenen midye ve sediman örneklerinde ağır metal birikimleri incelenmiştir. Sonuçlarda midye örneklerinde As, Zn, Cd, ve Se elementleri sediman örneklerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Tepe ve ark. (2008), Türkiye kıyılarında örneklenen *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus* türlerinde Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn metal konsantrasyonlarına bakılmıştır. En yüksek konsantrasyon karaciğerde tespit edilmiştir bunu kas dokusundaki izlemiştir. Her iki türde de farklı dokularda en fazla Cu, Zn ve Fe metal konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada en az bulunan Cd ve Pb konsantrasyonlarıdır. Her iki tür içinde bölgesel değişikliklerdeki konsantrasyon farkları gözlenmiştir.

Çevik ve ark. (2008), Doğu Karadeniz de Akdeniz midyesinde ağır metal element konsantrasyonunu belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar ışığında, midyelerin dokularında tespit edilen Cu ve Zn metallerinin konsantrasyonlarını Türkiye yasalarına göre izin verilebilir seviyenin üzerinde bulmalarına rağmen, Zn konsantrasyonun Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun belirlediği değerlerle aynı mertebede olduğunu belirlemişlerdir.

Özden ve ark. (2010), *Mytilus galloprovincialis* türlerinde yıllık makro ve iz element birikimleri incelemiştir. Na, K, Ca içerikleri yaz aylarında daha yüksek bulunmuştur. Cd, Pb ve Cu içeriklerinin yıl boyunca yasalarca belirlenen değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Hg konsantrasyonlarının ise Ocak ve Ekim aylarında en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Balkıs ve Aksu (2010), Karadeniz'in Türkiye kıyıların midyede, mezgitte ve salyangozda Pb, Cd, Hg ve As metalleri konsantrasyonlarını incelemiştir. Sonuçlar Çevre Bakanlığı su ürünleri yönetmeliğince belirlenen değerlere göre Pb ve Cd Karadeniz'in batısında değerlerin üstünde bulunmuştur. As konsantrasyonu Samsun, Terkos ve Ordu

kıyılarında Su Ürünleri yönetmeliğinin belirlediği değerlerin üstünde bulunmuştur. Hg sahil şeridi boyunca konsantrasyonu değerlerin altında bulunmuştur. Yine Balkıs ve Aksu (2012) Batı Karadeniz’de suda, midyede ve yüzey sedimanlarında Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr ve Hg içeriklerini incelemişlerdir. Midye örneklerinde Cd, Pb, Cr ve Zn içeriklerinin Su Ürünleri Kontrol Yönetmeliği’nde belirtilen değerlerin oldukça üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Nisbet ve ark. (2010), Orta Karadeniz kıyılarındaki Samsun, Sinop, Terme, Fatsa ve Ordu yörelerinden toplanan istavrit, tirsı, çinekop, barbun, izmarit, hamsi, kaya balığı, palamut, mezigit ve kalkan balıklarında kas dokularındaki bazı ağır metal düzeylerinin araştırmışlardır. Elde edilen bu değerlerin FAO/WHO standartları ile karşılaştırdıklarında konsantrasyonların maksimum kabul edilebilir limitleri aşmadığı, fakat kurşun düzeyinin limitlerin üzerinde olduğu bildirmişlerdir.

Mendil ve ark.(2010), Karadeniz’deki ticari önemi olan *Sarda sarda*, *Mulus barbatus ponticus*, *Trachurus trachurus* ve *Merlangius merlangus* türlerinin mevsimsel iz element içeriklerini inceledikleri çalışmalarında ve balık türleri için maksimum metal konsantrasyonlarını 25.5–41.4 (Fe), 17.8–25.7 (Zn), 0.28–0.64 (Pb), 0.64–0.99 (Cr), 1.3–3.6 (Mn), 1.4–1.9 (Cu), 0.18–0.35 (Cd) ve 0.25–0.42 (Co) ppm olarak bulmuşlardır.

Aygun ve Abanoz (2011),Orta Karadeniz’ deki Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve Mezigit (*Merlangius merlangus euxinus*) balıklarında ağır metal miktarını inceledikleri çalışmalarında, 2009 yılında hamside metal konsantrasyonları Fe için 34.0 ± 2.5 µg/g; Mn için 2.0 ± 0.0 µg/g; Zn için 129.3 ± 15.0 µg/g; Cu için 3.7 ± 1.6 µg/g; Pb için 0.4 ± 0.2 µg/g; Cd için 0.2 ± 0.05 µg/g olarak bulunmuş. 2009 yılında mezgitte ise metal konsantrasyonları Fe için 9.9 ± 2.1 µg/g; Mn için 4.3 ± 0.7 µg/g; Zn için 58.0 ± 3.5 µg/g; Cu için 2.3 ± 0.7 µg/g; Pb için 0.9 ± 0.2 µg/g; Cd için 0.2 ± 0.03 µg/g olarak bulunmuşlardır. 2010 yılında hamside metal konsantrasyonları Fe için 51.5 ± 5.3 µg/g; Mn için 4.2 ± 0.9 µg/g; Zn için 221.0 ± 10.5 µg/g; Cu için 3.8 ± 1.9 µg/g bulunmuş. 2010 yılında mezgitte ise metal konsantrasyonları Fe için 7.0 ± 4.6 µg/g; Mn için 3.0 ± 0.0 µg/g; Zn için 28.3 ± 1.0 µg/g; Cu için 2.7 ± 0.7 µg/g olarak bulunmuştur.

Bat ve ark. (2012)’nın yaptıkları çalışmalarında 2010 yılı avcılık sezonunda Karadeniz’in Sinop kıyılarından örneklenen on balık türünün (*Trachurus mediterraneus*, *Sprattus sprattus sprattus*, *Mullus surmelatus*, *Sarda sarda*, *Mugil cephalus*, *Scorpaena porcus*, *Sparus aurata*, *Umbrina cirrosa*, *Spicara maena* ve *Solea*

solea) sırt kas dokularındaki ağır metal (çinko, bakır, kurşun ve kadmiyum) konsantrasyonları belirlenmiştir. Genel olarak çalışılan ağır metal düzeyleri Tarım, Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı (MAFF), Türk Gıda Kodeksi Tebliği, Avrupa Birliği Komisyon Tüzüğüne belirlenen gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitlerinden daha düşük bulunmuştur.

Bat (2014), Karadeniz'in Türkiye kıyılarında yaşayan organizmalarda ağır metal birikimleri tespitine yönelik yapılan çalışmalar çok detaylı olarak en güncel şekliyle derlenerek verilmiştir.

2.3. Karadeniz'in Türkiye Kıyılarından Örneklenen Sedimanda Ağır Metal Birikimlerine İlişkin Çalışmalar

Nüfus artışına paralel olarak, sanayileşme, kentleşme, kimyasal silah denemeleri, nükleer kazalar, yer altı zenginliklerinin ve tarım alanlarının bilinçsizce kullanılması; nehir, göl, deniz ve okyanusların hızla kirletilmesine neden olmaktadır. Denizler jeolojik anlamda çökme havzası olarak bilinirler ve gerek litolojik, gerekse antropojenik kirlilik kayıtlarını sürekli depolarlar. Bu sebeple kirlilik çalışmalarında sedimanlar yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Karadeniz'de bu tür araştırmalar için birçok bilim adamının dikkatini çekmiş ve birçok araştırmalara konu olmuştur. Bölgede yapılan jeokimyasal çalışmalar tarihsel sıralamaya göre aşağıda ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Yücesoy ve Ergin (1992), tarafından yapılan araştırmanın sonuçlarına göre, çökel kayaların ortalama metal bileşimi ile Karadeniz sedimanı karşılaştırıldığında, genel olarak Fe, Co ve Mn konsantrasyonlarının benzer olduğu görülür. Bununla birlikte Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb değerleri Güney Karadeniz sedimanlarında, kayalardakinden ortalama olarak daha fazlabulunmuştur. Çalışma alanının doğu bölümünde Cr, Ni, Cu ve daha düşük oranlarda Fe ve Mn diğer bölümlere oranla daha bol tespit etmişlerdir. Çalışılan metallerin içeriğini Cu için 15-119 µg/g, Cr için 13-239 µg/g, Co için 0-22 µg/g, Ni için 11-22 µg/g, Zn için 24-141 µg/g, Fe için 0,2-5,3 µg/g, Mn için 112-1109 µg/g, Pb için 12-69 µg/g arasındaki değerleri belirlemişlerdir.

Akyüz ve ark. (1995), tarafından Karadeniz dip sedimanlarında 40 farklı istasyondan toplam 100 adet sediman örnekleme gerçekleştirilmiştir. Sediman

kesitinin farklı derinliklerine göre analizlerin yapıldığı bu çalışmada (Br+I) ile U₃O₈, (Br+I) ile Mo ve organik karbon arasında doğrusal korelasyonlar bulunmuştur.

Güven ve ark. (1997), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sinop ve Güney Batı Karadeniz sahilinde yer alan toplam 4 istasyondan alınan yüzey sediman örnekleri incelenmiştir. Sb' un Şile'de, As' in Riva' da, Cr, Fe ve Zn düzeylerinin Sinop'ta yüksek olduğu rapor edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Karadeniz'in Türkiye kıyılarında metal kirliliğinin arttığı bildirilmiştir.

Bakan ve ark.(1998), tarafından Samsun-Mert Irmağı'nda gerçekleştirilen çalışmada, ırmağın genellikle kirli su özellikleri taşımakta olduğu, sediman tabakasında da özellikle yüksek organik madde içeriğinin olduğunu tespit etmişler.

Topçuoğlu ve ark. (1998), tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre, 1995 yılında Sinop ve Kilyos sedimanlarında yapılan analizlerde Ce, La, Se, Cs, Co ve Sb konsantrasyonlarında belirgin bir farklılık bulunamamıştır. Diğer taraftan As, Kilyos çökellerinde yüksek, Cr ve Zn ise daha düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur.

Algan ve ark. (1999), tarafından yapılan çalışmada, Marmara ve Karadeniz kıyı sularından toplam 28 adet yüzey sediman örneği alınmış, örnekleme 10 ay aralıkla iki kez yapılmıştır. Analizler sonucunda Cu, Pb ve Zn miktarlarında zamana bağlı bir azalma görülmezken, Fe ve Mn konsantrasyonlarının arttığı, Hg ve Ni konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir. İstanbul Boğazı'nın Marmara Denizi girişinde metal değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bu durum kara kaynaklı kirletici girdisi ile ilişkilendirilmiştir.

Topcuoğlu ve ark. (2002), tarafından Güney Karadeniz sahilindeki 6 istasyonda yapılan çalışmada makro alg, balık ve yüzey sedimanı analiz sonuçlarına göre Karadeniz'in Türkiye kıyılarında ağır metal kirliliği olduğu belirtilmiştir.

Topcuoğlu ve ark. (2004), tarafından Ünye'de gerçekleştirilen bir çalışmada yüzey sedimanında Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Fe ve Mn konsantrasyonları, Pazar (Rize) yöresi yüzey çökeline elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur. Sedimanlardaki metalkonsantrasyonlarını Cd için < 0,02 µg/g, Cu için 47-111 µg/g, Cr için 39-245 µg/g, Co için 22,5-86,2 µg/g, Ni için 36,5-79,2 µg/g, Zn için 68-148 µg/g, Fe için 4,2-29,6 µg/g, Mn için 907-2830 µg/g, Pb için <0,1-52,9 µg/g olarak tespit etmişler.

Arıman ve ark. (2007), tarafından orta Karadeniz kıyı şeridinde Yeşilırmak, Abdal, Mert, Kürtün, Engiz ve Kızılırmak nehirlerinin ağır metal kirlilik yükünü belirlemek amacıyla su ve yüzey sediman örnekleri alınmıştır. Yapılan ilk mevsimsel analiz sonuçlarına göre, ağır metal kirlilik seviyeleri su örnekleri için özellikle Pb (0.148-1.115 mg/l) ve Ni (0.189-1.227 mg/l) açısından nispeten daha yüksek iken diğer ağır metal türleri için düşük bulunmuştur. Sediman örneklerinde ise Mn 713-17995 ppm, Ni 385-5775 ppm ve Pb 654-1022 ppm aralığında olup, diğer ağır metal türlerine göre daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir.

Yiğiterhan ve ark. (2007), tarafından Karadeniz'in Tuna, Sakarya, Filyos, Kızılırmak, Yeşilırmak nehirlerindeki askıda katı madde ve yüzey sedimanlarında ağır metal konsantrasyonlarını araştırmış ve metal girdilerinin daha fazla antropojenik olduğunu ortaya konmuştur.

Ergül ve ark. (2008), tarafından Karadeniz'in doğu kıyılarında çökel ve askıda katı maddede bazı metal analizlerini (Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb, As, ve Sb) mevsimsel araştırılmıştır. Sedimanda Cd, Cd, Mn konsantrasyonları yaz mevsimi hariç yüksek, Co, Ni ve Fe konsantrasyonları çok düşük belirlemişler.

Yiğiterhan ve Murray (2008), tarafından Tuna Nehri'nin Karadeniz'e döküldüğü bölgede askıda katı madde örneklerinde Zn 1934, Cu 328, Pb 236 ve Ag değerlerini 9,44 ppm olarak belirlenmiştir. Bu metallerin bir kısmı delta havzasına çökelirken büyük bir kısmının akıntı ile Türkiye kıyılarına taşındığını belirlemişler.

Çoban ve ark. (2009), tarafından Zonguldak kıyılarındaki sedimanlarda Cd (0,47 µg/g), Cr (67,95 µg/g), Cu (30,21 µg/g), Mn (274,4 µg/g) Ni (37,03 µg/g), Pb (39,14 µg/g) ve Zn (84,6 µg/g) içeriği tespit edilmiştir.

Balkıs ve Aksu (2012), tarafından batı Karadeniz şelfinde Ağustos 2003 ve Haziran 2004 olmak üzere iki dönemde 14 istasyonda su, midye ve yüzey sediman örnekleme yapılmış, bu örneklerde seçilen bazı metallerin (Al, Fe, Mn, Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr ve Hg) içerikleri incelenmiştir. Yüzey sedimanlarında Pb, Cd, Hg ve Cr içeriklerinin şeyl ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu metallerin değişim aralığı Pb için 10-56 µg/g, Cd için 0,91-2,7 µg/g, Hg için 69-362 µg/g ve Cr için 61-110 µg/g olarak bulunmuştur.

Özkan ve Büyükkışık (2012), tarafından güney Karadeniz sahillerinde çevre kirliliğinin derecesini değerlendirmek için sedimanlarda metal seviyeleri, klorofil bozunma ürünleri, karbonat ve organik karbon seviyelerini araştırmış ve Güney Karadeniz sedimanlarında bu kirleticilerin orijinini tartışmıştır. Faktör analizi sonuçları Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Fe, As, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, Cr, Mg, Ba, Ti, Zr, Sn, S, Y, Hg, organik karbon, karbonat, ve klorofil bozunma ürünleri arasında pozitif ve/veya negatif korelasyonlar olduğunu, bu metallerin farklı antropojenik ve doğal kaynaklara sahip olduğunu tespit edilmiştir. Araştırmacılar jeostatistik verilerinden Jeoakümülasyon indeksine göre, Güney Karadeniz'in yüzey sedimanları Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, As, Sr, Bi, V, Cr, Mg, Zr, Y, Sb, Sn and Ni açısından kirlenmemiş-kısmen kirlenmiş; Hg ve Cd açısından kısmen kirlenmiş ve S ve Mo açısından ise kuvvetlice kirlenmiş olduğunu belirlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu proje çalışması 2011 ile 2013 tarihleri arasında yürütülmüştür. Çalışmada, Karadeniz'in Sinop kıyılarından örneklenen zooplankton, deniz çayırı (*Zostera* spp.), midye(*Mytilus galloprovincialis*), salyangoz (*Rapana venosa*), yengeç (*Eriphia verrucosa*), sediman ve Sinop Yarımadası'nda yakalanan bazı ticari balık türlerinde (*Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus euxinus*, *Trachurus mediterraneus* ve *Lizaaurata*) ağır metal miktarlarının tespiti gerçekleştirilmiştir. Böylece Orta Karadeniz'deki besin zincirinde, mevcut kirleticilerin en önemlilerinden biri olan ağır metallerin düzeyleri tespit edilmiştir. Ayrıca, midye, salyangoz, yengeç ve balık türleri örneklerinden elde edilen değerler halk sağlığı ve biyotopların korunumu açısından ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır.

3.1. Örneklerin Toplanma Zamanı ve Yeri

Zooplankton örnekleme, Sinop İç Liman bölgesindeki istasyondan (42° 00'21" N - 35° 09'32" E; 50 m) Şubat-Ağustos 2011 (Nisan ve Haziran hariç) ve Haziran-Eylül 2012 (Temmuz hariç) tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. 2011 Nisan ve Haziran, 2012 Temmuz aylarında hava muhalefeti ve örnekleme teknesindeki teknik aksaklıklardan dolayı örnekleme yapılamamıştır. Deniz çayırı örnekleri bolca bulunan Sinop'un Akliman kıyılarından serbest dalış ile dalışa elverişli aylarda toplanmıştır. Deniz salyangozu, Akdeniz midyesi ve yengeç örnekleri Sinop'un İç Liman ve Akliman bölgelerinden 0 – 10 metre arasında serbest dalış ile el ile dalışa elverişli aylarda toplanmıştır. Deniz çayırı ve omurgasız örnekleri 2012 Aralık, 2013 Mart, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında örneklenmiştir. Balık örnekleri yakalandıkları gün balıkçı tezgâhlarından alınmıştır. Balık örneklerinde Mezgit, Barbun ve İstavrit 2012 yılının 10 ay'ı örneklendi (Nisan ve Eylül ayları hariç), Sarı kulak Kefal 2012'nin Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında örneklenmiştir. Sediman örnekleri ise 4 ayrı istasyondan (Akliman, Karakum, İç Liman ve Korucuk altı mevkii) 10 metre derilikten 10 cm'lik sediman kor kullanılarak örneklenmiştir.

3.2. Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri

Araştırma bölgesi Şekil 3.1.'de verilmiştir. Araştırma istasyonlarının genel özellikleri aşağıda anlatılmıştır.



Şekil 3.1. Araştırma bölgesi

3.2.1. Akliman

Atıklarını Karasu Çayı aracılığıyla Akliman'a boşaltan cezaevi ve SSK hastanesi dışında herhangi bir kirlетici unsur bulunmamaktadır. Ayrıca yörenin sevilen piknik alanı ve plajı olması nedeniyle bölgede yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır.

3.2.2. İç Liman

Balıkçı teknelerinin, gemi tersanesini bünyesinde bulunduran ve deniz taşımacılığı faaliyetlerinin yapıldığı istasyondur. Ayrıca ada başının sağladığı doğal liman olma özelliğı nedeniyle fırtına vb. kötü hava şartlarında Türk ve yabancı uyruklu birçok geminin demir atıp beklediğı bir bölgedir.

3.2.3. Karakum

İç limanın açık denizle birleştiğı noktada yer almaktadır ve 220 m uzunluğunda, 6m genişliğinde plaja sahiptir. Bu bölgede birkaç turistik tesisin dışında herhangi bir kirlilik kaynağı bulunmamaktadır. Plaj bölgesi ılımlı meyilli olup, plaj materyali %70 kum,%30 çakıldan, dip materyali %50 çakıl, %40 kum, %10 taştan oluşmaktadır (Karaalıoğlu, 2006).

3.2.4. Korucuk Altı Mevkii

Bölge Sinop sanayi bölgesinin ve çevresinde bulunan yerleşimin kanalizasyonunun denize direk boşaltıldığı bir yerdir. Bölge balıkçılık ve deniz turizmi açısından önemli bir yerdir.

3.3. YÖNTEM

3.3.1. Organizmaların Analize Hazırlanmaları

3.3.1.1. Balık Örneklerinin Hazırlanması

Sinop çevresinde avlanmış olan mezgit, barbunya, sarıkulak kefal ve istavrit balıkları balıkçı tekneleri veya tezgâhlarından aynı gün temin edilmiş ve Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi bünyesinde bulunan Temel Bilimler laboratuvarına getirilerek her bir örnek önce şehir suyu ve daha sonra bidistile su ile iyice yıkanmıştır. Her bir balık türünden en az 10 adet örnek alınmıştır. Her bir örneğin yenen kas dokusu (tercihen sırt tarafından) alınarak analize kadar plastik poşetlerinde derin dondurucuda -21 derecede muhafaza edilmiştir.

3.3.1.2. Omurgasız Örneklerinin Hazırlanması

Yengeç, midye ve deniz salyangozu örnekleri, Akliman ve İç Liman istasyonlarından serbest dalış yöntemi ile toplandıktan sonra laboratuvara getirilmiştir. Her bir türden en az 10 adet alınan örnekler önce şehir suyu ve daha sonra bidistile su ile iyice yıkanmıştır. Yenilen dokuları alınarak hazırlanan örnekler analiz tarihine kadar derin dondurucuda -21 derecede muhafaza edilmiştir.

3.3.1.3. Deniz Çayırı Örneklerinin Hazırlanması

Deniz çayırı örnekleri, Akliman bölgesinden serbest dalış yöntemi ile toplandıktan sonra laboratuvara getirilmiş ve her bir örnek önce şehir suyu ve daha sonra bidistile su ile iyice yıkanmıştır. Yıkama işlemi sonrası örnekler kurutma kağıtları üzerinde oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış ve daha sonra etüvde 105°C'de 24 saat bekletilip devamında havası alınmış poşetler içinde analiz tarihine kadar karanlık ortamda muhafaza edilmişlerdir.

3.3.1.4. Zooplankton Örneklerinin Hazırlanması

Zooplankton örnekleme, Sinop iç liman bölgesindeki istasyondan (42° 00'21" N - 35° 09'32" E; 50 m) Şubat-Ağustos 2011 (Nisan ve Haziran hariç) ve Haziran-Eylül 2012 (Temmuz hariç) tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Örnekler, standart net plankton kepçesi (ağ göz aralığı = 112 µm, ağ ağız çapı=50 cm) ile 5 tekerrürlü dikey çekim yöntemiyle dipten yüzeye (50-0 m) toplanmıştır. Vertikal çekimden sonra, kolektörün içeriği 2 mm elekten süzülerek jelatinli organizmalar ortamdan uzaklaştırılmıştır. Toplanan bireyler, yüzey deniz suyuyla doldurulmuş plastik kaplara aktarılmış ve içeriği sulandırılmıştır. Örneklerin konulduğu kaplar, ortam sıcaklığını korumak için soğutucu dolap içine yerleştirilmiş ve mümkün olan en kısa zamanda laboratuvara getirilmiştir. Zooplankton örneklerindeki parçacıklar mikroskop altında temizlenmiştir. Zooplankton örnekleri, plankton ağına (20 µm ağ göz açıklığına sahip) yerleştirilmiş ve bidistile su ile yıkanarak tuzdan arındırılmıştır. Elektteki fazla su ortamdan uzaklaştırılmıştır. Örnekler ağırlığı belli olan petri kaplarına alınmış ve örneğin yaş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra örnekler, 100°C'de 24 saat etüvde kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kurutulan örnekler effondorf tüplere konularak derin dondurucuda saklanmıştır.

3.3.1.5. Sediman Örneklerinin Analize Hazırlanmaları

Akliman, Karakum, İç Liman ve Korucuk altı mevkiinden 0-10 metre derinliklerden 10 cm'lik sediman core ile alınan örnekler yüzeyden 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 ve 8-10 cm lik bölümlere ayrılarak ağır metal analizleri için derin dondurucuda -21 derecede muhafaza edilmiştir.

3.3.2. Ağır Metal Analizleri

Sinop Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında SÜF-901-12-02 proje numarası ile maddi destek sağlanan projemizce analizlere hazırlanan örneklerin ağır metal ölçümleri, doğruluğu ve uluslararası geçerliliğe sahip Çevre Analiz ve Acme akredite laboratuvarlarında yaptırılmıştır.

3.3.2.1. Organizmaların Ağır Metal Analizleri

Organizmalardaki ağır metal analizleri ÇEVRE Gıda Analiz Laboratuvarı Çevre Endüstriyel Analiz Sanayi Ticaret A.Ş tarafından balıklar ve omurgasız türleri için m-AOAC 999.10 metodu, zooplankton ve deniz çayırları için EN 15763 uyarlanarak ICP-MS ile yapılmıştır (AOAC: Association of Official Analytical Chemists; referans numarası TÜRKAK Test TS EN ISO IEC 17025 AB-0364-T)

3.3.2.2. Sedimanların Ağır Metal Analizleri

Sediman örneklerinin analizleri KANADA tarafından denetlenen akredite olan ACME Analitik Laboratuar HİZ. LTD. ŞTİ. tarafından yapılmıştır. Sediman analizleri için örnekler 10 cm'lik sediman core ile alınmış ve 2 cm'lik dilimler halinde alt örneklemeler yapılarak ölçüme gönderilmiştir. Analizlerde 61 adet metale bakılmıştır. Laboratuvarda yapılan analizlerde örneklerin tümü 2 mm boyunda kırılıp daha sonra minimum %85'i 200 lük elekten (0.075 mm-75 mikron) geçecek şekilde öğütülür. Bu hazırlama yöntemi deneme yanılma yoluyla en iyi sonucu veren hazırlama yöntemi olarak bulunmuş ve uluslararası kabul görerek uygulamaya koyulmuştur. Öğütülmüş örnek seçilen paket içeriğine göre asitte çözme ya da süzme (yıkayarak ayırmak ya da filtrelemek) edilerek yine seçilen pakete göre uygun cihazda okunmuştur. Yöntem hazırlanmış örneğin “aqua regia” ya da 4-asitte çözünerek okunmasına dayanmaktadır.

3.3.3. Veri Analizleri

Metal konsantrasyonlarının hesaplanmasında sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir. Balık türleri arasında ve sediman örnekleri istasyonları arasında önemlilik testi tekyönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak, omurgasız türlerinde istasyonlar arası önemlilik testi Bağımsız Örneklem T testi kullanılarak yapılmıştır. Bütün istatistiksel analizler bilgisayar ortamında SPSS programı ve Microsoft Excel 2010 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu proje çalışması Şubat 2011 ile Haziran 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada balıkçı teknelerinden veya balıkçı tezgahlarından örneklenen 4 balık türünde (*M. barbatus*, *M. m. euxinus*, *T. mediterraneus*, *L. aurata*); İç Liman ve Akliman istasyonlarından toplanan yengeç (*E. verrucosa*), midye (*M. galloprovincialis*) ve deniz salyangozu (*R. venosa*) örneklerinde; Akliman'dan istasyonundan toplanan deniz çayırı (*Zostera spp.*) örneklerinde; bir yıl boyunca Sinop kıyılarından toplanan zooplankton örneklerinde arsenik (As), alüminyum (Al), bakır (Cu), çinko (Zn), cıva (Hg), demir (Fe), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) birikimlerine ve Akliman, Karakum, İç Liman ve Korucukaltı istasyonlarından 0-10 m derinlikler arasında serbest dalış yöntemi ile alınan sediman örneklerinde 61 adet metal birikimleri çalışılmıştır.

4.1. Canlılarda Ağır Metal Düzeyleri

4.1.1. Balıklarda Ağır Metal Düzeyleri

Örnekleme çalışmalarında ticari olarak avlanan ve tüketilen balık türlerinden seçilen barbunya (*M. barbatus*), mezgit (*M. m. euxinus*), istavrit (*T. mediterraneus*) ve sarıkulak kefal (*L. aurata*) balıkçı tekne veya tezgâhlarından rast gele örneklenerek seçilmiştir. Örnekler Sinop kıyılarında avlanan ve satışa sunulan balıklardır. Örneklenen balık türlerindeki biyometrik veriler Çizelge 4.1; ağır metal konsantrasyonları ise Çizelge 4.2. ve Şekil 4.1.'te verilmiştir.

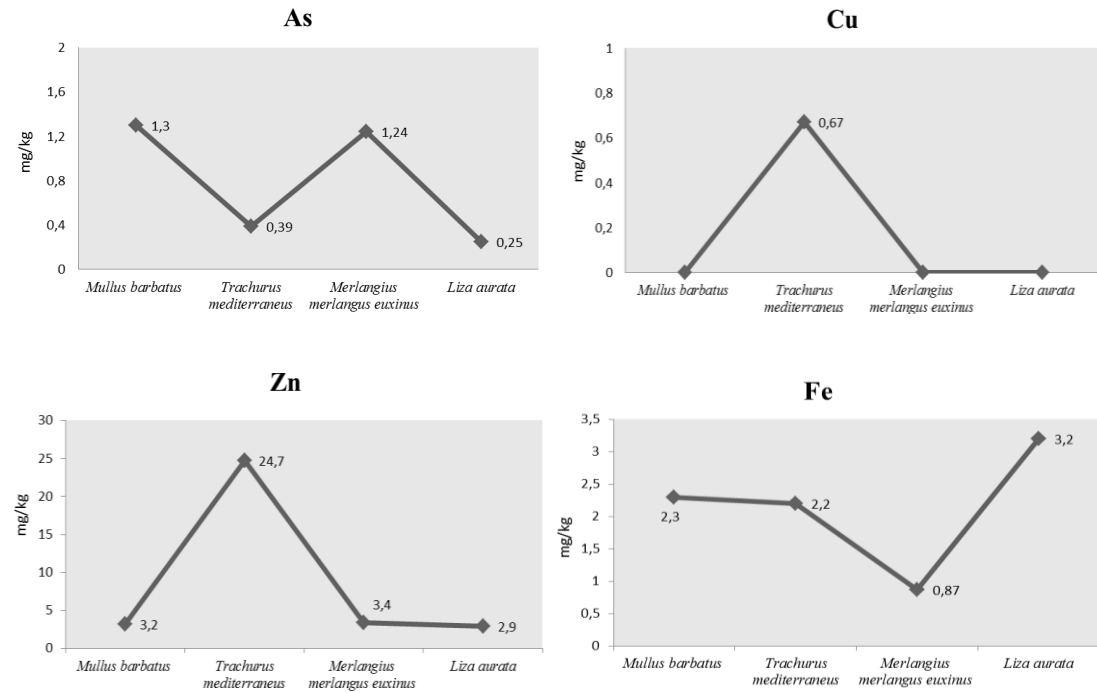
Çizelge 4.1. Balık örneklerinin ortalama ($X \pm SD$), minimum ve maksimum boy (cm), ağırlık (g) değerleri.

Balık Türleri	n	Boy ($X \pm SD$) (minimum-maksimum)	Ağırlık ($X \pm SD$) (minimum-maksimum)
<i>M. barbatus</i>	20	11,2 $\pm$ 1,3 (9-13)	17,4 $\pm$ 2,8 (12,6-21,5)
<i>T. mediterraneus</i>	20	12,4 $\pm$ 1,8 (10-16)	21,2 $\pm$ 4,9 (15,1-30,6)
<i>M. m. euxinus</i>	20	12,8 $\pm$ 2,8 (10-19)	24,5 $\pm$ 8,7 (16,2-45,7)
<i>L. aurata</i>	10	24,8 $\pm$ 3,8 (20-29)	185,0 $\pm$ 13,5 (172,3-201,5)

Çizelge 4.2. Balıklarda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg yaş ağırlık).

Balık Türleri	Ağır Metaller							
	Al	As	Cu	Zn	Hg	Fe	Cd	Pb
<i>M. barbatus</i>	<0,5	1,3	<0,5	3,2	<0,05	2,3	<0,02	<0,05
<i>T. mediterraneus</i>	<0,5	0,39	0,67	24,7	<0,05	2,2	<0,02	<0,05
<i>M. m. euxinus</i>	<0,5	1,24	<0,5	3,4	<0,05	0,87	<0,02	<0,05
<i>L. aurata</i>	<0,5	0,25	<0,5	2,9	<0,05	3,2	<0,02	<0,05

Yapılan analizlerde tüm balık türleri için Al, Hg, Cd ve Pb değerleri metot ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur. As düzeyi en yüksek barbunya balığında ölçülmüştür. Cu düzeyi yalnızca istavrit balığında ölçülebilmıştır. Fe değeri en yüksek sarıkulak kefalde, en düşük ise mezgit balığında tespit edilmiştir. Zn değeri istavrit balığında diğer balıklardan 7-8,5 kat daha fazla bulunmasına rağmen Türk Gıda Kodeksinin belirlediği limitin altında tespit edilmiştir (50mg/kg). Balıklar arasında ağır metal miktarları istatistiksel olarak incelendiğinde bir farklılık olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$).



Şekil 4.1. Balıklarda As, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonları (mg/kg yaş ağırlık)

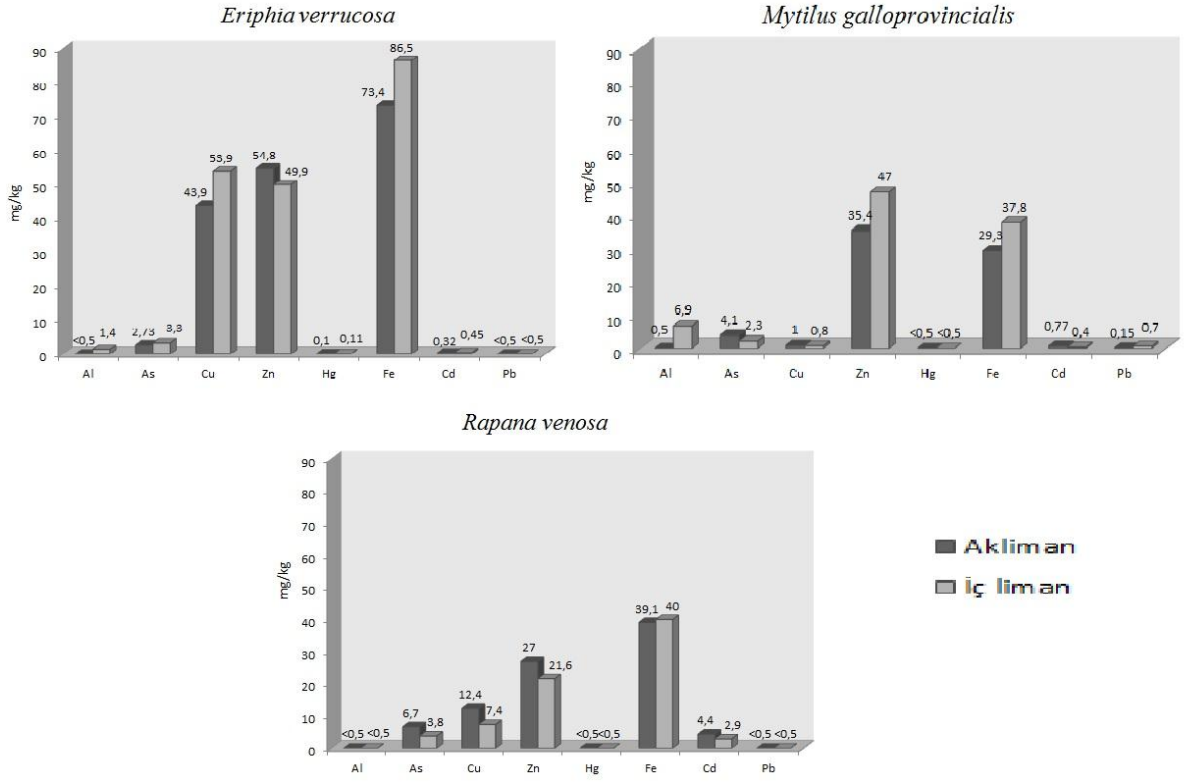
4.1.2. Omurgasızlarda Ağır Metal Düzeyleri

İç Liman ve Akliman istasyonlarında serbest dalış yöntemi ile örneklenen *R. venosa*, *M. galloprovincialis* ve *E. verrucosa* türlerindeki ağır metal düzeyleri Çizelge6’da verilmiştir.

Çizelge 4.3. Örneklenen omurgasız türlerde ağır metal konsantrasyonları (mg/kg). (A=Akliman, İL= İç Liman)

Tür	İstasyon	Ağır Metal Miktarları							
		Al	As	Cu	Zn	Hg	Fe	Cd	Pb
<i>E. verrucosa</i>	A	<0,5	2,73	43,9	54,8	0,1	73,4	0,32	<0,05
	İL	1,4	3,3	53,9	49,9	0,11	86,5	0,45	<0,05
<i>M.galloprovincialis</i>	A	<0,5	4,1	1	35,4	<0,05	29,3	0,77	0,15
	İL	6,9	2,3	0,8	47	<0,05	37,8	0,4	0,7
<i>R. venosa</i>	A	<0,5	6,7	12,4	27	<0,05	39,1	4,4	<0,05
	İL	<0,5	3,8	7,4	21,6	<0,05	40	2,9	<0,05

Yapılan analizlerde *E. verrucosa* türü için hem Akliman hem de İç liman bölgesi için ölçülen en yüksek metal Fe olmuştur, her iki bölgede de Pb değeri ölçüm değerinin altında (<0,05) bulunmuştur. *M. galloprovincialis* türü için ise ölçülen en yüksek metal düzeyi her iki bölge için de Zn olmuştur ve Hg düzeyi her iki bölgede de ölçüm değerinin altında bulunmuştur. *R. venosa* türü için ölçülen her iki bölge için en yüksek metal Fe olmuştur ve Al, Hg ve Pb değerleri ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.2). Omurgasız türlerinde istasyonlar arasında ağır metal miktarları istatistiksel olarak incelendiğinde bir farklılık olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$).



Şekil 4.2. Örneklenen omurgasız türlerinde ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

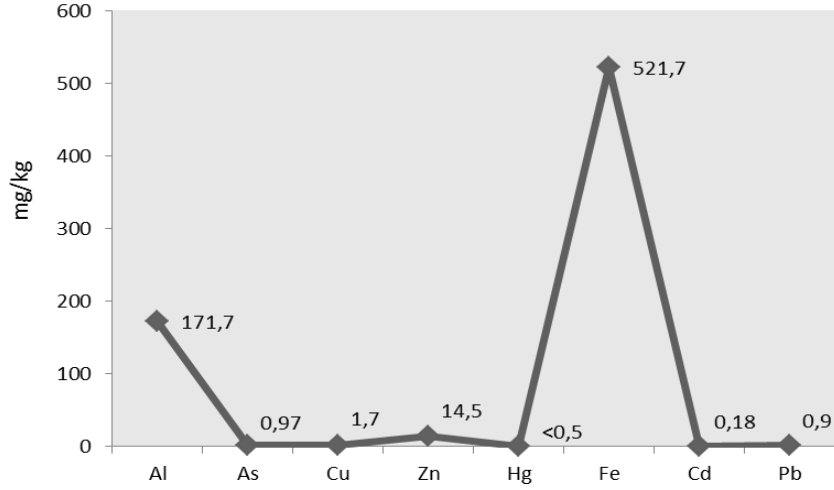
4.1.3. Deniz Çayırlarında Ağır Metal Düzeyleri

Akliman liman içinden toplanan deniz çayırı (*Zostera* spp.) örneklerinden yapılan analizlerde belirlenen ağır metal düzeyleri ise Çizelge 4.4 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Akliman'dan toplanan *Zostera* spp. örneklerinde ağır metal düzeyleri (mg/kg KA).

Tür	Ağır Metal Miktarları (mg/kg)							
	Al	As	Cu	Zn	Hg	Fe	Cd	Pb
<i>Zostera</i> spp.	171,7	0,97	1,7	14,5	<0,05	521,7	0,18	0,9

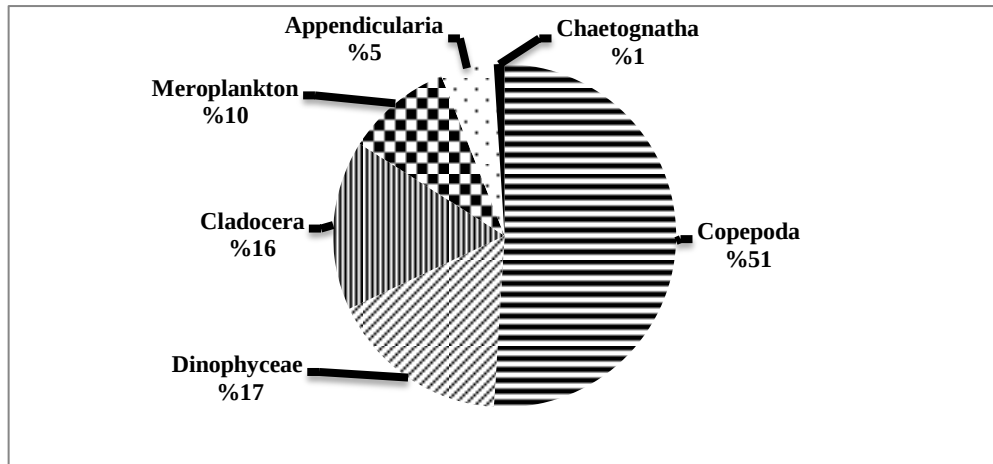
Yapılan analizlerde Akliman bölgesinden alınan deniz çayırı örneklerinde ölçülen en yüksek metal Fe olarak bulunmuş ve bunu sırasıyla Al, Zn, Cu, As, Pb ve Cd izlemiştir. Hg ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur.



Şekil 4.3. Aklıman'dan toplanan *Zostera* spp. örneklerinde ağır metal düzeyleri (mg/kg KA)

4.1.4. Zooplanktonda Ağır Metal Düzeyleri

Örneklenen zooplankton grupları oranları % olarak Şekil 4.4'de verilmiştir. Copepoda, zooplankton bolluğu açısından % 51 ile hakim grup olarak bulunmuştur. İkinci sırayı Dinophyceae (*Noctiluca scintillans*) almış bunu Cladocera (% 16) ve Meroplankton (% 10) izlemiştir.



Şekil 4.4. Sinop kıyılarında zooplankton gruplarının % kompozisyonu

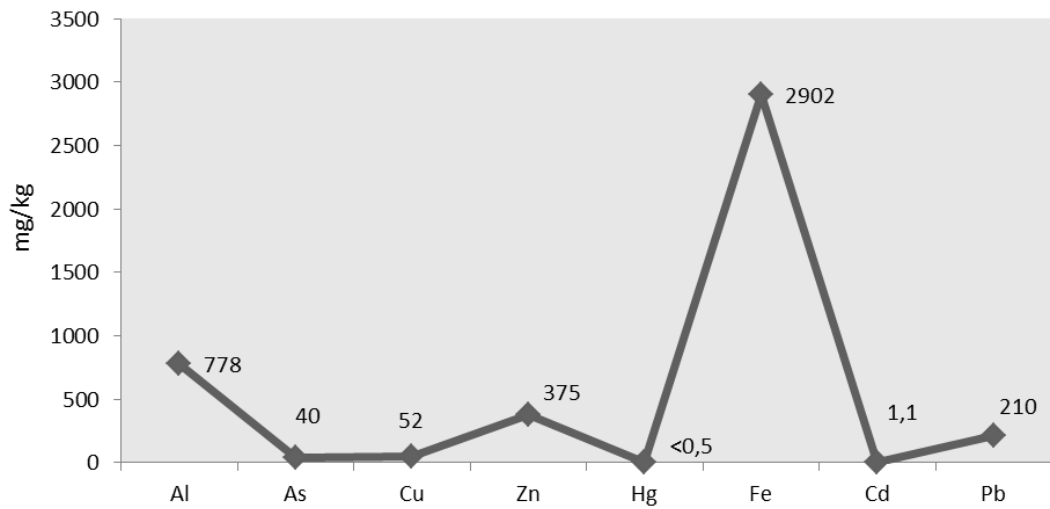
Toplanan zooplankton türlerinin yaş ağırlıkları alındıktan sonra örnekler, 100°C'de 24 saat etüvde kurutulmuş ve kuru ağırlıkları da belirlenmiştir. Çizelge 4.5 zooplankton örneklerinin yaş ve kuru ağırlıklarını vermektedir. Çizelge 9 ve Şekil 4.5'de ise zooplanktondaki ağır metal düzeyleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Zooplankton örneklerinin toplanma zamanı, yaş-kuru ağırlık ve ağırlık kaybı yüzdesi

Örnekleme zamanı	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Ağırlık kaybı (%)
24 Şubat 2011	0,5479	0,0214	96,1
29 Mart 2011	0, 9355	0,0938	90,0
4 Mayıs 2011	0, 6244	0,0921	85,2
27 Mayıs 2011	2,5456	0,1014	96,0
7 Temmuz 2011	4,1859	0,1347	96,8
4 Ağustos 2011	15,7217	0,5974	96,2
13 Haziran 2012	3,8718	0,1925	95,0
1 Ağustos 2012	6,9543	0,4123	94,1
4 Eylül 2012	6,1195	0,3356	94,5
27 Eylül 2012	6,205	0,3849	93,8

Çizelge 4.6. Sinop kıyılarından toplanan zooplankton örneklerinde ağır metal düzeyleri (mg/kg).

Ağır Metal Miktarları (mg/kg Kuru Ağırlık)							
Al	As	Cu	Zn	Hg	Fe	Cd	Pb
778	40	52	375	<0.05	2902	1,1	210



Şekil 4.5. Sinop kıyılarından toplanan zooplankton örneklerinde ağır metal düzeyleri

4.2. Sedimanda Ağır Metal Düzeyleri

Akliman, Karakum, İç liman ve Korucuk altı mevkiinden 0-10 metre arası derinliklerden serbest dalış yöntemi ile 10 cm boyundaki “sediman kor” ile alınan sediman örnekleri ikişer cm aralıklar ile dilimlere ayrılmış ve her istasyon için her bir dilimde 61 ağır metal analizi akredite olan ACME Analitik Laboratuara yaptırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10’de verilmiştir. Sediman örneklerinde sediman kesitleri arası ve istasyonlar arası ağır metal miktarları istatistiksel olarak incelendiğinde bir farklılık olmadığı saptanmıştır ($P>0,05$).

Mevcut çalışmada analizler doğrultusunda, Al ortalama olarak 2,43 mg/kg bulunurken, As en çok 2-4 cm derinlikte en az 0-2 cm de bulunmuştur. Cu yıllara göre artış göstererek en çok 0-2 cm derinlikte 7,24 mg/kg bulunmuş, Zn ise en çok 0-2 cm derinlikte 19,3 mg/kg en düşük 2-4 cm derinlikte 13,8 mg/kg bulunmuştur. Hg yıllara göre artış göstermiştir en düşük 8-10 cm derinlikte 0,03 mg/kg, en yüksek konsantrasyonda 0-2 cm derinlikte 0,07 mg/kg bulunmuştur. Fe ortalama 1,36 mg/kg olarak bulunmuş, Cd 6-8 cm derinlikte ölçülebilir değerin altında ($<0,02$ mg/kg) en yüksek konsantrasyonu ise 0-2 cm derinlikte 0,05 mg/kg olarak ölçülmüş, Pb konsantrasyonu en yüksek 2-4 cm aralığında 7,12 mg/kg ölçülmüştür. Ölçümü yapılan 61 metal içinde en yüksek konsantrasyon Cr (krom) 0-2 cm derinliğinde 374 mg/kg bulunmuştur, en düşük konsantrasyonlu metal ise Re (renyum) 8-10 cm derinlikte ölçülebilir değeri olan 0,002mg/kg’ın altında bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Karakum'dan 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri

Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe (%)	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Hg
0-2	0,48	50,66	16,42	62,6	76	34,1	26,7	790	5,02	16,5	1,9	<0.1	8,1	358	0,09	0,15
2-4	0,34	45,55	27,61	66,7	124	44,4	30,9	1031	5,53	14,3	1,5	<0.1	6,1	291	0,17	0,13
4-6	0,47	52,42	16,23	65,5	90	36,3	26,1	827	5,21	16,7	1,9	<0.1	8,1	359	0,10	0,13
6-8	0,44	52,33	14,95	65,8	110	41,9	28,4	842	5,39	17,5	1,8	<0.1	7,6	322	0,11	0,15
8-10	0,44	46,95	14,19	65,5	76	39,2	30,3	897	5,40	15,0	1,8	<0.1	7,1	315	0,09	0,10
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sb	Bi	V	Ca (%)	P (%)	La	Cr	Mg (%)	Ba	Ti (%)	Al (%)	Na (%)	K (%)	W	Zr	
0-2	0,92	0,27	251	7,47	0,079	26,8	161	3,21	335	0,480	7,76	1,522	2,53	1,6	111,2	
2-4	1,17	0,22	320	9,66	0,068	22,3	254	4,56	250	0,526	6,51	1,244	1,78	1,1	101,2	
4-6	0,98	0,26	259	7,77	0,084	26,4	178	3,45	331	0,502	8,11	1,596	2,58	1,5	117,3	
6-8	0,96	0,24	279	7,87	0,077	25,6	186	3,73	309	0,499	7,59	1,469	2,38	1,3	111,5	
8-10	0,89	0,23	288	8,55	0,069	24,5	210	4,06	297	0,490	7,21	1,406	2,28	1,4	112,9	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sn	Be	Sc	S (%)	Y	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	
0-2	1,7	1	37,6	0,08	21,1	56,93	7,2	28,2	6,2	1,5	5,5	0,7	4,0	0,8	2,3	
2-4	1,9	<1	54,9	0,06	21,9	49,29	6,2	25,9	6,1	1,7	5,4	0,8	4,9	0,9	2,2	
4-6	1,9	2	42,4	0,08	21,7	54,23	6,7	27,3	5,2	1,7	5,2	0,7	4,2	0,8	2,1	
6-8	1,6	2	44,4	0,07	21,4	53,44	6,7	26,9	6,0	1,4	5,4	0,8	4,4	0,8	2,2	
8-10	1,8	2	48,3	0,07	21,9	52,57	7,0	27,7	5,8	1,5	5,2	0,8	4,2	0,8	2,3	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Tm	Yb	Lu	Hf	Li	Rb	Ta	Nb	Cs	Ga	In	Re	Se	Te	Tl	
0-2	0,3	1,9	0,3	3,11	21,9	73,2	0,4	6,27	1,7	14,41	0,08	0,004	<0.3	0,86	0,46	
2-4	0,4	2,0	0,3	3,08	16,4	57,6	0,3	4,80	1,4	12,77	0,07	<0.002	<0.3	0,56	0,31	
4-6	0,3	1,9	0,3	3,23	21,7	73,6	0,4	6,26	1,8	15,00	0,04	<0.002	<0.3	0,50	0,48	
6-8	0,3	2,0	0,3	3,13	20,4	69,1	0,4	5,81	1,7	14,60	0,07	<0.002	<0.3	0,64	0,43	
8-10	0,3	1,8	0,3	3,30	17,8	68,9	0,4	5,45	1,6	14,93	0,09	<0.002	<0.3	0,28	0,42	

Çizelge 4.8. Akliman'dan 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri

Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe (%)	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Hg
0-2	0,18	6,65	5,30	18,9	44	21,1	7,0	445	1,29	16,1	0,5	<0.1	2,1	291	0,05	0,02
2-4	0,19	6,13	5,08	22,6	32	19,9	7,1	455	1,26	16,1	0,5	<0.1	2,0	307	0,08	<0.01
4-6	0,18	5,87	6,62	20,3	27	18,4	6,4	461	1,25	16,6	0,5	<0.1	1,8	308	0,06	0,02
6-8	0,20	5,92	5,28	20,2	<20	20,1	6,7	460	1,26	15,6	0,5	<0.1	1,8	311	0,05	<0.01
8-10	0,17	5,21	5,19	18,6	45	20,5	7,0	444	1,24	16,2	0,5	<0.1	1,9	318	0,05	0,02
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sb	Bi	V	Ca (%)	P (%)	La	Cr	Mg (%)	Ba	Ti(%)	Al(%)	Na (%)	K(%)	W	Zr	
0-2	0,29	0,04	31	7,55	0,019	9,3	22	0,44	127	0,091	2,16	0,966	0,56	0,3	22,4	
2-4	0,31	<0.04	28	7,81	0,018	9,2	26	0,42	123	0,090	2,07	0,893	0,55	0,4	17,2	
4-6	0,36	0,04	27	7,99	0,017	8,7	26	0,40	129	0,082	2,04	0,861	0,54	0,3	16,6	
6-8	0,28	<0.04	27	8,02	0,018	9,3	23	0,39	116	0,082	2,01	0,878	0,54	0,3	15,8	
8-10	0,30	<0.04	26	7,69	0,018	8,8	23	0,40	128	0,083	2,03	0,875	0,54	0,3	17,7	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sn	Be	Sc	S (%)	Y	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	
0-2	0,5	<1	3,5	<0.04	8,4	18,25	2,1	9,5	1,8	0,4	2,0	0,2	1,5	0,3	0,7	
2-4	0,4	<1	3,7	<0.04	8,5	17,78	2,4	8,5	2,0	0,5	1,4	0,2	1,5	0,3	0,8	
4-6	0,6	<1	3,4	<0.04	8,1	15,97	2,0	8,5	1,7	0,4	1,4	0,2	1,5	0,3	0,8	
6-8	0,5	<1	3,3	<0.04	8,2	16,54	2,2	8,3	1,8	0,5	1,4	0,2	1,4	0,3	0,8	
8-10	0,5	<1	3,4	<0.04	8,3	16,27	2,2	8,3	1,7	0,4	1,7	0,2	1,5	0,3	0,8	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Tm	Yb	Lu	Hf	Li	Rb	Ta	Nb	Cs	Ga	In	Re	Se	Te	Tl	
0-2	0,1	0,7	0,1	0,63	14,7	22,0	<0.1	1,65	0,7	3,27	0,03	<0.002	<0.3	0,31	0,10	
2-4	<0.1	0,6	<0.1	0,51	14,0	22,3	0,1	1,72	0,7	3,36	<0.01	<0.002	<0.3	0,25	0,10	
4-6	0,1	0,7	<0.1	0,48	14,8	22,5	<0.1	1,48	0,7	3,07	<0.01	<0.002	<0.3	0,31	0,11	
6-8	0,1	0,7	0,1	0,57	14,3	22,1	<0.1	1,56	0,7	3,21	0,02	<0.002	<0.3	0,43	0,11	
8-10	<0.1	0,7	<0.1	0,56	14,4	23,4	<0.1	1,65	0,7	3,03	0,01	<0.002	<0.3	0,33	0,11	

Çizelge 4.9. İç Liman'dan 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri

Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe (%)	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Hg
0-2	0,27	14,44	14,45	34,9	58	16,5	9,0	460	2,37	7,8	0,8	<0.1	2,6	525	0,05	<0.01
2-4	1,00	12,54	13,61	31,6	51	15,9	8,2	449	1,99	5,5	0,6	<0.1	2,0	595	0,05	0,02
4-6	0,21	16,31	13,12	31,6	65	14,1	7,5	421	1,74	4,9	0,7	<0.1	2,1	737	0,06	0,02
6-8	0,22	17,13	15,70	29,2	60	14,7	5,3	328	1,43	5,9	0,7	<0.1	2,3	906	0,09	0,01
8-10	0,24	12,78	13,50	26,4	88	13,1	5,3	790	1,43	7,2	1,0	<0.1	4,3	823	0,07	0,02
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sb	Bi	V	Ca(%)	P (%)	La	Cr	Mg (%)	Ba	Ti(%)	Al(%)	Na (%)	K(%)	W	Zr	
0-2	0,39	0,05	111	14,05	0,039	10,3	148	1,17	107	0,251	2,13	0,745	0,52	0,5	36,5	
2-4	0,30	0,04	90	15,79	0,039	9,6	141	1,21	128	0,208	2,15	0,796	0,58	0,3	29,0	
4-6	0,33	0,04	74	21,43	0,039	9,3	81	1,04	123	0,176	1,96	0,794	0,51	0,4	27,2	
6-8	0,38	0,09	51	23,87	0,042	9,2	52	0,88	142	0,137	1,78	0,761	0,57	0,4	24,9	
8-10	0,64	0,04	45	23,72	0,037	11,0	43	0,96	136	0,124	2,21	0,765	0,71	0,6	33,6	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sn	Be	Sc	S (%)	Y	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	
0-2	3,2	<1	17,8	<0.04	9,2	20,43	2,7	11,5	3,0	0,7	2,3	0,3	1,8	0,3	0,8	
2-4	2,5	<1	17,2	<0.04	9,3	20,44	2,7	11,5	2,6	0,6	2,3	0,3	1,7	0,3	0,8	
4-6	2,7	<1	14,9	0,05	8,8	18,82	2,3	10,4	2,2	0,5	1,9	0,3	1,8	0,3	0,9	
6-8	1,5	<1	11,0	0,05	7,1	18,37	2,2	8,5	2,0	0,4	1,5	0,2	1,6	0,3	0,9	
8-10	1,2	<1	11,7	0,07	10,7	20,61	2,8	10,3	2,9	0,5	2,1	0,4	1,9	0,3	1,1	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Tm	Yb	Lu	Hf	Li	Rb	Ta	Nb	Cs	Ga	In	Re	Se	Te	Tl	
0-2	0,2	0,8	0,1	1,14	9,3	16,5	0,2	2,84	0,6	4,98	0,02	<0.002	<0.3	0,55	0,09	
2-4	0,1	1,0	0,1	0,81	7,5	17,1	0,1	2,20	0,5	4,51	0,03	<0.002	<0.3	1,82	0,07	
4-6	<0.1	0,9	0,1	0,91	10,0	18,3	0,1	2,11	0,5	4,40	<0.01	<0.002	<0.3	0,41	0,09	
6-8	<0.1	0,6	<0.1	0,76	11,2	21,0	0,2	2,42	0,8	4,01	0,02	<0.002	<0.3	1,95	0,12	
8-10	0,1	1,2	0,2	1,08	11,2	29,3	0,2	2,93	0,8	4,03	0,02	<0.002	<0.3	2,97	0,11	

Çizelge 4.10. Korucuk altı mevkiinden 10 metre derinlikten toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri

Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe (%)	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Hg
0-2	0,22	7,24	6,32	19,3	252	15,2	9,5	470	1,76	3,7	0,8	<0.1	3,9	150	0,05	0,07
2-4	0,19	6,70	7,12	13,8	279	16,2	6,8	272	1,29	7,6	0,9	<0.1	3,5	199	0,02	0,05
4-6	0,21	6,08	6,68	15,0	169	14,0	6,5	301	1,42	5,2	0,9	<0.1	3,9	174	0,06	0,03
6-8	0,11	5,59	6,51	14,8	189	13,5	6,4	272	1,25	4,1	0,7	<0.1	3,1	168	<0.02	0,03
8-10	0,13	5,09	6,74	15,9	160	12,5	5,9	227	1,12	5,0	0,7	<0.1	3,0	166	0,04	0,03
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sb	Bi	V	Ca(%)	P (%)	La	Cr	Mg (%)	Ba	Ti(%)	Al(%)	Na (%)	K(%)	W	Zr	
0-2	0,47	0,05	85	3,14	0,027	17,8	374	0,78	160	0,468	2,17	0,729	0,41	0,5	33,6	
2-4	0,48	0,05	57	3,03	0,037	13,2	115	0,56	173	0,288	2,78	1,050	0,63	0,6	41,2	
4-6	0,46	0,05	62	2,79	0,030	15,2	157	0,56	171	0,323	2,66	1,008	0,57	0,7	33,7	
6-8	0,50	<0.04	54	2,77	0,028	12,8	131	0,56	161	0,251	2,54	0,927	0,56	0,5	27,7	
8-10	0,47	<0.04	45	2,63	0,029	12,3	67	0,50	163	0,218	2,32	0,898	0,57	0,6	25,4	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Sn	Be	Sc	S (%)	Y	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	
0-2	1,3	<1	12,6	0,07	11,4	35,34	4,7	16,7	3,7	0,8	2,8	0,4	2,3	0,4	1,0	
2-4	0,9	<1	8,9	0,09	10,1	28,20	3,6	13,1	2,7	0,6	2,5	0,3	2,2	0,4	1,1	
4-6	1,3	<1	9,8	0,08	10,8	32,46	3,8	14,5	3,1	0,7	2,1	0,3	1,9	0,4	1,1	
6-8	1,4	<1	9,2	0,08	9,1	26,33	3,3	13,5	2,7	0,6	1,7	0,3	1,8	0,3	0,9	
8-10	0,9	<1	7,6	0,08	8,8	25,22	2,9	11,5	1,8	0,5	1,8	0,3	1,6	0,4	0,8	
Derinlik (cm)	Ağır Metaller (ppm)															
	Tm	Yb	Lu	Hf	Li	Rb	Ta	Nb	Cs	Ga	In	Re	Se	Te	Tl	
0-2	0,2	1,1	0,1	0,99	9,5	14,7	0,4	6,63	0,5	4,71	0,01	0,004	0,3	0,27	0,08	
2-4	0,2	0,8	0,1	0,76	11,5	22,2	0,3	4,59	0,8	5,43	<0.01	0,003	0,5	0,28	0,14	
4-6	0,2	1,1	0,1	1,06	11,1	18,6	0,4	5,37	0,7	5,07	0,03	0,005	0,3	0,09	0,11	
6-8	0,2	0,9	0,1	0,94	11,0	19,6	0,3	4,15	0,7	4,77	0,02	0,003	<0.3	0,17	0,12	
8-10	0,1	0,8	0,1	0,72	11,1	18,6	0,2	3,74	0,7	4,36	<0.01	<0.002	0,5	0,27	0,14	

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Balıklarda Ağır Metal Düzeyleri

Bat (2014) tarafından yapılan derlemede balıklardaki metal sıralaması $Zn > Fe > Cu > Mn > Pb > Ni > Co > Cd > Hg$ olarak bulunmuştur. Fe, Cu ve Co metal değerlerinin karaciğerde kas dokusuna göre daha fazla birikim gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek; Cu Bartın'da, Fe ve Pb Trabzon'da, Zn Samsun'da, Cd İğneada'da bulunmuş, bunu sırasıyla İstanbul, Samsun ve Bartın izlemiştir. Hg ise 0.10-0.60 ppm ile Sakarya'dan örneklenen *T. trachurus* türünde bulunmuş bunu 0.09 ppm ile Bafra'dan örneklenen *M. m. euxinus* türü izlemiştir. Fe ve Zn *Engraulis* sp. türlerinde Cu, Mn ve Co *Trachurus* spp. Pb ve Cd İğneada'da *Psetta maxima* türünde ve *M. barbatus* türünde Trabzon'da yüksek bulunmuştur.

Bu çalışmada barbunya balığının kas dokusunda ölçülen ortalama metal birikimi sırasıyla $<0,5$ mg/kg Al; 1.3 mg/kg As; $<0,5$ mg/kg Cu; 3,2 mg/kg Zn; $<0,05$ mg/kg Hg; 2,3 mg/kg Fe; $<0,02$ mg/kg Cd ve $<0,05$ mg/kg Pb olarak belirlenmiştir. Barbunya balığında ölçülen en yüksek metal değeri Zn olarak bulunmuştur bunu sırasıyla Fe ve As izlemiştir. Cu, Al, Hg, Pb ve Cd metallerini değerleri ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur.

Barbun balığı örneklerinde saptanan değerlerle, aynı balık türünde ve örnekleme bölgelerine yakın bölgelerde yapılmış benzer çalışmalara ait veriler karşılaştırıldığında; Sinop ve civarında Bat ve ark. (2013)'nin yaptığı çalışmada, barbun balığında ölçülen Zn (6.95-18.43 µg metal/g), Cu (4.93-7.74 µg metal/g), Pb (0.09-0.31 µg metal/g) ve Cd (0.02 µg metal/g) konsantrasyonlarının bu çalışmada ölçülen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bat ve ark. (2006), tarafından Sinop civarında yapılan bir diğer çalışma sonuçlarında ise yine barbun balığının kas dokusundaki ağır metal değerleri Cu, Pb, Zn, Cd ve Fe için sırasıyla 8.968, 0.424, 9.96, 0.076 ve 21.33 µg metal/g olarak bulunmuş ve çalışma sonuçlarının mevcut çalışmadan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

İstavrit balığının yenebilen kas dokusunda yapılan ölçümlerde ise metal konsantrasyonları $<0,5$ mg/kg Al; 0,39 mg/kg As; 0,67 mg/kg Cu; 24,7 mg/kg Zn; $<0,05$ mg/kg Hg; 2,2 mg/kg Fe; $<0,02$ mg/kg Cd ve $<0,05$ mg/kg Pb olarak bulunmuştur.

İstavrit balığında ölçülen en yüksek metal Zn olmuş ve bunu sırasıyla Fe, Cu ve As izlemiştir.

İstavrit balığı örneklerinde saptanan değerlerle, aynı balık türünde ve örnekleme bölgelerine yakın bölgelerde yapılmış benzer çalışmalara ait veriler karşılaştırıldığında; Bat ve ark. (2013)'nin Sinop kıyılarında yakalanan ticari öneme sahip balıklarda yaptıkları çalışmada, istavrit balığında ölçülen Zn, Cu, Pb ve Cd değerleri sırasıyla 7.66-9.12, 0.19-0.65, 0.63-0.93 ve 0.02-0.03 µg metal/g olarak bulunmuş ve çalışma sonuçları mevcut çalışmayla karşılaştırıldığında Zn değerinin mevcut çalışmada yaklaşık 3-4 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer metal değerleri için ise çalışma sonuçları mevcut çalışma ile karşılaştırıldığında, Pb değerinin mevcut çalışmada ölçüm değerinin altında kalmış olması nedeniyle Bat ve ark. (2013)'nin çalışmasından oldukça düşük olduğu, Cu değerinin ise benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Bat ve ark. (2012), tarafından Sinop civarında yapılan bir diğer çalışma sonuçlarında ise istavrit balığının kas dokusundaki ağır metal değerleri Zn, Cu, Pb ve Cd için sırasıyla 17.89-32.38, 2.22-6.21, 0.17-0.23 ve 0.043-0.048 µg metal/g olarak bulunmuş ve çalışma sonuçlarının mevcut çalışma ile karşılaştırıldığında Zn değerinin benzerlik gösterdiği Cu, Pb ve Cd değerlerinin ise mevcut çalışmadan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Mezgit balığının yenebilen kas dokusunda yapılan ölçümlerde metal konsantrasyonlarını <0,5 mg/kg Al; 1,24 mg/kg As; <0,5 mg/kg Cu; 3,4 mg/kg Zn; <0,05 mg/kg Hg; 0,87 mg/kg Fe; <0,02 mg/kg Cd ve <0,05 mg/kg Pb olarak ölçülmüştür. Mezgit balığında ölçülen en yüksek metal Zn olarak bulunmuştur bunu sırasıyla As ve Fe izlemiştir. Al, Cu, Hg, Pb ve Cd metallerini değerleri ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur, ölçüm değerleri sırasıyla bu metaller için 0,5 mg/kg; 0,5 mg/kg; 0,05 mg/kg; 0,05 mg/kg ve 0,02 mg/kg'dır.

Mezgit balığı örneklerinde saptanan değerlerle, aynı balık türünde ve örnekleme bölgelerine yakın bölgelerde yapılmış benzer çalışmalara ait veriler karşılaştırıldığında; Aygun ve Abanoz (2011), Orta Karadeniz'deki çalışmalarında Mezgit (*Merlangius merlangus euxinus*) balıklarındaki ağır metal miktarını, 2009 yılında Fe için 9.9 ± 2.1 µg/g; Zn için 58.0 ± 3.5 µg/g; Cu için 2.3 ± 0.7 µg/g; Pb için 0.9 ± 0.2 µg/g; Cd için 0.2 ± 0.03 µg/g olarak, 2010 yılında ise Fe için 7.0 ± 4.6 µg/g; Zn için 28.3 ± 1.0 µg/g; Cu için 2.7 ± 0.7 µg/g olarak bulmuşlardır. Sonuçlar mevcut çalışma ile kıyaslandığında tüm

metal değerlerinin Aygun ve Abanoz (2011)'un çalışmasında bulunan değerlerin altında olduğu görülmektedir.

Bat ve ark. (2013)'nin Sinop kıyılarında yakalanan ticari öneme sahip balıklardaki ağır metal birikimlerini inceledikleri, çalışmada, mezgit balığında llen Zn, Cu, Pb ve Cd değerleri sırasıyla 22.82-34.33, 2.85-5.26, 0.02 ve 0.08-0.18 μg metal/g olarak bulunmuş ve çalışma sonuçları mevcut çalışmayla karşılaştırıldığında Zn ve Cu değerlerinin mevcut çalışmadan yüksek olduğu tespit edilmiştir. Pb ve Cd değerleri ise mevcut çalışmada ölçüm değerlerinin altında kaldığından dolayı karşılaştırma yapılamamıştır.

Sarıkulak kefal balığının kas dokusunda ölçülen ortalama metal birikimi sırasıyla <0,5 mg/kg Al; 0,25 mg/kg As; <0,5mg/kg Cu; 2,9 mg/kg Zn; <0,05 mg/kg Hg; 3,2 mg/kg Fe; <0,02 mg/kg Cd ve <0,05 mg/kg Pb olarak bulunmuştur. Sarıkulak kefal balığında ölçülen en yüksek metal Fe olmuştur bunu sırasıyla Zn ve As izlemiştir. Cu, Al, Hg, Pb ve Cd metallerini değerleri ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur, ölçüm değerleri sırasıyla bu metaller için 0,5 mg/kg; 0,5 mg/kg; 0,05 mg/kg; 0,05 mg/kg ve 0,02 mg/kg'dır.

Sarıkulak kefal balığı örneklerinde saptanan değerlerle, aynı araştırma bölgesinde yapılan *Mugil cephalus* türüne ait balıklarda yapılmı benzer çalışmalara ait veriler karşılaştırıldığında; Bat ve ark. (2013), Kefal balığında llen Zn, Cu, Pb ve Cd değerleri sırasıyla 30.88-42-65, 2.86-4.61, 0.09-0.19 ve 0.02-0.03 μg metal/g olarak bulunmuş ve çalışma sonuçları mevcut çalışmayla karşılaştırıldığında Zn ve Cu değerlerinin mevcut çalışmadan yüksek olduğu görülmektedir. Pb ve Cd değerleri ise mevcut çalışmada ölçüm değerlerinin altında kaldığından dolayı karşılaştırma yapılamamıştır.

Bat ve ark. (2006), tarafından Sinop civarında yapılan bir diğer çalışma sonuçlarında ise yine kefal balıklarının kas dokusundaki ağır metal değerleri Cu, Pb, Zn, Cd ve Fe için sırasıyla 3.044, 0.315, 24.04, 0.042 ve 6.34 μg metal/g olarak bulunmuş ve çalışma sonuçlarının mevcut çalışmadan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

izelge5.1 farklı kurumlar tarafından yayınlanan tüzük ve mevzuatlarda, balıklarda ağır metallerin maksimum limitlerini göstermektedir

Çizelge 5.1. Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık). (Bat ve ark.,2014)

Standartlar	Cd	Pb	Cu	Zn	Hg
Anonim (1995) Türk Mevzuatı	0.1	1.0	20	50	0.5
MAFF (1995)Gıda Güvenliği	<0.2	2.0	20	50	--
EC (2001) Komisyon Tüzüğü *	0.05	0.2	--	--	0.5
TGK (2002) Türk Gıda Kodeksi**	0.1	0.4	20	50	0.5
EC (2006) Komisyon Tüzüğü *, **	0.05	0.3	--	--	0.5
TGK (2008) ¹ Türk Gıda Kodeksi	0.05	0.3	--	--	0.5
Anonim (2011) Türk Mevzuatı*, **	0.05	0.3	--	--	0.5

1 = Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26)'in yürürlükten kaldırılmasına dair Tebliğ (Anonim, 2012).

Çizelge 5.1.'in tanımlayıcı bilgileri(Bat ve ark., 2014)

Komisyon Tüzüğü (EC) ve Türk Mevzuatı (*) Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	Cd
Torik (<i>Sarda sarda</i>), karagöz (<i>Diplodus vulgaris</i>), yılanbalığı (<i>Anguilla anguilla</i>), kefal (<i>Mugil labrosus labrosus</i>), istavrit (<i>Trachurus species</i>), louvar ya da luvar (<i>Luvarus imperialis</i>), uskumru türleri (<i>Scomber spp.</i>), sardalya (<i>Sardina pilchardus</i>), sardalya türleri (<i>Sardinops spp.</i>), orkinos (<i>Thunnus spp.</i> , <i>Euthynnus spp.</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>), dilbalığı (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0.1
tuna (<i>Auxis spp.</i>)	0.2
hamsi türleri (<i>Engraulis spp.</i>) kılıçbalığı (<i>Xiphias gladius</i>)	0.3

Komisyon Tüzüğü (EC) (*)Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	Hg
Fener balıkları (<i>Lophius spp.</i>), Atlantik yayını / kedi balığı (<i>Anarhichas lupus</i>), Avrupa deniz levreği (<i>Dicentrarchus labrax</i>), mavi gelincik (<i>Molva dipterygia</i>), plamut (<i>Sarda spp.</i>), yılan balığı (<i>Anguilla spp.</i>), kalkan (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>), küçük tuna (<i>Euthynnus spp.</i>), marlin (<i>Makaira spp.</i>), turna (<i>Esox lucius</i>), akpalamut (<i>Orcynopsis unicolor</i>), portekiz köpekbalığı (<i>Centroscymnus coelolepis</i>), vatozlar (<i>Raja spp.</i>), kırmızı balık (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i>), kılıç benzeri balık (<i>Istiophorus platypterus</i>), uskumru türü balıklar (<i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i>), köpek balıkları (tüm türler), uskumru türü balıklar (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i>), mersin balıkları (<i>Acipenser spp.</i>), kılıç balığı (<i>Xiphias gladius</i>), orkinos (<i>Thunnus spp.</i>)	1.0

Komasyon Tüzüğü (EC) ve Türk Mevzuatı (**)Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	Hg
Fener balıkları (<i>Lophius</i> spp.), Atlantik yayını / kedi balığı (<i>Anarhichas lupus</i>), torik (<i>Sarda sarda</i>), yılanbalıkları (<i>Anguilla</i> spp.), imparator, turuncu imparator balığı, pempe askerbalığı (<i>Hoplostethus</i> spp.), farekuyruklu balık (<i>Coryphaenoides rupestris</i>), kalkın benzeri yassı balık (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>), kral klip yılan balığı (<i>Genypterus capensis</i>), kılıçbalığı benzeri balık (<i>Makaira</i> spp.), pisibalığı (<i>Lepidorhombus</i> spp.), barbunya (<i>Mullus</i> spp.), pembe kayışbalığı (<i>Genypterus blacodes</i>), turna (<i>Esox lucius</i>), torik/iri uskumruya benzeyen balık (<i>Orcynopsis unicolor</i>), tavuk balığı (<i>Tricopterus minutes</i>), Portekiz köpek balığı (<i>Centroscyrmnus coelolepis</i>), vatozlar (<i>Raja</i> species), mercan türü balıklar (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i>), kılıç benzeri balık (<i>Istiophorus platypterus</i>), uskumru türü balıklar (<i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i>), mercan balıkları (<i>Pagellus</i> species), köpek balıkları (bütün türleri), uskumru türü balıklar (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettuspretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i>), mersin balığı (<i>Acipenser</i> species), kılıçbalığı (<i>Xiphias gladius</i>), orkinos (<i>Thunnus</i> spp. ve <i>Euthynnus</i> spp., <i>Katsuwonus pelamis</i>)	1.0

Çizelge 5.2. metallerin vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarlarını göstermektedir.

Çizelge 5.2. Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarları (mg/kg).
(Bat ve ark., 2014)

Metal	Standart	Kaynaklar
Zn	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 7 mg	WHO, 1996; Council of Europe, 2001
Cu	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 3,5 mg	WHO, 1996; Council of Europe, 2001
Pb	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 0,025 mg	WHO, 2000; Council of Europe, 2001; FAO/WHO, 2010
Cd	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 0,007 mg	WHO, 1989 ve 2004; Council of Europe, 2001; FAO/WHO, 2010
Hg	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 0,0033 mg	WHO, 1996; Council of Europe, 2001

Türkiye’de günlük dip balığı tüketimi 4 g olup bu haftada 28 g (FAO, 2010) etmektedir. Haftalık ve günlük alımı hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılır.

EWI: metal mg kg x 28 g /1000 g

EDI: metal mg kg x 4 g /1000 g

Aynı şekilde Türkiye’de günlük pelajik balık tüketimi ise 11 g olup bu haftada 77 g (FAO, 2010) etmektedir. Haftalık ve günlük alımı hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılır.

EWI: metal mg kg x 77 g /1000 g

EDI: metal mg kg x 11 g /1000 g

Mevcut çalışmada Hg, Cd ve Pb tüm balık örneklerinde ölçülebilir değerlerin altında çıkmıştır. Bu değerler Hg ve Pb için <0,05, Cd için <0,02 değerleridir. Cu istavrit hariç diğer türlerde ölçülebilir değerlerin (<0,5) altında bulunmuştur. Pelajik balık olan istavritin günlük tüketimi 11 g bu haftalık 77 g’dır. Buna göre haftalık alım yaklaşık olarak 0,052 ve günlük alım ise 0,0074 olarak hesaplanır. Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı 3,5 mg’dır (Çizelge 5.2). Bu 70 kg’lık yetişkin bir insan için haftalık 245 günlük 35 mg olarak hesaplanır. Aynı şekilde en yüksek Zn değeri 24,7 ppm ile yine istavrit balığında bulunmuştur. Buna göre hesap yapıldığında haftalık Zn alımı 1,90 ve günlük 0,27 mg olarak hesaplanır. Bu bilgiler ışığında en yüksek metal değerleri esas alınarak yapılan hesaplamalar sonuçlarına göre balıkların yenilebilir etlerinde bir metal kirliliği bulunmamıştır.

5.2. Omurgasızlarda Ağır Metal Düzeyleri

Sinop’ta halk arasında “küflü” denilen yengeç (*E. verrucosa*) türlerinde yapılan ağır metal çalışması bu çalışmanın dışında sadece Öztürk ve Bat (1994) tarafından yapılmıştır. Öztürk ve Bat (1994) yengeçlerde Fe, Zn, Ni, Cu, Mn, Pb ve Cd değerlerini sırasıyla 2.54 ± 0.78 , 10.1 ± 1.55 , 1.42 ± 0.43 , 2.61 ± 0.38 , 0.17 ± 0.022 , 0.44 ± 0.08 ve 0.18 ± 0.041 µg metal g-1 yaş ağırlık olarak bulmuşlardır. Mevcut çalışmada Akliman bölgesi için <0,5 mg/kg Al; 2,73 mg/kg As; 43,9 mg/kg Cu; 54,8 mg/kg Zn; 0,1 mg/kg Hg; 73,4 mg/kg Fe; 0,32 mg/kg Cd ve <0,05 mg/kg Pb olarak bulunmuştur. Hem Akliman hem de İç Liman’da en yüksek Fe bulunmuştur. Pb ise her 2 istasyonda da ölçüm değerinin (<0,05 mg/kg) altında bulunmuştur.

Ağır metal çalışmalarında kullanılan diğer tür *R. venosa* olup yoğun bir şekilde midyeleri tüketmesi açısından oldukça önemlidir. *R. venosa* Ukrayna’da sevilen besin kaynağı olup ülkemizde sadece Sinop gibi sınırlı kıyılarımızda tüketilmekte, çoğunlukla da Japonya’ya ihraç edilmektedir. Genel anlamda bu türlerdeki ağır metal düzeyleri kabul edilebilir sınırların altındadır.

Mevcut çalışmada salyangozlarda yapılan ölçümler Akliman bölgesi için <0,5 mg/kg Al; 6,7 mg/kg As; 12,4 mg/kg Cu; 27 mg/kg Zn; <0,05 mg/kg Hg; 39,1 mg/kg Fe; 4,4 mg/kg Cd ve <0,05 mg/kg Pb olarak bulunmuştur. Akliman istasyonundaki deniz salyangozu örneklerinde, en yüksek konsantrasyonlu metal 39,1 mg/kg ile Fe, en düşük konsantrasyonlu metal ölçüm değerinin (<0,05 mg/kg) altında bulunan Hg olmuştur. Akliman bölgesinde örneklenen canlılarda ölçülen ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Fe>Zn>Cu>As>Cd>Al>Pb>Hg'dir. İç Liman ölçüm değerleri ise <0,5 mg/kg Al; 3,8 mg/kg As; 7,4 mg/kg Cu; 21,6 mg/kg Zn; <0,05 mg/kg Hg, 40 mg/kg Fe, 2,9 mg/kg Cd ve <0,05 mg/kg Pb olarak bulunmuştur. İç liman örneklerinde en yüksek konsantrasyon 40 mg/kg ile Fe, en düşük konsantrasyon ise ölçüm değerinin (<0,05 mg/kg) altında bulunan Hg olmuştur. İç liman bölgesinde örneklenen canlılarda ölçülen ağır metal konsantrasyonları sırasıyla Fe>Zn>Cu>As>Cd>Al>Pb>Hg'dir.

Karadeniz kıyılarından örneklenen salyangozlarda ağır metal miktarları Çizelge 5.3'te verilmiştir. Deniz salyangozu örneklerinde saptanan değerlerle, aynı araştırma bölgesinde yapılan benzer çalışmalara ait veriler karşılaştırıldığında Fe ve Zn değerlerinin Bat ve ark. (2006) yaptıkları çalışma ile benzerlik gösterdiği, Cu ve Cd değerlerinin mevcut çalışmada daha yüksek olduğu, Pb değerinin ise mevcut çalışmada daha düşük olduğu görülmektedir. Öztürk ve Öztürk (1994)'ün yaptıkları çalışma sonuçlarında ise Zn, Cu ve Cd değerlerinin daha düşük olduğu Pb değerinin daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Karadeniz kıyılarından örneklenen salyangozlarda ağır metal miktarları (μg metal g^{-1} yaş ağırlık). *= kuru ağırlık, - : ölçülmedi

Bölge	Ağır Metaller									Kaynak
	Fe	Zn	Ni	Cu	Mn	Pb	Cd	Co	Hg	
Sinop	-	0.215-0.84	0.259-0.604	0.214-1.603	-	0.260-0.979	0.156-0.550	-	-	Öztürk and Öztürk, 1994
Fatsa	199 $\pm$ 37	49 $\pm$ 6	2.17 $\pm$ 0.6	57 $\pm$ 8	1.9 $\pm$ 0.8	3.2 $\pm$ 1.2	1.0 $\pm$ 0.5	-	-	Topçuoğlu ve ark., 1994
Persembe*	98 $\pm$ 1	44.6 $\pm$ 0.1	<0.01	35.02 $\pm$ 0.14	3.48 $\pm$ 0.03	<0.5	0.37 $\pm$ 0.03	0.3 $\pm$ 0.05	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Sinop	16.96-54.46	11.16-76.74	0.35-5.71	1.24-8.09	0.35-1.07	0.08-0.46	0.03-0.22	-	-	Bat ve ark., 2000
Rize*	99 $\pm$ 2	68.3 $\pm$ 0.3	5.83 $\pm$ 0.92	57.83 $\pm$ 0.19	3.61 $\pm$ 0.09	<0.5	<0.02	6.9 $\pm$ 4.4	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Karadeniz*	20-100	43.2-52.7	<0.1	67.2-70.4	3.8-7	3.5-6.7	0.3-0.45	<0.05	-	Topçuoğlu, 2004
Sinop*	-	-	-	-	-	0.1435 $\pm$ 0.005	4.63 $\pm$ 0.14	-	-	Das ve ark., 2009
Sinop*	-	2.678-104.025	-	10.458-79.167	-	-	0.273-11.535	-	-	Türk Culha ve ark., 2007
Sakarya*	-	-	-	-	-	32	1.0	-	<0.01	Balkis ve ark. 2012
Bafra*	-	-	-	-	-	12	0.6	-	0.05	Balkis ve ark. 2012

Mevcut çalışmada midyelerdeki ölçümler Akliman bölgesi için <0,5 mg/kg Al, 4,1 mg/kg As, 1 mg/kg Cu, 35,4 mg/kg Zn, <0,05 mg/kg Hg, 29,3 mg/kg Fe, 0,77 mg/kg Cd ve 0,15 mg/kg Pb bulunmuştur. Akliman istasyonundaki midyelerde en yüksek konsantrasyon 35,4 mg/kg ile Zn da ölçülürken, en düşük konsantrasyon ise ölçüm değerinin altında olan (<0,05 mg/kg) Hg da ölçülmüştür. Aklimanda ölçülen metallerin konsantrasyonları sırası ile Zn>Fe>As>Cu>Cd>Pb>Al>Hg'dir. Mevcut çalışmada İç Liman'dan toplanan midye örneklerinde ise ölçülen ağır metal konsantrasyonları 6,9 mg/kg Al; 2,3 mg/kg As; 0,8 mg/kg Cu; 47 mg/kg Zn; <0,05 mg/kg Hg; 37,8 mg/kg Fe, 0,4 mg/kg Cd ve 0,7 mg/kg Pb olarak bulunmuştur. İç liman örneklerinde 47 mg/kg ile en yüksek konsantrasyon Zn da ölçülürken en düşük konsantrasyon ölçüm değerinin altında olan (<0,05 mg/kg) Hg da bulunmuştur. Çalışma sonuçları türlerdeki ağır metal miktarlarının türlere, istasyonlara ve mevsimlere göre değiştiğini göstermektedir.

Karadeniz bölgesinde *M. galloprovincialis* türüne ait bireylerde yapılan ağır metal çalışmaları Çizelge 5.4'de verilmiştir. Yapılan çalışmalarda bu tür için ağır metal sıralaması Fe> Zn > Cu > Pb > Mn > Ni > Cd > Co > Hg şeklinde olup, en yüksek değerler; Fe 4030±121 µg/g Çayeli'nde, Zn 630±32 µg/g Çamburnu'nda, Ni 43.8 µg/g Samsun'da, Cu 260±8 µg/g Rize'de, Mn 73.05 µg/g Samsun'da, Pb 108.6 µg/g Samsun'da, Cd 6.44±0.01 µg/g Amasra'da, Co 5.36±0.33 µg/g Rize'de ve Hg 0.13 µg/g ile Ordu ve Samsun'da bulunmuştur.

Sinop civarında *M. galloprovincialis* türüne ait bireylerde yapılan ağır metal çalışmaları ile mevcut çalışma karşılaştırıldığında, mevcut çalışma sonuçlarının Cu değerlerinin Ünsal ve ark., tarafında 1992 ve 1995 yıllarında yaptıkları çalışma sonuçları ile benzerlik gösterdiği, Hg değerlerinin ise mevcut çalışmada daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışma sonucunda elde edilen Zn değeri açısından ise yine Sinop bölgesinde yapılan çalışma sonuçları karşılaştırıldığında; Öztürk (1991) tarafında yapılan çalışmada bulunana değerlerin mevcut çalışmadan oldukça düşük olduğu, Ünsal ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Karadeniz kıyılarından örneklenen midyelerde ağır metal miktarları (μg metal g^{-1} yaş ağırlık) *= kuru ağırlık, - : ölçülmedi, LOD: Değerlerin altında

Ağır Metaller										
Bölge	Fe	Zn	Ni	Cu	Mn	Pb	Cd	Co	Hg	Kaynak
Sinop	-	1.023-8.946	0.050-2.797	0.039-1.438	-	1.36-0.32	0.075-0.863	-	-	Öztürk, 1991
Igneada	-	-	-	0.21-2.76	-	0.05-0.12	-	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Sinop	-	-	-	0.02-7.94	-	0.00-3.82	-	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Samsun	-	-	-	0.06-5.0	-	0.2-3.11	-	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Trabzon	-	-	-	LOD-2.67	-	0.00-0.72	-	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Sürmene	-	-	-	0.00-3.96	-	0.00-0.33	-	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Rize	-	-	-	0.00-18	-	LOD-0.60	-	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Hopa	-	-	-	0.00-15	-	0.00-1.62	-	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Inebolu	-	-	-	1.96-13.7	-	0.12-1.3	-	-	0.01-0.88	Ünsal ve ark., 1993
Sakarya	-	-	-	0.17-0.56	-	0.0-0.02	-	-	0.02-0.03	Ünsal ve ark., 1993
Zonguldak	-	-	-	0.33-3.63	-	0.1-0.84	-	-	0.004-0.14	Ünsal ve ark., 1993
Sinop	-	-	-	0.81 ± 0.4	-	1.71 ± 1.9	-	-	0.06	Ünsal ve ark., 1995
Sinop	-	-	-	-	-	2.58 (Max.)	-	-	-	Ünsal and Beşiktepe, 1994
Rize	-	-	-	13.33 (Max.)	-	-	-	-	-	Ünsal and Beşiktepe, 1994
Sinop	-	-	-	0.93 ± 0.3	-	0.83 ± 1.3	-	-	0.07 ± 0.1	Ünsal ve ark., 1995

Hopa	-	43±22	-	8.60±3.80	-	-	1.20±0.35	-	0.04±0.01	Ünsal ve ark., 1998
Giresun-Bulancak	-	43±26	-	1.65±0.70	-	-	0.60±0.20	-	0.015±0.005	Ünsal ve ark., 1998
Sinop	-	188±40	-	1.20±0.18	-	-	1.05±0.30	-	0.02±0.01	Ünsal ve ark., 1998
Rize –Fındıklı	-	136±30	-	1.70±0.50	-	-	2.05±0.20	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Giresun-Eynesil	-	23±14	-	1.10±0.45	-	-	0.50±0.25	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Ordu-Ünye	-	47±26	-	3.55±0.70	-	-	0.80±0.40	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Sinop-Gerze	-	87±40	-	1.75±0.75	-	-	0.45±0.30	-	0.003±0.001	Ünsal ve ark., 1998
Hopa	-	35±13.5	-	10.00±1.00	-	-	0.65±0.20	-	0.07±0.03	Ünsal ve ark., 1998
Giresun-Bulancak	-	39±9	-	2.55±0.40	-	-	0.20±0.02	-	0.03±0.015	Ünsal ve ark., 1998
Sinop	-	63±10	-	1.50±0.10	-	-	0.33±0.03	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Rize –Fındıklı	-	0.55±0.18	-	0.70±0.00	-	-	0.35±0.13	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Giresun-Eynesil	-	20±5	-	0.55±0.05	-	-	0.25±0.05	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Ordu-Ünye	-	47±16	-	1.60±0.18	-	-	0.20±0.08	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Sinop-Gerze	-	0.60±0.05	-	0.90±0.40	-	-	0.35±0.15	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Hopa	-	23±3.5	-	9.33±0.57	-	14.60±3.50	0.98±0.20	-	0.05±0.05	Ünsal ve ark., 1998
Giresun-Bulancak	-	24±9.3	-	1.35±0.07	-	2.90±0.75	0.50±0.05	-	0.02±0.006	Ünsal ve ark., 1998
Sinop	-	71±7.7	-	1.90±0.20	-	5.95±0.85	0.48±0.07	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Rize –Fındıklı	-	1.28±0.08	-	1.20±0.15	-	5.05±0.73	0.65±0.20	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Giresun-Eynesil	-	15±3	-	0.68±0.07	-	3.50±0.30	0.50±0.05	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998

Ordu-Ünye	-	29±5.5	-	1.40±0.19	-	0.36±0.12	0.51±0.12	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Sinop-Gerze	-	1.45±0.73	-	1.15±0.20	-	4.95±0.70	0.40±0.04	-	LOD	Ünsal ve ark., 1998
Sinop	-	1.58-7.28	-	0.10-1.89	-	0.11-1.18	0.03-0.27	-	-	Bat ve ark., 1999a
Doğu Karadeniz	-	-	-	-	-	0.1- 1.7	-	-	-	Ünsal, 2001
Batı Karadeniz	-	-	-	-	-	10-30.3	-	-	-	Ünsal, 2001
Amasra*	355±1	512.5±2.6	4.17±0.25	7.26±0.02	10.11±0.05	2.60±1.1	6.44±0.01	2.68±0.11	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Sinop*	598±7	256.4±1.3	4.02±0.19	8.01±0.02	22.8±0.11	0.31±0.19	1.79±0.01	1.79±0.01	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Rize*	511±3	78.12±0.15	24.07±0.26	11.52±0.02	5.66±0.07	<0.05	<0.02	5.36±0.33	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Pazar*	-	59±9.9	-	7.95±1.78	9.4±2.4	4.8±1.25	2.36±0.64	-	-	Topçuoğlu ve ark., 2003b
Rize*	-	79.2±0.6	-	10.3±0.22	11.1±0.5	5.3±0.91	<0.02	-	-	Topçuoğlu ve ark., 2003b
Karadeniz*	60-400	6.4-349.7	4.9-6.7	5.7-12.3	9.4-62.9	3.4-5.3	0.02-5.77	<0.05-3.1	-	Topçuoğlu, 2004
Çamburnu*	3340	630	-	190	-	-	-	-	-	Damla ve ark., 2006
Rize (liman)*	2390	600	-	260	-	-	-	-	-	Damla ve ark., 2006
Rize (liman dışı)*	1400	340	-	90	-	-	-	-	-	Damla ve ark., 2006
Çayeli*	4030	230	-	130	-	-	-	-	-	Damla ve ark., 2006
Hopa*	1150	180	-	130	-	-	-	-	-	Damla ve ark., 2006
Samsun*	-	-	-	-	-	1.085±0.065	0.41	-	<0.050	Das ve ark., 2009
Sinop*	-	-	-	-	-	0.26±0.03	0.47±0.01	-	<0.050	Das ve ark., 2009
Sinop*	-	24.862-	-	4.301-10.96	-	-	0.305-4.878	-	-	Türk Culha ve

		519.701								<i>ark.</i> , 2007
Samsun*	-	317.25	43.8	23.35	46.9	0.95	<0.02	-	-	Bakan and Özkoç, 2007
Samsun*	-	328.05	<0.05	13.1	66.35	<0.05	<0.02	-	-	Bakan and Özkoç, 2007
Samsun*	-	396.5	0.6	12.85	73.05	108.6	<0.02	-	-	Bakan and Özkoç, 2007
Samsun*	-	312.15	2.55	11.75	49.15	14.7	<0.02	-	-	Bakan and Özkoç, 2007
Camburnu*	3340±165	630±32	6.0±0.3	190±6	59±3	21.0±1.0	4.0±0.2	-	-	Çevik ve ark., 2008
Rize*	2390±72	600±30	1.0±0.1	260±8	54±3	5.0±0.3	3.0±0.2	-	-	Çevik ve ark., 2008
Rize*	1400±42	340±10	3.0±0.2	90±3	41±2	9.0±0.5	3.0±0.2	-	-	Çevik ve ark., 2008
Cayeli*	4030±121	230±7	3.0±0.2	130±4	46±2	5.0±0.2	2.0±0.1	-	-	Çevik ve ark., 2008
Hopa*	1150±35	180±5	2.0±0.1	130±4	47±2	3.0±0.1	3.0±0.2	-	-	Çevik ve ark., 2008
Sinop*	-	79-163	-	2.41-4.82	-	2.10-4.10	0.27-0.98	-	-	Bat ve ark., 2012c
Terkos*	-	-	-	-	-	12	3.5	-	0.04	Balkis ve ark. 2012
Sakarya*	-	-	-	-	-	17	1.3	-	0.07	Balkis ve ark. 2012
Zonguldak*	-	-	-	-	-	13	0.6	-	0.09	Balkis ve ark. 2012
Samsun*	-	-	-	-	-	11	0.9	-	0.13	Balkis ve ark. 2012
Bafra*	-	-	-	-	-	20	1.4	-	0.12	Balkis ve ark. 2012
Ordu*	-	-	-	-	-	15	3.0	-	0.13	Balkis ve ark. 2012
Rize*	-	-	-	-	-	18	2.4	-	0.07	Balkis ve ark. 2012

Çizelge 5.5. Kabuklu Yumuşakçalarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık) (Bat ve ark., 2014)

Standartlar	Cd		Pb		Cu		Zn		Hg	
	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Anonim (1995) Türk Mevzuatı	1.0	0.1	2.0	1.0	20	20	50	50	0.5	0.5
MAFF (1995) ^{1,2} Gıda Güvenliği	<0.2	<0.2	10	10	20	20	50	50	--	--
EC (2001) Komisyon Tüzüğü	0.50	1.0	0.5	1.5	--	--	--	--	0.5	0.5
TGK (2002) Türk Gıda Kodeksi	0.50	1.0	0.5 ⁴	1.5	20	20	50	50	0.5	0.5
EC (2006) Komisyon Tüzüğü	0.50	1.0	0.5 ⁴	1.5	--	--	--	--	0.5	0.5
TGK (2008) ³ Türk Gıda Kodeksi	0.50	1.0	0.50	1.5	--	--	--	--	0.5	0.5
Anonim (2011) Türk Mevzuatı	0.50	1.00	0.50	1.50	--	--	--	--	0.50 ⁵	0.50

1 = Eğer bakır doğal olarak bulunursa yiyeceklerde daha yüksek düzeylerde izin verilir.

2 = Doğal olarak 50 mg.kg⁻¹ çinkodan daha fazla içerirse yiyeceklerde daha fazla düzeylerde izin verilir.

3 = Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında Tebliğ

(Tebliğ No: 2008/26)'in yürürlükten kaldırılmasına dair Tebliğ (Anonim, 2012).

4= Kahverengi yengeç hariç

5= Yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda

Yapılan çalışma sonuçları ile kabuklu ve yumuşakçalarda ağır metallerin maksimum limitleri karşılaştırıldıklarında cıvanın düzeyin altında kaldığı ancak kurşun, kadmiyum, bakır ve çinkonun bazı bölgelerde oldukça yüksek değerlerde oldukları gözükmemektedir. Bununla beraber bakır ve çinko için toplanılan bölgedeki doğal değerlere bakılarak karşılaştırılma yapılması daha doğrudur. Yine insan gıdası olarak değerlendirilecekse kişinin ağırlığı, yeme sıklığı ve miktarı da göz önüne alınmalıdır.

Türkiye’de günlük yumuşakça ve benzeri tüketimi: 1 g bu haftada 7 g (FAO, 2010) etmektedir. Haftalık ve günlük alımı hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılır.

EWI: metal mg kg x 7 g /1000 g

EDI: metal mg kg x 1 g /1000 g

Mevcut çalışma sonuçlarına göre omurgasız canlılarda herhangi bir ağır metal kirliliği bulunmamıştır.

5.3. Deniz Çayırına (*Zostera* spp.) Ait Ağır Metal Düzeyleri

Akliman bölgesinden örneklenen deniz çayırı örneklerinde yapılan ölçümlerde metal konsantrasyonları 171,7 mg/kg Al; 0,97 mg/kg As; 1,7 mg/kg Cu; 14,5 mg/kg Zn; <0,05 mg/kg Hg; 521,7 mg/kg Fe; 0,18 mg/kg Cd ve 0,9 mg/kg Pb olarak ölçülmüştür. Ölçülen en yüksek metal değeri Fe olarak bulunmuş ve bunu sırasıyla Al, Zn, Cu, As, Pb, Cd ve Hg izlemiştir. Hg değeri ölçüm değerlerinin (<0,05 mg/kg) altında bulunmuştur. Türkiye'nin Karadeniz kıyılarından *Zostera* türlerine ait bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yüzden karşılaştırma da yapılamamıştır.

5.4. Zooplanktonda Ağır Metal Düzeyleri

Planktonda yapılan ağır metal çalışmaları azdır. Ünsal ve ark.(1992 ve 1993) Karadeniz'in farklı kıyılarındaki toplam planktonda ağır metal düzeylerini tespit etmişlerdir. Özellikle zooplanktonun hamsi gibi küçük pelajik balıkların temel besinini oluşturması bakımından oldukça önemlidir. Zooplankton ile ilgili olarak metal çalışmaları Çizelge 5.6'da verilmiştir. Ancak mevcut çalışmalar daha az metal ile çalışılmış ve yaş ağırlık olarak verilmiştir. Bu yüzden karşılaştırılma yapılması güçtür.

Çizelge 5.6. Karadeniz kıyılarından örneklenen zooplanktonda ağır metal miktarları (μg metal g^{-1} yaş ağırlık). *= kuru ağırlık, - : ölçülmedi, LOD: Değerlerin altında

Bölge	Fe	Zn	Al	Cu	As	Pb	Cd	Hg	Kaynaklar
Sinop*	2902	375	778	52	40	210	1.1	<0.05	Bu çalışma
Sinop	9.92	7.46	-	3.557	-	LOD	0.097	-	Bat ve ark., 2006
Sinop	10.21	11.03	-	2.286	-	LOD	0.051	-	Bat ve ark., 2006
Sinop	-	-	-	4.09-4.28	-	4.28-11.71	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Samsun	-	-	-	7.36-19.40	-	15.94-100	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Trabzon	-	-	-	50.6-104.52	-	6.8-87.10	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Hopa	-	-	-	19.23-61	-	87.87	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Samsun	-	-	-	12.69-37.5	-	117.18	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Trabzon	-	-	-	2.71-4.01	-	6.62-9.69	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Sinop	-	-	-	39-230	-	13-98	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Samsun	-	-	-	51-149	-	24-28	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Trabzon	-	-	-	60-82	-	44-60	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Hopa	-	-	-	2.8-20	-	22.5-40	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Sinop	-	-	-	20	-	5	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Samsun	-	-	-	250	-	5	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Trabzon	-	-	-	30-200	-	6.60	-	-	Ünsal ve ark., 1992
Hopa	-	-	-	-	-	3.80	-	-	Ünsal ve ark., 1992
İnebolu	-	-	-	12.70-16.00	-	0.78-1.62	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Zonguldak	-	-	-	6.90-8.70	-	0.30-0.76	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Sakarya	-	-	-	9.30-16.4	-	0.70-3.66	-	-	Ünsal ve ark., 1993
İğneada	-	-	-	1.30-2.30	-	0.08-0.30	-	-	Ünsal ve ark., 1993
İnebolu	-	-	-	9.10	-	18.17	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Zonguldak	-	-	-	0.76	-	16.6	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Sakarya	-	-	-	7.66	-	2.92	-	-	Ünsal ve ark., 1993
İğneada	-	-	-	4.21	-	7.90	-	-	Ünsal ve ark., 1993
İnebolu	-	-	-	1.48	-	6.64	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Zonguldak	-	-	-	0.24	-	4.43	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Sakarya	-	-	-	4.64	-	3.16	-	-	Ünsal ve ark., 1993
İğneada	-	-	-	10.83	-	27.63	-	-	Ünsal ve ark., 1993
İnebolu	-	-	-	7.77	-	21.60	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Zonguldak	-	-	-	17	-	4.10	-	-	Ünsal ve ark., 1993
Sakarya	-	-	-	8.84	-	4.10	-	-	Ünsal ve ark., 1993
İğneada	-	-	-	14.6	-	6.90	-	-	Ünsal ve ark., 1993

5.5. Sedimanda Ağır Metal Düzeyleri

Karadeniz'in Türkiye kıyılarından toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri Çizelge 5.7.'de verilmiştir.

Karadeniz'de Batıda Tuna Nehri ağzından güneyde İstanbul Boğazı, doğuda Çoruh Nehri ağzı ve kuzeyde Azak Denizi'ne kadar uzanan geniş bir açık deniz alanında yapılan çalışmalara göre sedimandaki Fe, Mn, Co, Cr, Ni, Cu, Zn ve Pb miktarları çoğunlukla normal, jeolojik referans değerlere, yani ortalama yer kabuğu veya sediman kayalarinkine benzediği, Cr, Ni, Cu ve Pb miktarlarındaki nispeten yüksek değerleri kısmen güneydeki magmatik kayaların bolluğu ve kısmen de antropojenik atıklar ile açıklanmıştır (Ergin ve ark., 2003).

Bazı sediman karotların en üst kısımlarından alınan örneklerde görülen metal miktar artışları ise antropojenik kaynakların etkilerini göstermektedir. Ozkan ve Büyükişik (2012) Güney Karadeniz sedimanlarında ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesinde endüstriyel öncesi ağır metal konsantrasyon değerlerinin bilinmesinin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada çevre kirliliğinin derecesini değerlendirmek için metal seviyeleri, klorofil bozunma ürünleri, karbonat ve organik karbon seviyelerini araştırmış ve Güney Karadeniz sedimanlarında bu kirleticilerin orijinini tartışmışlardır. Sonuçta Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Fe, As, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, Cr, Mg, Ba, Ti, Zr, Sn, S, Y, Hg, organik karbon, karbonat, ve klorofil bozunma ürünleri arasında pozitif ve/veya negatif korelasyonlar bulunmuş, bu metallerin farklı antropojenik ve doğal kaynaklara sahip oldukları gösterilmiştir (Özkan ve Büyükişik, 2012). Aynı çalışmada jeoakümülayon indeksine göre, Güney Karadeniz'in yüzey sedimanları Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, As, Sr, Bi, V, Cr, Mg, Zr, Y, Sb, Sn ve Ni açısından kirlenmemiş-kısmen kirlenmiş; Hg ve Cd açısından kısmen kirlenmiş ve S ve Mo açısından ise kuvvetlice kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Sedimandaki toplam birikim konsantrasyonları endüstriyel öncesi background (geçmiş) seviyelerinin üzerinde olmasına rağmen, jeoakümülayon indeksi yüzey sedimentlerinin P, Ba ve Ti açısından kirlenmediğini göstermiştir. Karbon 14 ile yapılan yaş tayininde sedimanın MS 1350-350 ve MS 1000 yıllarına ait olduğu bulunmuş ve bu durumun istasyonların belirli yerlerinde keskin eğim ve dip taşınımından dolayı Güney Karadeniz'de denizaltı heyelanlarının ve turbidite akışlarının sık olduğunu yorumuna varılmıştır (Ozkan ve

Buyukisik, 2012). (Ozkan ve Buyukisik, 2012). Sonuç olarak denizel ortamlarda kirliliğe antropojenik katkının derecesini net bir şekilde ortaya koymak için yaş tayini gereksinimi büyük öneme sahiptir.

Mevcut çalışmada analizler doğrultusunda, Al ortalama olarak 2,43 mg/kg bulunurken, As en çok 2-4 cm derinlikte en az 0-2 cm de bulunmuştur. Cu yıllara göre artış göstererek en çok 0-2 cm derinlikte 7,24 g/kg bulunmuş, Zn ise en çok 0-2 cm derinlikte 19,3 mg/kg en düşük 2-4 cm derinlikte 13,8 mg/kg bulunmuştur. Hg yıllara göre artış göstermiştir en düşük 8-10 cm derinlikte 0,03 mg/kg, en yüksek konsantrasyonda 0-2 cm derinlikte 0,07 mg/kg bulunmuştur. Fe ortalama 1,36 mg/kg olarak bulunmuş, Cd 6-8 cm derinlikte ölçülebilir değerin altında ($<0,02$ mg/kg) en yüksek konsantrasyonu ise 0-2 cm derinlikte 0,05 mg/kg olarak ölçülmüş, Pb konsantrasyonu en yüksek 2-4 cm aralığında 7,12 mg/kg ölçülmüştür. Ölçümü yapılan 61 metal içinde en yüksek konsantrasyon Cr (krom) 0-2 cm derinliğinde 374 mg/kg bulunmuştur, en düşük konsantrasyonlu metal ise Re (renyum) 8-10 cm derinlikte ölçülebilir değeri olan 0,002mg/kg'ın altında bulunmuştur.

Sur ve ark. (2012) Karadeniz'in Türkiye kıyıları boyunca 2010 yılı sonbaharında 26 istasyondan deniz tabanı yüzey sedimanındaki kirlilik durumunun (Al, Cd, Cu, Pb, V, Hg) tespiti amacıyla metallerin kirlilik faktörü (Cf) ve istasyonların kirlilik derecesini (CD) belirlemişlerdir. Kirlilik derecesi Samsun bölgesinin endüstriyel istasyonunda çok yüksek; Hopa, Ordu, Çayeli, Trabzon, Yeşilırmak, Akçaabat, Pazar, Giresun ve Samsun bölgesindeki farklı istasyondan örneklenen sedimanlarda oldukça yüksek; Araklı, Samsun, Zonguldak, Rize, Bartın, Kızılırmak, Cide, Sakarya, Terkos, Yomra, İnebolu, Sinop'un iki farklı istasyonu, Ereğli ve İğneada'dan örneklenen sedimanlarda orta derecede yüksek; ve Şile'de düşük bulunmuştur.

Çizelge 5.7. Karadeniz’in Türkiye kıyılarından toplanan sediman örneklerindeki ağır metal düzeyleri.

Bölge	Fe(%)	Zn	Ni	Cu	Mn	Pb	Cd	Cr	Co	Hg	Kaynaklar
Güney doğu Karadeniz 1993; 1995	-	-	-	-	-	3.06-617.8	-	-	-	-	Ünsal, 2001
Güney batı Karadeniz 1993; 1995	-	-	-	-	-	2.9-42.0	-	-	-	-	Ünsal, 2001
Doğu Karadeniz	-	40-345	-	29.00-8580	-	58.00-2920	1.35-19.50	-	-	0.22-13 (yaş ağırlık)	Ünsal ve ark., 1998
Batı Karadeniz	-	12-238	-	2-47	-	5-143	1-225 (ppb)	-	-	9-91 (ppb)	Ünsal ve ark., 1998
Sinop	-	-	-	0.08-0.42	-	3.06-3.77	-	-	-	0.05-0.40	Ünsal ve ark., 1995
Kızılırmak	-	-	-	11.80-356.56	-	6.22-11.32	-	-	-	0.86-4.0	Ünsal ve ark., 1995
Yeşilirmak	-	-	-	528.12 ± 357.0	-	38.74 ± 39.5	-	-	-	0.29-2.02	Ünsal ve ark., 1995
Tüm Karadeniz 1989	1.3-4.3	50-108	38-130	29-68	355-751	14-35	-	32-171	7-37	-	Kıratlı ve Ergin, 1996
Güney Karadeniz 1988-1989	0.2-4.9	24-138	11-202	15-87	112-1064	12-66	-	13-224	< 20	-	Yücesoy ve Ergin, 1992
Güney Batı Karadeniz 1999	1.9-3.9	50-111	34-88	20-47	312-995	19-51	-	51-135	9-19	-	Ergin ve ark., 2003
BS 1997-1998	2.6-4.9	57-127	2.2-69.1	23-75	354-902	11-30	0.6-0.9	22-122	5.2-17.2	-	Topçuoğlu, 2000
Sinop 1993	-	-	-	-	-	-	-	218.1±20.1	-	-	Topçuoğlu ve ark., 1998
Pazar 1998	-	50.1±0.4	-	15.5±0.5	414.4±0.8	<0.5	<0.02	-	-	-	Topçuoğlu ve ark., 2003b
Rize 2001	-	484.2±1.1	-	506.5±1.5	647.5±1.9	39.2±4.3	<0.02	-	-	-	Topçuoğlu ve ark., 2003b

İğneada 1998	2.9	119.3 ± 0.7	31.57 ± 0.51	13.57 ± 0.08	519.1 ± 4.5	< 0.05	< 0.02	74.7 ± 1.4	21.45 ± 4.44	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Kilyos 1998	0.5	33.9 ± 0.1	13.55 ± 0.38	4.00 ± 0.02	206.6 ± 1.0	< 0.05	< 0.02	10.8 ± 0.2	< 0.05	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Amasra 1997	2.7	92.6 ± 0.37	33.50 ± 0.77	27.60 ± 0.24	338.2 ± 0.3	21.4 ± 5.6	0.73 ± 0.08	58.5 ± 0.4	8.28 ± 0.51	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Sinop 1997	3.5	91.5 ± 0.45	65.20 ± 0.71	37.3 ± 0.14	424.3 ± 1.3	15.1 ± 2.9	0.89 ± 0.11	115.5 ± 0.5	13.40 ± 0.71	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Perşembe 1997	4.4	82.9 ± 0.16	18.50 ± 0.22	69.9 ± 0.20	514.1 ± 1.1	31.1 ± 2.0	0.93 ± 0.04	21.8 ± 0.1	16.8 ± 0.97	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Rize 1998	5.4	267.4 ± 0.26	37.26 ± 0.38	95.5 ± 0.19	870.3 ± 3.5	< 0.05	< 0.02	38.88 ± 0.34	36.44 ± 10.5	-	Topçuoğlu ve ark., 2002
Samsun ve civarı (2002-2003)	-	109.55-261.65	7.9-49.25	32.9-64.85	441.55-668.75	12.13-223.7	<0.02	53.05-99.3		-	Bakan ve Böke Özkoç, 2007
Yeşilırmak dışı1996, 2001,2002	4.7±0.01	325.3	128.1	59.9±1.0	2915±5	<0.01	<0.02	1276.5	63.7±2.3	-	Balkıs ve ark., 2007
Yeşilırmak iç1996, 2001,2002	8.5±3.87	119.8	129.9±1	43.7±2.1	864±3	<0.01	<0.02	370.8±1	33.6±1.9	-	Balkıs ve ark., 2007
Kızılırmak dışı1996, 2001,2002	4.9±0.01	91.4±0.5	104.6±1	23.0±0.3	989±4	<0.01	<0.02	231.9±1	22.7±1.2	-	Balkıs ve ark., 2007
Kızılırmak iç 1996, 2001,2002	7.8±0.03	119.5	120.0±2	27.6±0.7	1206±1	<0.01	<0.02	720.6±1	27.4±1.2	-	Balkıs ve ark., 2007
Yomra 2002- 2003 çökmüş partikül	4.50±0.10 4.87± 0.12	133 ± 13 175 ± 18	4.39 ± 0.10 24.53 ± 2.03	16.08 ±0.17 60.03±0.68	430.3 ± 1.4 1096.4 ±31.0	8.88 ±0.07 47.11 ±2.12	0.23±0.09 1.20± 0.05	38.33±4.96 74.09 ±7.40	16.47±1.80 20.01±1.19	-	Ergül ve ark., 2008
Yomra 2002- 2003 yüzey 0-2 cm	6.05± 0.50	182 ± 17	26.53±0.79	56.86±0.34	672.8± 3.0	<0.1	<0.02	74.24±7.00	23.90±1.40	-	Ergül ve ark., 2008
Yomra 2002- 2003 yüzey 0-8cm	5.68± 0.50	169 ± 16	23.61±2.19	52.03±0.61	651.9±2.27	<0.1	<0.02	70.02±7.04	22.60±1.30	-	Ergül ve ark., 2008
Yomra 2002- 2003	45.6-255.9 (mg m ⁻³)	1639.8-7495.9	113.8-1382.5	416.79-3182.65	7169.0-57650.6	230.2-2438.7	10.89-12.96	519.37-2885.53	187.5-993.5	-	Ergül ve ark., 2008

dikey partikül	² gün ⁻¹)										
Sakarya, Yenice Kızılırmak Yeşilirmak (askıda madde) 2002	47,200	146	-	66	3140	26	0.38	135	22.8	-	Yığiterhan ve Murray, 2008
Trabzon	-	56.5-286.3	10.6-29.2	13.68-315.99	-	12.34-83.78	-	-	-	-	Öşeker ve Erüz, 2011
Batı Karadeniz 2008	33800-45900	82.8-183.9	56.9-93.3	39.8-72.46	416-763	20.29-37.76	0.18-0.53	73-117	12.9-21	0.03-0.13	Ozkan ve Buyukisik, 2012
Doğu Karadeniz 2008	43800-50100	83.9-124.2	49.5-140.6	57.83-71.83	383-755	18.13-44.33	0.24-0.45	54-147	19.7-28.9	0.04-0.07	Ozkan ve Buyukisik, 2012
Güney Karadeniz 2010 sonbahar	-	-	-	2.87-407.93	-	2.51-79.78	0.03-1.04	-	-	0.47 - 2.86	Sur ve ark., 2012

6. ÖNERİLER

1- Yağmur ya da sel suları ile denize ulaşan ve "askı yük" olarak isimlendirilen deniz suyundaki asılı parçacıkların da planktonla birlikte analiz edilmesi bu organizmalarda ağır metal değerlerinin yüksek olmasına neden olabilmektedir. Karadeniz'de özellikle bakır ve kurşunun büyük bir kısmı partikül halindedir. Aynı şekilde özellikle tarım alanlarını yıkayarak gelen kara kaynaklı sular (nehirler) metallerin denize taşınmasında rol oynamaktadır.

2- Gerek maden yataklarından ve gerekse taşıma esnasında ortama dağılan bakır, yağmur ve sel suları ile denize ulaşmakta, akıntı ve girdaplarla yatay ve dikey olarak dağılmakta, zaman içerisinde antisiklonik girdapların ve diğer faktörlerin yardımıyla dibe çökerek sedimanda yüksek konsantrasyona ulaşmaktadır ve büyük olasılıkla dibe çöken metallerin midyeler ve algler tarafından alınmaktadır. Önemli miktarda yağmur yağdığı aylarda ölçülen yüksek metal değerlerini bu şekilde açıklamak mümkündür.

3- Mezgit gibi demersal yani dipte yaşayan balıkların bazıları besininin bir kısmını da sedimandan sağlamaktadır. Bu nedenle ölçülen yüksek metal konsantrasyonları, yaz boyunca dibe çöken ve sedimanda biriken metallerin bu tür tarafından sedimandan alınmasından kaynaklanmış olabilir.

4- Denize ulaşan metallerden bakır önce su kolonunda ve yüzeye yakın bölgede bulunur ve zamanla sülfürle birleşerek dibe çöker. Bilindiği gibi istavrit pelajik bir tür olup su kütlesi içinde ve yüzeye yakın bölgelerde yaşamaktadır. Dolayısıyla bakırı değişik yollardan alarak biriktirmiş olabilir.

5- Yapılan bazı çalışmalarda metallerin balık derisinde birikimi daha yüksektir. Hamsi, çaça ve istavrit gibi pelajik küçük balıkların derisi de etlerinden kolay ayrılmadığından bazı metaller yüksek çıkabilir.

6- Hamsi gibi yüksek yağ oranına sahip balıklarda veya balıkların yağlandığı dönemlerde kirli bölgelerden örneklenen balıkların yağlarında daha kolay birikeceğinden metal konsantrasyonları yüksek bulunabilmektedir.

7- Özellikle nehir ağızlarında debinin yüksek olduğu aylarda denize ulaşan metaller, debinin düşük olduğu aylarında dibe çökmekte orada birikmektedir. Sel ya da yağmur suları ile nehirlerin debisinin tekrar artması ile metal bakımından zengin olan

sedimanın üst tabakası tekrar suya karıştırmaktadır. Bu metaller oradaki canlılar özellikle midyeler ve algler tarafından alınmaktadır. Bu aylarda sedimandaki, midyelerdeki ve algler ile beslenen canlılardaki ölçülen yüksek metal konsantrasyonlarını bu şekilde açıklamak mümkündür.

8- Genellikle ilkbaharda su kolonunda bulunan fitoplankton ve partikül halindeki ya da partiküllere yapışmış metaller özellikle bakır yaz boyunca dibe çökerek midyeler ve/veya algler tarafından alınabilmektedir. Ayrıca ortamdaki sıcaklık ve tuzluluk değişimleri de metallerin özellikle midyeler tarafından alınmasını etkileyebilir. Aynı şekilde deniz suyundaki kurşunun büyük bir kısmının partikül halindeki maddelerle birleşerek hızlı bir şekilde deniz dibindeki sedimanlara taşındığını belirtmektedirler. Deniz dibine ulaşan kurşunda midyeler tarafından alınmaktadır.

9- Metallerin denize ulaşım zamanı ve deniz suyundaki kimyasal yapısı bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Ayrıca her alg türü, deniz çayırları ve diğer sucul organizmalar, metalleri deniz suyundan farklı miktarlarda almakta ve biriktirmektedir. Yağmur miktarlarındaki artış hem sanayiden, hem de evsel atıklardan meydana gelen kirliliğe ek olarak özellikle atmosferdeki kurşunun da denize karışmasına neden olabilmektedir.

10- Deniz çayırı ve midye su ortamında yer değiştirmeyen sabit organizmalardır. Dolayısıyla bir bölgenin kirliliğini belirlemede ve izlemede sedimanla birlikte kullanılabilirler. Ancak balıklar sürekli yer değiştirdiklerinden belirli bir bölgeyi temsil ettikleri söylenemez. Bu nedenle özellikle midyeler pek çok araştırmacı tarafından metal kirliliğinin indikatörü (göstergesi) olarak kullanılmaktadırlar. Deniz çayırları da Avrupa denizlerinde biyomonitör olarak sıkça kullanılan türdür.

11- Aynı bölgeden ve aynı zamanlarda toplanmış deniz çayırlarında ölçülen metallerde farklı değerlerin bulunması farklı metodolojilerden kaynaklanmaktadır. Partikül halinde veya partiküllere yapışmış halde bulunan metaller, algler üzerine yapışma eğilimindedir. Analizden önce bu partiküller yeterince temizlenmez ise alg örnekleri ile birlikte partiküllerdeki metallerde analiz edilmesi ve böylece yüksek konsantrasyonlar elde edilmesi söz konusudur.

12-Yapılan birçok çalışmada toplam askı yükteki metal konsantrasyonları ile sedimanlardaki konsantrasyonlar arasında, yine sedimandaki metal konsantrasyonları ile

midye ve makroalgdeki metal düzeyleri arasında bazı bölgelerde bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Bu ilişki metallere, canlının türüne ve ortam koşullarına göre değişmektedir. Ayrıca canlıların üreme zamanı, ortalama ağırlık ve ağırlık-boy oranını metal birikimlerinde rol oynamaktadır.

13- Bir yandan kirlenmenin kaynağını belirlemek, diğer yandan da sürekli ölçümlerle ortamdaki metal miktarının artıp artmadığını izlemek gerekli önlemleri almak için son derece önemlidir.

7. KAYNAKLAR

- Akyuz, T., Bassarı, A., Saltoğlu, T., Kurtcebe, T., 1995. Determination of the Concentration of Some Elements in the Black Sea Sediment Samples Using Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Analyser. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 48, 125-133.
- Algan, A. O., Çağatay, M. N., Sarıkaya, H. Z., Balkıs, N., Sarı, E., 1999. Pollution Monitoring Using Marine Sediments, A Case Study on the Istanbul Metropolitan Area. *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*, 23, 39-48.
- Anonim 1995. Canlı (taze), soğutulmuş ve dondurulmuş kabuklu ve yumuşakçalarda, kimyasal, toksikolojik ve mikrobiyolojik kabul edilebilir değerler. Yayımlandığı R. Gazete: 10/03/1995-Sayı:22223, Tebliğ No:95/6533.
- Anonim 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Yayımlandığı R. Gazete: 29/12/2011- Sayı: 28157 (3. Mükerrer) EK-1.
- Anonim 2012. Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26)'in yürürlükten kaldırılmasına dair Tebliğ. Yayımlandığı R. Gazete: 08/03/2012-Sayı:28227, Tebliğ No:2012/21.
- Arıman S., Cüce H., Özbayrak E., Bakan G., Büyükgüngör H. 2008. Orta Karadeniz Kıyı Şeridi Nehirleri Su ve Sediman Ortamlarında Ağır Metal Kirliliği İzlenmesi. *TMMOB ÇMO Çevre Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3, 1.
- Atalay G. 2005. Sinop Kıyılarında Yayılış Gösteren *Zostera marina* Taksonunun Haritalanması İle Fenolojisinde Mevsimsel Ve Yersel Değişimler, (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı.
- Aygun, S.F., Abanoz, F.G. 2011. Determination of heavy metal in anchovy (*Engraulis encrasicolus* L 1758) and whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) fish in the Middle Black Sea. *Kafkas Üniv.Vet. Fak. Der.* 17(A): S145-S152.
- Bakan, G., Şenel B. 2000. Samsun Mert Irmağı-Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman (Dip Çamur) ve Su Kalitesi Araştırması. *Turk. J. Engin. Environ. Sciences*, 24, 135-141.
- Bakan, G., Özkoç, H.B. 2007. An ecological risk assessment of the impact of heavy metals in surface sediments on biota from the mid-Black Sea coast of Turkey. *International Journal of Environmental Studies* 64 (1): 45-57.

- Balkıs, N., Topcuoğlu, S., Güven, K. C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kırbaşoğlu, Ç., Aksu, A. 2007. Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey. J. Black Sea/Mediterranean Environment 13:147-153.
- Balkıs, N., Aksu, A. 2012. ‘‘Batı Karadeniz Şelfi’nde Suda, Midyede ve Yüzey Sedimentlerinde Metal Kirliliği,’’ Ekoloji 21, 82, 56-64
- Balkıs, N., Aksu, A., Hiçsönmez, H. 2012. Metal levels in biota from the Southern Black Sea, Turkey Metal levels in biota from the Southern Black Sea, Turkey J. Black Sea/Mediterranean Environment 18 (2): 134-143.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M. 1998-1999. Ağır metaller. (Heavy metals). S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fak. Der., 6, 166-175.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., Öztürk, M. 1999. Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819 from Sinop coast of the Black Sea. Tr. J. Zoology 23: 321-326.
- Bat, L., Gönügür, G., Andaç, M., Öztürk, M., Öztürk, M. 2000. Heavy Metal concentrations in the Sea Snail *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) from Sinop Coasts of the Black Sea. Turkish J. Mar. Sci. 6 (3): 227-240.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Yardım, Ö., Zoral, T., Çulha, S. 2006. Heavy metal amounts in zooplankton and some commercial teleost fish from inner harbour of Sinop, Black Sea. SÜMDER (Su Ürünleri Müh. Dergisi) 25: 22-7.
- Bat, L., Üstün, F., Gökkurt-Baki, O. 2012a. Trace element concentrations in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 caught from Sinop coast of the Black Sea, Turkey. The Open Marine Biology Journal, 6: 1-5.
- Bat, L., Sezgin, M., Üstün, F., Şahin, F. 2012b. Heavy Metal Concentrations in Ten Species of Fishes Caught in Sinop Coastal Waters of the Black Sea, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 12: 371-376.
- Bat, L., Sezgin, M., Gökkurt Baki, O., Üstün, F., Şahin, F. 2013. Determination of Heavy Metals in Some Commercial Fish from the Black Sea Coast of Turkey. Agricultural Technology and Biological Sciences, 10(6): 581-589.

- Bat, L., 2014. Seasonal variations of sediment and water quality correlated to land-based pollution sources in the middle of the Black Sea coast, Turkey. *International Journal of Marine Science*, 4 (12): 108-118.
- Bat, L., 2014. Heavy metal pollution in the Black Sea. In: Düzgüneş, E., Öztürk, B., Zengin, M. (Eds.). *Turkish Fisheries in the Black Sea*. Published by Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication number: 40, ISBN: 987-975-8825-32-5 Istanbul, Turkey, p. 71-107.
- Bat, L., Gökkurt Baki, O., Karakaş, E., Vişne, A., Okay, Ç. (2014). Ağır metallerin ekosistem tepkilerini anlamaya yönelik Karadeniz'in gösterge organizmaları kullanılarak yapılmış çalışmalar. (Studies to understand ecosystem responses of heavy metals using indicator organisms of the Black Sea). *Yunus Araştırma Bülteni*, (2): 71-91.
- Boran, M., Karaçam, H. 1997. Trabzon sahillerindekimidyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)Iz Element Düzeyleri, *Ege Üniv Su Ürün Derg.*Bornova-Izmir, 14: (3-4): 336-344.
- COMMISSION REGULATION (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
- COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
- Çevik, U., Damla, N., Kobya, . A.I., Bulut, V. N., Duran, C., Dalgic, G., Bozaci, R. 2008. Assessment of metal element concentrations in mussel (*M. galloprovincialis*) in Eastern Black Sea, Turkey. *Journal of Hazardous Materials* 160 (2-3): 396-401.
- Çoban, B., Balkis, N., Aksu, A. 2009. Heavy Metal Levels in Sea Water and Sediment of Zonguldak, Turkey. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 15, 23- 32.
- Damla, N., Bozaci, R., Çevik, U., Baltaş, H., Verep, B., Dalgıç, G., Kobya, A.İ. 2006. Metal and heavy metal levels in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) obtained from eastern Black Sea, Turkey. *Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution The First Biannual Scientific Conference Black Sea Ecosystem 2005 and Beyond* 8 – 10 May, 2006 Proceedings, Istanbul, Turkey. Session 2, 3: Pollution, Contamination of Biota and Geology, pp. 268-273.

- Das, Y.K., Aksoy, A., Baskaya, R., Duyar, H.A., Güvenc, D., Boz, V. 2009. Heavy metal levels of some marine organisms collectes in Samsun and Sinop Coasts of Black Sea, in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8 (3): 496-99.
- Ergin, M., Keskin, Ş., Algan, O., Alpar, B., Ongan, D., Kırıcı, E., Bayhan, E., Temel, A. 2003. Güneybatı Karadeniz kıta sahanlığının geç Kuvaterner jeolojisi: sedimantolojik, sığ sismik stratigrafik, mineralojik ve jeokimyasal araştırmalar. TÜBİTAK Sonuç Raporu, Ankara, 175 (Ed. Güven, K.C. ve Öztürk, B., 2005. Deniz Kirliliği, Tüdev Yayınları No: 21, İstanbul, 512 s.)
- Ergül, H.A., Topçuoğlu, S., Ölmez, E., Kırbaşoğlu, Ç. 2008. Heavy metals in sinking particles and bottom sediments from the eastern Turkish coast of the Black Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 396- 402.
- FAO/WHO 2010. Summary report of the seventy-third meeting of JECFA . Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, 17 pages.
- FAO 2010. Statistics Division, Food Security Statistics, Food Consumption. <<http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/fs-data/ess-fadata/en/>>.
- Güven, K. C., Yurdoğlu, S., Güngör, N., Topcuoğlu, S., Cevher, E., Öztürk, B. 1997. Radioactivity Levels in Marine Algae, from the Black Sea and Marmara Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 32, 319.
- Karaalioğlu O, 2006. Sinop İli Kıyı Şeridinde Deniz Ortamında Kalitesinin Belirlenmesi, (Yüksek lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kiratlı, N., Ergin, M. 1996. Partitioning of heavy metals in surface Black Sea sediments *Applied Geochemistry* 11: 775-788.
- Lafabrie C. Pergent, C., Kantin, R., Pergent-Martini, C., Gonzalez J.L. 2007. Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species - Validation of the the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere* 68(11): 2033-2039.
- MAFF (Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Bakanlığı) 1995. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal wastes at sea, of 1993, (Radyoaktif olmayan kirleticilerin su ortamında izleme ve gözetlenmesi ve denizlerdeki istenmeyen atıkları düzenleyen faaliyetler. Su Ürünleri

- Araştırma Müdürlüğü, Su ortamında izleme raporu Radyoaktif olmayan kirleticilerin su ortamında izleme ve gözetlenmesi ve denizlerdeki istenmeyen atıkları düzenleyen faaliyetler. Su Ürünleri Araştırma Müdürlüğü, Su ortamında izleme raporu). Directorate of Fisheries research, Lowestoft, Aquatic Environment Monitoring Report, No.44.
- Mendil, D., Demirci, Z., Tüzen, M., Soylak, M. 2010. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species From the Black Sea, Turkey. Food and Chemical Toxicology 48: 865-870.
- Nisbet, C., Terzi, G., Pilger, O., Sarac, N. 2010. Deternination of heavy metal levels in fish sample collected from the Middle Black Sea. Kafkas Üniv.Vet. Fak. Der. 16(1): 119-125.
- Özkan, E.Y., Büyükişık, B. 2012. Geochemical and Statistical Approach for Assessing Heavy Metal Accumulation in the Southern Black Sea Sediments. Ekoloji 21 (83): 11-24.
- Özden, Ö., Ulusoy, Ş., Erkan, N. 2010. Study on the behavior of the trace metal and macro minerals in *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Marmara Sea, Turkey. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.5(3-4):407-412
- Özşeker, K., Erüz, C. 2011. Heavy metal (Ni, Cu, Pb, Zn) distribution in sediments from Trabzon in the Black Sea. Indian Journal of Geo-Marine Sciences 40 (1): 48-54.
- Öztürk, M. 1991. A study on the two invertebrata and two algae species for the their heavy metal build up on their respective levels those tend to live in Sinop Province's inner and outer harbors or coves. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi pp:85 (in Turkish).
- Öztürk M. 1994. Heavy metal levels in *Patella coerulae* L. and *Enteromorpha linza* (L.) J. Ag. collected from Sinop bay and harbour. Tr. J. Biology 18: 195–211 (in Turkish).
- Öztürk M, Öztürk M. 1994. Heavy metal levels in sea snail (*Rapana venosa* Valenciennes, 1846) collected from Sinop bay and harbour. Tr. J. Zoology 18: 193-8 (in Turkish).
- Öztürk, M., Bat, L. 1994. Istiridye ve deniz salyangozu örneklerinde toksik element düzeyleri. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 16(1): 177–196.

- Sur, M., Sur, H.İ., Apak, R., Erçağ, E. 2012. The Pollution Status of Bottom Surface Sediments Along the Turkish Coast of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 453-460.
- Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A. 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental Monitoring and Assessment*. 146(1-3):277-284.
- TGK 2002. Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında Tebliğ. Yayımlandığı R. Gazete: 23/09/2002- Sayı: 24885 Tebliğ No: 2002/63.
- TGK 2008. Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ. Yayımlandığı R. Gazete: 17.05.2008- Sayı: 26879, Tebliğ No: 2008/26.
- Topçuoğlu, S., Erentürk, N., Esen, N., Saygı, N., Kut, D., Seddigh, E., Başsarı, A. 1994. Toxic element levels in oyster and sea snail. *E. Ü. Fen Fakültesi Dergisi* 16 (1): 239-241 (in Turkish).
- Topçuoğlu, S., Guven, K.C., Okus, E., Esen, N., Gungor, N., Eğilli, E., Kut, D., Doğan, E., Unlu, S., 1998. Metal Contents of Algae and Sediments of Turkish Coasts in the Black Sea. In: *The Proceedings of the First International Symposium on Fisheries and Ecology, Trabzon, Türkiye*, 437-439.
- Topçuoğlu, S. 2000. Black Sea ecology pollution research in Turkey of the marine environment. *IAEA BULLETIN* 42 (4): 12-14.
- Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç., Güngör, N. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environ. Int.* 27: 521-526.
- Topçuoğlu, S., Ergül, H.A., Baysal, A., Ölmez, E., Kut, D. 2003. Determination of radionuclide and heavy metal concentrations in biota and sediment samples from Pazar and Rize stations in the Eastern Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin* 12(7): 695-699.
- Topçuoğlu S. 2004. Heavy metal and radioactivity concentrations in organisms and sediments from Turkish coast of the Black Sea. (In: *The Black Sea Foundation for Education*

Culture and Protection of Nature, Ed. M.S. Çelikkale) Workshop A glance to the Black Sea, 31 October 2003, Istanbul, Turkey, pp. 83-90.

Tuik 2013. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=15933>

Tuik 2013. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005

Türk Çulha, S., Bat, L., Çulha, M., Efendioğlu, A., Andaç, M., Bati, B. 2007. Heavy metals levels in some fishes and molluscs from Sinop Peninsula of the Southern Black Sea, Turkey. Rapp. Comm. Int. Mer Medit. 38:323.

Ünsal, M., Doğan, M., Ataç, Ü., Yemencioğlu, S., Akdoğan, Ş., Kayıkçı, Y., Aktaş, M. 1992. Determination of heavy metals in the marine organisms of economical importance in the central and eastern Black Sea. Report on 1991. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü. Project No: DEBAG-18/G; pp: 64 (in Turkish).

Ünsal, M., Bekiroğlu, Y., Akdoğan, Ş., Ataç, Ü., Kayıkçı, Y., Alemdağ, N., Aktaş, M. 1993. Yıldırım C. Determination of heavy metals in some economically important marine organisms in southwestern Black Sea. TUBITAK Project No: DEBAG-80/G pp:78 (in Turkish).

Ünsal, M., Bekiroğlu, Y., Beşiktepe (Akdoğan), Ş., Kayıkçı, Y., Alemdağ, Y., Aktaş, M., Yıldırım, C. 1995. Determination of the land-based sources of heavy pollution in the middle and eastern Black Sea Coast. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü. Project No: DEBAG-121/G; pp: 59 (in Turkish).

Ünsal, M., Çağatay, N., Bekiroğlu, Y., Kıratlı, N., Alemdağ, Y., Aktaş, M., Sarı, E. 1998. Heavy metal pollution in the Black Sea. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü. Project No: YDABCAG-456/G-457/G; pp: 51 (in Turkish).

Ünsal, M. 2001. Lead pollution and its sources along the Turkish coast of the Black Sea. Mediterranean Marine Science 2 (2): 33-44.

Üstün F. 2005. Karadeniz'in Sinop Burnu Bölgesinin Zooplankto Kompozisyonu ve Mevsimsel Dağılımı, (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimler Ana Bilim Dalı.

- Üstün F. 2010. Karadeniz'in Türkiye Kıyılarındaki Zooplanktonun Genel Dağılımı ve *Acartia clausi* Giesbrecht, 1889 (Copepoda= Calanoida) Türünün Yumurta Verimi Üzerine Bir Çalışma (Doktora Tezi). Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı.
- WHO. 1996. Trace elements in human nutrition and health. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Yiğiterhan O., Murray J.W. 2008. Trace metal composition of particulate matter of the Danube River and Turkish rivers draining into the Black Sea. *Marine Chemistry* 111, 63–76.
- Yücesoy, F., Ergin, M. 1992. Heavy-metal geochemistry of surface sediments the southern Black Sea shelf and upper slope *Chemical Geology* 99: 265-287.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan Can ÖZTEKİN, 1986 yılında Sinop'ta doğdu. İlkokulu Sinop İstiklal İlk Öğretim, ortaokulu Mehmet Akif Ersoy Ortaokulunda, lise öğrenimini Sinop Atatürk Süper Lisesinde tamamladı. 2005 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi Giresun Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2011 yılında Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı ve halen devam etmektedir. 2012 Yılında Sinop Belediyesinde Biyolog olarak memuriyete başlamış ve halen devam etmektedir.