

**TEKİRDAĞ İLİ SAHİLLERİNDE
AVLANAN SU ÜRÜNLERİNİN AĞIR
METAL İÇERİKLERİNİN
BELİRLENMESİ
Berna YILDIRIM
Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ**

2013

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKİRDAĞ İLİ SAHİLLERİNDE AVLANAN SU ÜRÜNLERİNİN
AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Berna YILDIRIM

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF.DR. MEHMET DEMİRCİ

TEKİRDAĞ-2013

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ danışmanlığında, Berna YILDIRIM tarafından hazırlanan “Tekirdağ İli Sahillerinde Avlanan Su Ürünlerinin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 13.02.2013 tarihinde Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ

İmza:

Üye: Doç. Dr. İsmail YILMAZ

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Levent COŞKUNTUNA

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKİRDAĞ İLİ SAHİLLERİNDE AVLANAN SU ÜRÜNLERİNİN AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Berna YILDIRIM

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ

Marmara Denizi ve Tekirdağ sahillerinin sanayi atıkları, ev ve şehir suları ile derelerden kaynaklanan kirlilik yükü gün geçtikçe artmaktadır. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etki yapabilecek kirlilik maddeleri bu kirliliğe maruz kalmış su ürünlerinin tüketimi sonucu insan vücuduna alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan bu kirlilik maddeleri arasında çok ağır klinik tablolar oluşturacak ağır metallerin araştırılması tüketiciler ve işletmelerin bilgilendirilmesi bakımından önemli olduğu düşünülmektedir.

Gıda güvenliği önlemleri, tüketicinin istenmeyen risklere karşı korunmasını amaçlamaktadır. Bu riskler, daha ziyade mikrobiyolojik ve ağır metal bulaşmalarını, veteriner ve zirai mücadele ilaçları ile gıda katkı maddeleri kalıntılarını içermektedir.

Çalışmanın ana materyalini Tekirdağ İlinde sıklıkla avlanılan ve Marmara Denizine özgü balık türlerinden Tekir (*Mullus surmuletus*), İstavrit (*Trachurus mediterraneus*), ve Mezgit (*Merluccius merluccius*) ile kabuklu su ürünlerinden Midye (*Mytilus galloprovincialis*) oluşturmuş olup iki farklı mevsimdeki farklılıkları da değerlendirmeye katılmak üzere kurşun (Pb), kadmiyum(Cd) ve civa (Hg) analizleri yapılmıştır.

Çalışma sonucunda 4 farklı tür ile 2 farklı mevsimde oluşturulan 64 örnekte atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS)'nde yapılan toplam 192 adet ağır metal analizi sonucuna göre kurşun (Pb) değerleri 0,011-0,413 mg/kg, kadmiyum(Cd) değerleri <0,0001-0,132 mg/kg ve civa (Hg) değerleri 0,011-0,167 mg/kg arasında tespit edilmiş olup Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği tarafından belirlenen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Su Ürünleri, Gıda Güvenliği, Ağır Metal, Kurşun (Pb), Civa (Hg)
Kadmiyum (Cd)

2013, 37 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF HEAVY METAL CONTENTS OF FISHERIES CAUGHT FROM COAST OF TEKİRDAĞ

Berna YILDIRIM

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet DEMİRÇİ

Industrial waste load in coast of the Marmara Sea and Tekirdağ and the pollution load from house, the city and streams are increasing day by day. Humans get contaminants that could adversely affect human health into body by consuming fishery products that are exposed by contaminants. It is thought to be important in terms of informing consumers and companies about studies on contaminants, especially heavy metals causing severe clinical picture.

Food safety protections are aimed to protect consumers from adverse risks. These risks include mainly microbiological and heavy metal contaminants with veterinary medicines and pesticides.

The main materials of study are fish species and crustacean caught often in Tekirdağ and special to Marmara Sea; striped red mullet (*Mullus surmuletus*), Horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*), and Whiting (*Merluccius merluccius*) with crustacean Mussel (*Mytilus galloprovincialis*). They are analyzed to determine the amount of lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg) content with comparison between two different seasons.

According to result of this study, 4 different species in the 2 different seasons totally 64 samples has been analyzed with atomic absorption spectroscopy (AAS) and according to totally 192 heavy metal analysis results that were lead (Pb) values between 0.011 and 0.413 mg / kg, cadmium (Cd) values between <0.0001 and 0.132 mg / kg and mercury (Hg) values between 0.011 and 0.167 mg / kg were below the legal limit values stated in Turkish Food Codex and EC regulations.

Keywords: Fishery products, food safety, heavy metal, lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd),

2013, 37 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Ağır Metaller ve Etkileri.....	3
2.2 Su Ürünleri İşletmeleri ve Gıda Güvenliği: Ağır Metaller.....	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1 Materyal.....	17
3.2 Yöntem.....	17
3.2.1 Örneklerin hazırlanması.....	17
3.2.1.1 Numuneler için yaş yakma yöntemi.....	18
3.2.2. Mikrodalga Fırınında Yaş Yakmadan Sonra Metallerin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile Belirlenmesi.....	18
3.3. İstatistiksel Metot ve Analizler.....	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	20
4.1 Mevsimlere göre türlerin ağır metal içerikleri.....	20
4.2 Türlere göre ağır metal içerikleri.....	22
4.2.1 Tekir (<i>Mullus surmuletus</i>)' in ağır metal sonuçları.....	22
4.2.2 Mezgit (<i>Merluccius merluccius</i>)' in ağır metal sonuçları.....	23
4.2.3 İstavrit (<i>Trachurus mediterraneus</i>)' in ağır metal sonuçları.....	24
4.2.4 Midye (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) 'nin ağır metal sonuçları.....	25
4.3 Analiz Sonuçlarının Ağır Metallere ait Yasal Limit Değerleri ile Karşılaştırılması.....	26
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	31
6.KAYNAKLAR	33
7. TEŞEKKÜR	36
ÖZGEÇMİŞ.....	37

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR DİZİNİ

'	Dakika
"	Saniye
°	Derece
AAS	Atomik absorpsiyon spektroskopisi
Ag	Gümüş
Ark	Arkadaşları
Cd	Kadmiyum
Cm ³	Santimetre kare
Cr	Krom
Cu	Bakır
Diğ	Diğerleri
F	verilerdeki sistematik varyans miktarını sistematik olmayan varyansla karşılaştırmada kullanılan değer
FS	Fast Sequential Atomik absorpsiyon spektroskopisi
G	Gram
H	Haliotis türü deniz yumuşakçası
Hg	Civa
ICP-AES	İndüklenmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
Kg	Kilogram
Km ²	Kilometre kare
Km ³	Kilometre kare
LSD	Çoklu Karşılaştırma Testi
Maks	Maksimum
MARS5	Hızlandırılmış Mikrodalga Tepkime Yöntemi
Mg	Miligram
Min.	Minimum
Max.	Maksimum
ml	Mililitre
Mpa	Mega paskal
N	Örnek Sayısı
Ni	Nikel
Nm	Nanometre, bir milimetrenin milyonda biridir
Pb	Kursun
Ppm	Milyonda bir kısım
Psi	Basınç Birimi
S.d	Serbestlik derecesi
Sig.	Anlamlılık düzeyinin kısaltılmışı
Sn	Kalay
Tedb	Tespit edilebilir düzeyde bulunamadı
Yy	Yüzyıl
Zn	Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.3.1 Tekir (<i>Mullus surmuletus</i>)'e ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu.....	28
Şekil 4.3.2 Mezgit (<i>Merluccius merluccius</i>)' e ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu.....	28
Şekil 4.3.3 İstavrit (<i>Trachurus mediterraneus</i>)' e ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu.....	29
Şekil 4.3.4 Midye (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) ' ye ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu.....	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.1 Endüstride En Çok Kullanılan Ağır Metaller.....	4
Çizelge 4.1.1 Mevsimlere göre türlerin mg/kg ağır metal içeriklerinin ortalamalarının istatistiksel ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları(LSD).....	21
Çizelge 4.1.2 Mevsimler arası mg/kg ağır metal içeriklerinin ortalamalarının istatistiksel sonuçları.....	22
Çizelge 4.2.1.1 Tekire ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri....	22
Çizelge 4.2.2.1 Mezgite ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri...	23
Çizelge 4.2.3.1 İstavrite ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri...	24
Çizelge 4.2.4.1 Midyeye ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri..	25
Çizelge 4.3.1 Türk Gıda Kodeksi ve EC 1881/2006 numaralı Avrupa Birliği regülasyonu karşılaştırma.....	26
Çizelge 4.3.2 Mevsimlere ve türlere göre ortalama mg/kg ağır metal içeriklerinin yasal limit değerine göre t testi.....	27

1. GİRİŞ

Tekirdağ ili iki ayrı denize kıyısı bulunan ve kıyı uzunluğu en fazla olan nadir illerden biridir. Karadeniz ile Akdeniz arasında bir iç deniz konumundaki Marmara Denizi'nin kuzey kıyısında doğuda Sultanköy Beldesi, batıda Şarköy İlçesi uç noktaları arasında, 135 km kıyı şeridine sahip olan il, bu sebeple Marmara Denizi'nin bütün etkenleri ile içice bulunmaktadır. Bu doğrultuda Marmara Denizi'nin her türlü olumlu ve olumsuz sonuçları il üzerinde etkili olmaktadır (Anonim 2010).

İl nüfusunun bütün evsel atıkları direk deşarj ya da dereler yolu ile yıllardır denize akıtılmıştır, ancak bu durumun önlenmesi çalışmaları son yıllarda hız kazanmıştır. Tekirdağ İl Sağlık Müdürlüğü'nün yürüttüğü Mavi Bayrak Projesi kapsamında, Marmara Denizi kıyısında plaj özelliğinde 42 nokta seçilmiş ve bu noktalardan deniz suyu numuneleri alınarak analizleri yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında, mavi bayrak dikilebilmesi açısından Şarköy İlçesi'nde çalışmalar devam etmektedir. Ayrıca bu projenin İl'in Marmara Denizi'ne kıyısı olan diğer ilçeleri için de ilgili Belediyeler ile çalışmalar yürütülmektedir (Anonim 2010).

Deniz kirliliği, ilin kıyısı olan bazı yerleşim yerlerindeki deniz canlılarının azalmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda deniz ürünleri işletmeleri kurulmamış, balıkçılık istenilen düzeyde gelişmemiştir. Marmara Denizi'nin bir diğer kirlenme nedeni transit geçiş yapan ya da liman ticareti nedeni ile kıyılarda seyreden gemilerin kaçak olarak boşalttıkları sintine sularıdır. Kimyasal kirlilik Marmara Denizi'nin ekolojik dengesini bozmaktadır (Anonim 2010).

Günümüzde doğayı ve doğal dengeleri etkileyen en önemli etken, çevre kirliliğidir. Ağır metal analizleri, çevre kirliliği araştırmalarının önemli bir parçasıdır. Çevre kirleticiler içinde ağır metaller büyük ekolojik öneme sahiptirler. Hızlı nüfus artışı, modern tarım uygulamaları ve endüstriyel işletmelerin hızla artması; sucul ortamlarda fazla oranda ağır metal birikimine sebep olmuştur. Balıklar, yağda eriyen vitaminlere sahip olmaları, kolay sindirilme özellikleri, yüksek protein, omega yağ asitlerine ve düşük yağ oranına sahip olmaları sebebiyle bütün dünyada tüketilen kaliteli, sağlıklı ve ucuz protein kaynağıdır. Ancak balıklar endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmiş sularda sürekli olarak birçok kimyasal kirletici ve ağır metallerin toksik etkisine maruz kalırlar(Kayhan ve ark. 2010).

Marangoz (2009) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Tekirdağ sahilllerinde avlanılan su ürünlerinde ağır metal içeriklerinin belirlenmesi çalışmasını benzer su ürünleriyle yapmış ve çalışmasında elde edilen sonuçların bu ürünleri tüketenlerde olumsuz etkiler oluşturacak düzeyde olmadığını belirtmiştir. Yine aynı çalışmada bu durumun yıllar içinde değişmeyeceğinin iyimser bir yaklaşım olacağı da ifade edilmiştir. Tüm bunları göz önünde bulundurmakla birlikte ürünleri satan işletmelerin konuyu HACCP prensipleri çerçevesinde değerlendirmesini ve yetkili kurumlara bu gibi çalışmaları sıklıkla yapmak konusunda bir örnek oluşturması bakımından konunun incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada Marmara Denizi'nin Tekirdağ İli sahilllerinde avlanılan bazı su ürünlerinde ağır metal analizleri yapılarak mevcut kirlilik seviyesinin Marmara Denizinde yaşayan canlıları ve dolayısıyla bu canlıları tüketenleri nasıl etkileyebileceği elde edilen sonuçların yasal limitlere uygunluğu çerçevesinde değerlendirilecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2. 1 Ağır Metaller ve Etkileri

Bir iç deniz olan Marmara Denizi Türk balıkçılık endüstrisinde büyük bir ekonomik öneme sahiptir. Marmara Denizi çok yoğun nüfus yerleşimine sahip olması, endüstriyel faaliyetler ve deniz taşımacılığı gibi sebeplerden dolayı kimyasal ve biyolojik kirlenmeye maruz kalmaktadır. Ayrıca Ege ve Karadeniz arasındaki ters akım sebebiyle Marmara Denizindeki metal seviyeleri Karadeniz' e oranla artmıştır (Altuğ ve Güler 2010).

Gıda ve içeceklerde belirli sınırlar içerisinde bulunmasına izin verilen metaller hem gıda ve içecekler yoluyla insanlara geçerek zararlı etkilere neden olmakta hem de buldukları ürünün yapısını bozarak kalite ve dayanım sürelerinin azalmasına neden olmaktadır (Şimşek ve ark. 2008).

Çevre, deniz ve suların kirlenmesinde ağır metallerin doğurduğu sorunlar günümüzde insan sağlığını tehdit eder bir seviyeye gelmiştir. Beslenme zinciri yoluyla insanlara bulaşan ağır metallerin başlıca birikme ve bulaşma kaynağı su ve deniz çevreleri olmaktadır (Vural ve Müftügil 1985).

Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller göller, nehirler, körfez ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş şekilde yayılmıştır. Bu minerallerin söz konusu olan bu yerlerde bulunmasının iki temel kaynağı vardır. Bunlardan birincisi, doğal olarak o yapının bir parçası olmaları; ikincisi ise, insan faaliyetleri sonucunda yoğun olarak üretilip bir şekilde buraya taşınmalarıdır (Yazkan 2004).

Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha yüksek olan metal için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya/gruplandırılmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Örneğin yoğunluğu 3,65 g/cm³ olan Baryumun veya 4,51 g/cm³ olan Titanyumun biyolojik sistemlere kadmiyum(8,65 g/cm³), kurşun(11,34 g/cm³) veya lantanit grubu metallerden (5,25-9,84 g/cm³) çok farklı etkide bulunduğu kesindir. Bir elementin yoğunluğu aslında periyodik sistemdeki(grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Metallerin ekolojik sistem

üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin ve bu özelliğin biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır (Marangoz 2009).

Deniz eko sistemlerine ulaşan ve çeşitli formlarda bulunan metaller, deniz canlıları tarafından farklı yollarla bünyeye alınır. Bu yollardan biri ortam suyunda bulunan çözünmüş ya da organik moleküllere bağlı iyonların su ile birlikte alınmasıdır. İkincisi ise içinde ağır metal birikmiş besin maddeleri yoluyla gerçekleşir. Metallerin canlı bünyesine alım yollarından bir başkası ise yüzeylerinde ağır metalleri adsorbe etmiş sestonlar yoluyla ya da toksik metal iyonları ile organizmaların ürettiği bazı maddeler arasındaki çekim nedeniyle ortaya çıkan adsorbsiyon şeklinde gerçekleşmektedir (Yazkan 2004).

Ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için alıcı bölge olduğundan ekosistem içinde hava ve toprağa oranla en yoğun kirlenmeye uğrayan kısımlar halini almıştır. Doğal dengeyi bozan bu kirletici unsurlar: organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak sınıflandırılabilir. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır. Birçok ağır metal sanayide kullanılmakta ve atık olarak doğaya karışabilmektedir (Çizelge 2.1.1) (Ersoy 2006).

Çizelge 2.1.1. Endüstride En Çok Kullanılan Ağır Metaller (Ersoy 2006)

Endüstri Dalı	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt, karton ve selüloz sanayi		x			x		x	x		x
Organik kimyasallar ve petrokimya	x	x		x	x		x		x	x
Alkaliler, klor, inorganik kimyasallar	x	x		x	x		x		x	x
Gübreler	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Petrol rafinerileri	x	x	x	x			x	x		x
Demir-çelik dökümhaneleri	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Demir-çelik dışındaki metal sanayi	x	x	x		x		x			x
Motorlu taşıt ve uçak kaplaması	x	x	x		x			x		
Cam, çimento ve asbest üretimi		x								
Tekstil sanayi		x								
Deri tabaklanması		x								
Buharla çalışan elektrik santralleri		x								

Ekotoksikolojistler arasında ise ağır metaller çevre problemlerine neden olan metaller şeklinde tanımlanmaktadır. Bunlar: kadmiyum (Cd), civa (Hg), çinko (Zn), bakır

(Cu), nikel (Ni), krom (Cr), kobalt (Co), titanyum (Ti), demir (Fe), mangan (Mn), gümüş (Ag) ve kalay (Sn)'dir. Ayrıca madeni yapıda olup metal olmayan ve metaloit adı verilen bileşiklerden arsenik (As) ve selenyum (Se) da genellikle bu gruba dahil edilirler. Son yıllarda biyotadaki ağır metal konsantrasyonunu sahile geçen metaller, derin deniz stokları (derin su volkanlarından kopan metal, tanecik veya tabakalardan kimyasal süreçle ayrılan metaller) ve sahile yakın çevrelere geçen stoklar (toz partikülleri veya hava hareketleri ile atmosfere taşınan metaller) şeklinde sınıflandırmıştır (Ersoy 2006).

Ağır metallerin toprağa ulaşımı kirlenmiş atmosferle, kuru ve ıslak depolanma ile, atık çamurların toprağa uygulanmasıyla, kirli suların sulamada kullanılmasıyla, katı atıkların toprağa verilmesiyle, ağır metal içeren pestisitler ve fosforlu gübrelerin kullanılmasıyla olmaktadır. Trafik yoğunluğunun fazla olduğu karayollarının kenarında bulunan topraklar, bitkiler ve konutlar ağır metal kontaminasyonuna uğramaktadır (Dökmeci 2005).

Topraklarda; kurşunun 2-200 ppm, kadmiyumun ise 0.01-0.7 ppm düzeylerinde olması gerekir. Topraklarda kadmiyum düzeyleri; ağır killi topraklarda 1.1 mg/kg, kumlu-tınlı topraklarda 0.8 mg/kg ve kumlu topraklarda 0.4 mg/kg düzeyleri arasındadır. Kirlenmemiş tarım alanlarında maksimum Cd miktarının 1.0 mg/kg düzeyinde olduğu, genel olarak bu değer 0.3 mg/kg civarında olduğu belirtilmektedir. Mineral gübrelerden özellikle fosforlu gübreler, ortalama 10 ppm Cd içermektedir (Dökmeci 2005).

Atmosferik etkilerle ortaya çıkan ağır metal kirlenmesinde kurşuna özel bir önem verilmekte ve Pb kirliliğinin % 95 oranında Pb katkılı benzin tüketen motorlu taşıtlardan kaynaklandığı bilinmektedir. Ayrıca toprakta Pb ilavesi herbisit, insektisid, fungusid veya endüstriyel atık bulaşmış sulama suları ile ulaşabilmektedir (Dökmeci 2005).

Çok çeşitli endüstriyel baca gazları, şehir içi ve şehirlerarası taşıt trafiği, ağır metaller yönünden havanın kirlenmesine yol açmaktadırlar. Daha sonrada bu elementlerin yağışlarla toprağa iletilmesi, bazı yörelerde ağır metal içeriği zengin olan akarsuların sulama amacı ile kullanılması, yapay gübreler ve pestisitlerden bulaşmalar toprakta ağır metal birikimini arttıran önemli uygulamalardır. Toprağın ağır metaller açısından kirlenmesinde kanalizasyon suları ile arıtma ünitelerinin sıvı ve katı atıklarında son derece önemlidirler. Bu tip maddelerin tarım arazilerine boşaltılması toprakta ve bitkisel ürünlerde ağır metal kirlenmesine neden olmaktadır (Dökmeci 2005).

Kanalizasyon akıntılarının kimyasal yapısı, zaman ve yere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Bu akıntılarının kimyasal bileşimi kanalizasyona ulaşan akıntılarının cinsine bağlıdır (Dökmeci 2005).

Akarsu kaynaklarındaki doğal olan ağır metal kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri toprak erozyonu sonucu sulara karışan katı madde (sediment) ve organik maddelerdir. Ağır metaller bitkilerin büyümesi için gerekli ise de belirli bir konsantrasyondan sonra hem bitkiler hem de mikroorganizmalar için zehirli olmaktadır. Ağır metallerle ilgili bir başka önemli risk, bu maddelerin uzun vadede toprakta birikim yapmasıdır. Ağır metaller, toprağın adsorbsiyonu, kimyasal reaksiyon ve iyon değişimi sonucu toprakta tutulur. Özellikle yağışların yoğun olduğu aylarda sulara karışan sediment, organik ve inorganik maddeler ağır metal miktarında önemli rol oynamaktadır (Dökmeci 2005).

‘Sediment’ genel olarak su ortamındaki birikinti materyalini belirtir ve dip çamuru olarak da adlandırılır. Bütün doğal sular değişen miktarlarda sediment içerirler. Sucul sistemlerde değişik karakterli maddeleri içine alan sedimentler coğrafi ve doğal sebeplerden oluşan erozyonla, su içindeki ölü alglerin organik ve inorganik partiküllerin dibine çökerek birikmesiyle meydana gelmektedir (Dökmeci 2005).

Sediment içindeki ağır metaller ve metal bileşikleri gibi inorganik maddeler aşırı miktarda buldukları zaman potansiyel kirleticiler olarak göz önünde tutulmalıdırlar. Bu potansiyel kirleticiler insanın ve sucul organizmaların, su ortamındaki canlıların sağlıklarını tehdit edebilirler. Sediment tabakaları su kalitesini belirgin olarak belirler. Aynı zamanda çevresel sedimentoloji çalışmaları su kalitesi analizlerinden ayrı düşünülmez ve beraber yapılması gerekir. Çünkü sediment tabakasının bünyesinde biriken kirleticiler için (organik madde, fosfat, azot bileşikleri, çeşitli metaller, Fe, Hg gibi) belli doygunluk seviyesi vardır ve bu doygunluk seviyesine erişen sediment tabakası bir süre sonra bünyesinde tuttuğu bu kirleticileri tekrar suya bırakır. Böylece sadece su kirliliği problemi çözülen bir su kütlelerinde tekrar çevre kirliliği problemi yaşanabilir (Dökmeci 2005).

Dolayısıyla bu mekanizmayı belirleyen araştırmacılar, su kalite işletmesi çalışmaları yaparken hava-su-sediment ve toprak çevresinde araştırmalarını sürdürmektedir. Toprağın granülometrisi, katyon değişim kapasitesi, pH, organik madde miktarı ve sızıntı suyu miktarı, kirletici maddelerin toprakta tutulmasında etkili rol oynar. Özellikle killi toprakların katyon değişim kapasitesi yüksek olduğundan ağır metalleri büyük ölçüde tutarlar. Kil ve organik madde bakımından zengin topraklar ağır metalleri tutarak zor çözünebilir bileşikler oluştururlar (Dökmeci 2005).

Sucul ortamlarda ağır metaller, kolloidal ve partikül (hidroksitler, oksitler, silikatlar, sülfürler veya kil, silis ve organik maddeler üzerine absorplanmış) veya az da olsa çözülmüş formlarda bulunurlar. Çözülmüş formda bulunan metaller, genellikle

iyonlar ve şelatlar şeklinde bulunurlar. Metallerin çözünürlükleri buldukları ortamın pH değerine bağlıdır. Doğal sulardaki metallerin davranışları, sediment ve askıdaki sediment kompozisyonları ile suyun kimyasının bir fonksiyonudur. Suyun kimyasını, metallerin sediment tarafından absorplanması veya tekrar su kolonuna bırakılma hızları belirler. Yüzey su sistemlerindeki ağır metaller, genellikle antropojenik ve doğal kaynaklardan gelmektedir. Günümüzde, doğal kaynaklardan gelen ağır metal seviyeleri çok düşük seviyededir. Sucul ortamlarda gerekenden fazla ağır metal bulunması, hem çevre hem de insanlar için ciddi problemlere neden olabilmektedir (Dökmeci 2005).

Ağır metallerin toksisitesi pH, çözülmüş oksijen, temperatur, balığın büyüklüğüne oranla çözeltilerin hacmi, çözeltilerin yenilenme frekansı, çözeltideki diğer maddeler ve sinerjistik etki gibi faktörlere bağlıdır. Suyun pH'sı en önemli faktör olabilir. Tatlı sular deniz suyundan biraz daha zayıfça tamponlanmıştır ve bu işlem görmüş tatlı su sistemlerinde ağır metal toksisitesinin etkileri görülür. Ağır metallerin distile ve yumuşak sularda sert ve bazik sulara göre daha toksik olduğu sanılmaktadır. Yüksek miktarda çözülmüş oksijen bakırın toksik etkilerini bir dereceye kadar azaltarak solunumu kolaylaştırır. Su yüzeyinin kuvvetli bir şekilde karıştırılması suyun pH ini düşürecek ve bakırı çözümlü halde tutacak olan serbest CO₂ birikimini önler. Suyun pH'sı ve redoks potansiyeli azaldıkça, tuzluluğu da arttıkça sedimentten su kolonuna geçen metal miktarı artar (Dökmeci 2005).

Sediment tabakası kirleticiler için bir rezervuardır. Dayanıklılık gösteren inorganik ve organik kirleticiler sedimentte birikebilir ve uzun yıllar birikim sonucu, akuatik organizmalar ve insan sağlığı için toksik etkiye sebep olabilir. Sediment kalitesinin korunması, akuatik yaşam, insan yaşamı ve ekolojik dengenin korunması ile birlikte, ulusal sınırdaki su kütlelerinin biyolojik olarak korunması ve tekrar iyileştirilmesi için de önemlidir. Sediment kirleticileri ya direk etkilerle veya sürdürülebilir popülasyonların ihtiyacı olan besin zincirlerini etkileyerek rekreasyonel, genel veya ekolojik önemi olan türleri elimine edebilir veya azaltır. Daha ötesinde, bazı sediment kirleticileri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir sonucu olarak besin zinciri boyunca biyoakümüle olabilir veya serbest kalarak sediment üzerindeki su tabakasına geçiş yapabilir. Doğal ve insan kaynaklı müdahale, kirleticilerin sediment üzerindeki suya geçişine neden olup, buradan su kolonundaki organizmalara geçişini sağlar (Dökmeci 2005).

Sediment tabakasının çevresel tehlike boyutunun belirlenmesi ve sediment kalitesi için standart veya kalite kriterlerinin oluşturulması, sedimentde bulunan türlerle,

maddelerin bu türler üzerindeki toksisitesi ve kimyasal analizlerle, kirleticilerin konsantrasyonlarının belirlenerek, karşılaştırma yapılmasıyla anlaşılabilir (Dökmeci 2005).

Civa, kadmiyum, kurşun, bakır, nikel, çinko, krom ve arsenik gibi ağır metaller belli derişimlerin üzerinde toksik etki yaptıkları ve bir organizmadan diğerine geçişleri sırasında derişimi artabildiği için önem kazanmıştır. Atık materyaller olarak bilinen maddeler arasında ağır metaller uzun süreli problemler yaratırlar. Bu maddeler sadece organizmalarda birikmekle ve böylece gıda zincirlerini dolaşmakla kalmazlar, ayrıca ekosistemde tehlikeli konsantrasyonlarda uzun süreyle kalabilirler. Deniz suyunda bulunan bazı ağır metallerin toksisite sırası $Hg > Cd > Ag > Ni > Pb > As > Cr > Sn > Zn$ şeklindedir. Organik maddeye bağlı olan metaller biyolojik aktiviteler sırasında kullanılabilir ve oksik koşullar altında organik maddenin bozuşması ile çözülmüş olarak tekrar serbest hale geçer (Kayhan ve ark. 2006).

Sudan sağlanan gıdalar içinde en üst sırada balıklar gelmektedir ve bazı metallere yüksek miktarda maruz kalabilir. Bununla birlikte balıklar su sistemi içerisinde iz element kirliliği ve insan tüketiminde potansiyel risk gösterge faktörüdür. Normal balık metabolizmasında bakır ve çinko gibi elzem metaller sudan, gıda ve çökeltilerden karşılanır. Fakat benzer yollarla elzem ve elzem olmayanlar da balık tarafından alınarak dokularında birikir (Yılmaz 2009).

Ağır metaller suda yaşayan canlılara deri, solungaç ve besin olmak üzere üç yol ile geçerler. Bunlardan biri deridir. Toksik maddelerle genel olarak deri temas halindedir. Fakat ağır metallere karşı derinin fazla geçiren olmaması sebebiyle canlıların bu yoldan zehirlenmeleri nispeten nadirdir (Çelik ve ark. 2008).

Diğer bir yol solungaçlardır. Balıklarda solungaçlar özellikle geniş bir yüzey alanı oluşturmakla birlikte sudaki ağır metallerin balıklara geçişi solungaçlar aracılığı ile olur. Balık sudaki oksijeni ağzıyla alır ve sudaki oksijen balık solungaçlarındaki kılcıl damarlardan geçer. Bu esnada suda çözülmüş oksijen veya askıda bulunan materyaller de vücuda girer (Çelik ve ark. 2008).

Üçüncü ve son yol ise besin yoludur. Balık zehirlenmeleri genellikle ağız yoluyla alınan toksik maddelerce olur. Vücuda alındıktan sonra, sindirim kanalından absorbe olan bu toksik maddeler taşıyıcı proteinlere bağlı bir şekilde kan yolu ile doku ve organlara taşınmakta ve dokulardaki metal bağlayıcı proteinler tarafından bağlanması sonucu yüksek derişimlere ulaşabilmektedir. Emilimin en fazla olduğu organ, ince bağırsaklardır (Çelik ve ark. 2008).

Ağır metaller vücuda solunum veya sindirim yolu ile geçerler. İdrar onların vücuttan atılımını sağlayan en yaygın yoldur. Bağırsak mukozasından sindirim alanlarındaki boşluklara direk salgılanırlar. Birçok metal normal hücre aktivitesi için gereklidir. Bununla birlikte Cu, Zn gibi ağır metaller belirli limitlerin üzerinde Pb ve Cd ise çok düşük düzeylerde bile vücuda alındığında farklı sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Cd Itai-Itai hastalığı, organlarda kanser, kemik kırılması ve şiddetli ağrılara; Cu Wilson hastalığı, böbrek bozuklukları ve nörolojik bozukluklara; Zn gastrointestinal bozukluklara; Pb ise beyinde hasar, kansızlık, böbrek hastalıkları ve nörolojik fonksiyon bozukluklarına sebep olmaktadır. Bu ve buna benzer sağlık sorunlarına sebep olmasından dolayı dünyada ve ülkemizde bu ağır metallerin gıdalardaki miktarı belli limitlerle sınırlandırılmıştır. Taze balıklardaki Cd, Hg ve Pb için Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen tüketim için kabul edilebilir maksimum miktarlar sırası ile 0,05 mg/kg (istavrit 0,1 mg/kg), 0,5 mg/kg ve 0,3 mg/kg'dır. Midyelerde ise kabul edilebilir maksimum miktarlar sırası ile 1,0 mg/kg, 0,5 mg/kg ve 1,5 mg/kg'dır. Avrupa Konseyi tarafından belirlenen maksimum tüketilebilirlik sınırları da aynıdır (Ersoy 2006).

Bu seviyelerin üzerindeki konsantrasyonların insanlar üzerinde yapacağı toksikolojik etkileri tespit etmek için balık ve diğer su canlılarının vücutlarındaki ağır metal konsantrasyonlarını tespit etmek insan sağlığı açısından çok önemlidir. Tespit edilen konsantrasyonların belirlenen sınırların üzerine çıktığı durumlarda bu ürünlerin tüketilmesi engellenmeli ve kirliliğin fazla olduğu bölgelerden avlanan balıkların tüketilmemesi gerektiği konusunda tüketici halkımız bilinçlendirilmelidir (Ersoy 2006).

Ağır metaller normal şartlarda belli derişimlerde denge halinde bulunmakla birlikte, şehirselle ve endüstriyel bölgelerde daha yoğundur. Sucul ortamlarda ya sedimentte birikirler yada canlılar tarafından emilim gösterirler. Deniz ve göllerdeki metal birikimi, genelde nehirler yoluyla meydana gelir. Ağır metallerin sedimantasyonu, özellikle akarsuyun göl veya denizle birleştiği geniş kısımlarda daha yoğundur. Ayrıca, denizdeki kıyı ve kapalı bölgelerdeki ağır metal derişimleri, açık bölgelere oranla daha fazladır (Çelik ve ark. 2008).

Metaller ve diğer atıklardan oluşan kirleticilerin çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında civa, kadmiyum, ve çinko gibi metaller kirletici özelliklerine göre ilk sırada yer almaktadır (Dökmeci 2005).

En zehirli ağır metaller sırasıyla Hg, Cu, Cd, Pb, Zn, Ni ve Co' dur. Zehirlilik, metalin bileşik ya da iyon halde oluşuna göre değiştiği gibi organizmaların metali absorbe etme derecesine göre de değişir. Ağır metal kirliliğinde canlılar, birçok metalin etkisi altındadırlar. Böyle durumlarda metaller arasında bir etkileşim söz konusu olmaktadır. Ancak, çeşitli kirletici karışımlarının birlikte etkilerini veya tehlikeli olabilecek kombinasyonlarını belirlemek amacı ile yapılan çalışmalara son yıllarda rastlanmaktadır. Alabalıklar üzerinde bakır, fenol, çinko ve nikel karışımlarının, çeşitli metal sürfaktant karışımlarının etkilerini saptamışlar ve bu maddelerin birbirlerinin etkilerini arttırdıklarını göstermişlerdir. Toksik metal kirliliği etkenlerinin başlıcaları; jeolojik ayrışma, endüstri atık suları, endüstriyel atıklar, evsel atıklar ve şehirselleşen suları, atmosferik kaynaklar, tarım alanlarından gelen metal girişleri ve özel kaynaklardır (Dökmeci 2005).

Metalik kirlenmelerin çoğu sularda toplanır. Sularda toplanma, sularda çözünme şeklinde olabileceği gibi çözünmeden suların dibinde toplanma şeklinde de olabilir. Bu şekilde bir kirlenme şehir, endüstriyel ve zirai atıklarından ileri geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metalik maddelerden de gelebilir (Dökmeci 2005).

Tarımsal kökenli atıksular içerisinde drenaj suları önemli bir yer tutmaktadır. Drenaj suları, sulamada kullanılan suların ve toprakların özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde Na, K, Ca ve Mg tuzları ile Bor ve önemli ölçüde pestisit kalıntıları içerebilmektedir (Dökmeci 2005).

Özellikle sanayi kökenli atıksularla, toprak ekosistemine ulaşan ağır metaller ve iz elementler, toprak tarafından tutulmaktadır. Bu metallerin toprak içindeki çözünürlüğü (hareketliliği) toprak pH'sı tarafından kontrol edilmektedir. Ağır metaller toprakta genellikle düşük pH'larda daha fazla çözünmektedir. Topraklarda fazla miktarda biriken ağır metaller, sıg, kaba bünyeli (kumlu) ve organik madde içeriği düşük topraklarda pH'ya bağlı olarak topraktan yıkanıp yeraltı sularına da karışabilmektedir (Dökmeci 2005).

İnsanlar çok sık olarak toksik maddelerden bir ya da birkaçını içeren midyeleri tüketirler ve böylece sağlık riskleriyle karşı karşıya kalırlar. Bu ağır metaller zamanla insan vücudunda birikerek tek başlarına ya da birlikte sağlık problemleri ve hastalıklara neden olabilmektedir. Metaller su ürünlerinde birikebilir, midyeleri kalite ve nitelik bakımından etkileyebilir (Stankovic ve Jovic 2012).

Ağır metallerin topraklardaki biyokimyasal reaksiyonları etkilemeleri sonucunda organik madde mineralizasyonu, solunum aktivitesi, enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı etkilenebilmektedir. Toprak verimliliğindeki önemleri nedeniyle, mikroorganizmaların CO₂ üretimi, topraktaki enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı, ağır

metallerin etkilerini inceleyebilmek için duyarlı indikatörler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metallerin topraktaki biyolojik prosesler üzerine toksik etkisi, onların mobiliteleri, topraktaki konsantrasyonları, ana materyalin kimyasal bileşimi, toprak bileşimi ve bileşimin çözünürlüğüne bağlıdır (Dökmeci 2005).

Kadmiyum yer kabuğunda eser miktarda bulunan ve kimyasal özellikleri çinkoya benzeyen bir elementtir. Asidik magmatik kayalarda çoğunlukla çinko sülfür mineralleri (özellikle sfalerit) ile birlikte bulunur. Doğadaki en önemli kadmiyum minerali grenokit(CdS)'dir. Bazı sedimentler kayalar ve sedimentler cevher yatakları kadmiyumca zengindir. Organik kalıntılar içeren şeyhler, mangan yönünden zengin göl ve bataklık sedimentleri, fosfat yatakları önemli miktarda kadmiyum ve çinko içerirler (Dökmeci 2005).

Farklı nitelikteki materyalde bulunan Cd sınır değerleri, yer kabuğunda 0,18 ppm, kirlenmemiş topraklarda 1,0 ppm, kirlenmiş topraklarda ise 1 ile 53 ppm arasındadır. Kadmiyum ve bileşikleri sularda çoğunlukla eser miktarda bulunurlar. Kadmiyumun suda çözünürlüğü, kadmiyum kaynağındaki bulunuş şekline ve pH' a bağlıdır. Doğal suların kadmiyum içeriği genellikle 0,001 mg/l' den azdır. Bununla birlikte bazı sularda 0,010 mg/l' ye ulaşan değerler görülebilir. Birkaç mg/l' den fazla kadmiyum içeren yüzey suları ihtimalle endüstriyel, katı atık veya evsel atık kaynaklı kirlenmeye uğramıştır. Fosforlu gübrelerde de önemli düzeyde kadmiyum bulunmaktadır (Dökmeci 2005).

Kadmiyumun birçok sanayi dalında kullanılması toprak, hava ve suyla gıda maddelerine bulaşma riskini arttırdığı ve bazı gıdalarda yüksek düzeyde kontaminasyona neden olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Kadmiyumun çinko ile birlikte galvanize çinko kaplı ambalajlarda kullanılması, bu tür ambalaj materyallerinin asitliği yüksek gıdalarda zehirlenme olayları oluşturduğu saptanmıştır. Gıdalarda bulunan organik asitlerin ambalaj duvarının yapısında bulunan kadmiyumun çözünürlüğünü artırdığı düşünülmektedir. Kadmiyumun vücuda alınma yollarından biri de içme sularıdır. Uzun süreli kadmiyuma maruz kalındığında en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Yapılan araştırmalarda; böbrekte biriken kadmiyum konsantrasyonunun (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg/kg'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu tespit edilmiştir. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Çinko, bakır gibi ağır metallerin de suda bulunması kadmiyumun zehirli etkisini artırır. Sucul hayatın korunması açısından yüzey suyu ortamlarında maksimum kadmiyum derişiminin 0,0002 mg/l olması önerilmiştir (Dökmeci 2005).

Kadmiyum ve çinko, jeolojik açıdan genellikle beraber bulunurlar. Bu iki element arasında metalürjik açıdan bir ilişki mevcuttur. Fabrikasyon esnasındaki bulaşmalar neticesinde, kadmiyum fosforlu gübrelerin yapısına girebilir. Trikalsiyumfosfattaki kadmiyum miktarı 1-2 ppm iken, süper fosfat 50-170 ppm kadar kadmiyum ihtiva edebilir. Topraktaki kadmiyum miktarı 1 ppm' den fazla olduğu takdirde, toprak kadmiyum yönünden kirli olarak kabul edilir (Dökmeci 2005).

Kadmiyum, balığın yenilebilir kısmında genellikle çok az olmakla birlikte; karaciğer ve böbrek gibi organlarında depolanır. Bu organlar çok fazla kontamine olmaktadır ve tercihen tüketilmemektedir (Oehlenschläger 2002).

Bu durum yumuşakça ve kabuklular gibi omurgasızlarda farklıdır. Yumuşakçalar özellikle kafadanbacaklılar aktif kadmiyum depolayıcısıdır. Bu yumuşakçalar bağırsaklarında büyük miktarda kadmiyum(30 mg/kg' dan fazla) depolarlar. Balıklarda olduğu gibi kaslarında miktar çok düşüktür. Bu sebeple yakalandıktan sonra bağırsaklarının hemen uzaklaştırılması gerekir. Çünkü uzaklaştırılmadığı takdirde bağırsaklardan kas dokuya doğru göç etme söz konusudur bu da kaslardaki değerin limit değerlere çekilmesine engel olur. Midyeler de düşük düzeyde aynı etkiyi gösterir (Oehlenschläger 2002).

Civa birçok sanayi dalında kullanıldığı için, çevresel kontaminasyon ile balık ve deniz hayvanlarından, yapısında civa bulunan tarım ilaçlarının sık kullanımı sonucu, tarım ürünlerinin yapısından beslenme döngüsüne girerek etkisini göstermektedir. Yapılan çalışmalar balık, et ve bazı süt ürünlerinde yüksek düzeyde civa bulunabildiğini göstermiştir. Sanayi kuruluşlarının deniz sahillerinde yoğunlaşması, bu bölgelerde yaşayan balıkların dokusunda civa düzeyinin artmasına neden olmuştur. Civanın bir canlıdan başka bir canlıya aktarılmasının incelendiği bir çalışmada, 8 ppm civa püskürtülen tohumlarla beslenen civcivlerin kaslarında yaklaşık 2 kat civa birikimi saptanırken, civa ile kontamine olmuş civcivlerle beslenen kır sansarlarında 6 kat civa birikimi saptanmıştır. Civa zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı oluşmakla birlikte kronik zehirlenme sonucunda titreme, diş etleri iltihabı, psikolojik değişiklikler ile gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Civanın toksisitesi civanın kimyasal formuna bağlıdır(iyonik< metalik<organik). Civa balıklarda ağırlıklı olarak organik form olan dimetilmercury formundadır. Bu lipofilik bir bileşik olduğu için yağ dokularında birikme eğilimi gösterir. Bu yüzden yüksek civa konsantrasyonu çoğunlukla yalın türlerin ve yağlı türlerin karaciğerinde bulunur. Methyl mercury balık yaşına bağlı olarak birikme eğilimindedir (Oehlenschläger 2002).

Çevre kirliliğine neden olan kurşunun büyük bölümü motorlu araçlarda kullanılan benzinin yanması sonucu ortaya çıkan tetra etil kursundan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel atıkların suyla taşınması sonucu deniz canlılarında kurşun bulaşmasına rastlanmaktadır. Kurşunun vücutta toksik etki yaratması için kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak etkisi değişmektedir. Çocuklar için 40–80 µg Pb/ 100 mL toksik belirtilerin görülebileceği, 80 µg Pb/ 100 mL kurşun zehirlenmelerinin görüldüğü düzeydir. Saçlar, kemikler ve dişlerdeki kurşun miktarı muhtemel kurşun zehirlenmeleri hakkında bilgi vermektedir. İnsanlarda kurşun zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmelerde beyin hasarı ve ölüm, bebekler ve çocukların çok duyarlı olduğu kronik zehirlenme vakalarında ise küçük yaşta kurşuna maruz kalmada zekâ geriliği, öğrenme bozuklukları ve hiperaktivite ile kan basıncı yüksekliği, kronik anemi, periferik sinir hasarı görülebilmektedir (Çağlarımak ve Hepçimen 2010).

Balıkların kalp, erbezi gibi yumuşak dokuları ile sindirim sistemi organlarında kurşunu yüksek miktarlarda görmek mümkün değilken çoğunlukla kurşunu kemiklerde depolarlar. Kemikler insan tüketiminde kullanılan ya da gıdaya katılan bir kısım değildir (Oehlenschläger 2002).

Su ürünleri biyolojik değeri üstün, kolay sindirilebilen besin maddeleridir. İçerdiği protein, Eskimolar gibi düzenli olarak yağlı balık yiyen kişilerde kalp hastalıklarının yaygın olmadığı bilinen bir gerçektir. Balıklarda bulunan omega–3 yağ asitlerinin yüksek kan basıncı, trigliserit ve kolesterol seviyesi gibi risk faktörleri üzerinde olumlu tesir gösterdiği, normal dışı pıhtılaşmadan ve yağ birikiminden oluşan kan damarlarındaki hasarı azalttığı düşünülmektedir (Demirkol ve Aktaş 2002).

Bu denli üstün niteliklere sahip bir besin maddesinin elde edildiği denizlerin, göllerin ve akarsuların endüstrileşme ile paralel olarak kirlenmesi, hem o su ortamında yaşayan canlıları hem de bu canlıların besin zincirine katılmasıyla insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Sözü edilen kirleticiler içerisinde en toksik olanları civa, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metallerdir. Vücutta biriken civa böbreklere zarar vererek fonksiyonunu azaltmakta, kronik toksidite semptomlarına sebep olmakta, üreme

kapasitesini zayıflatmakta, hipertansiyona sebep olmakta, karaciğer fonksiyonlarını azaltmakta, tümör oluşturabilmekte ve merkezi sinir sistemini etkilemektedir. Kurşun özellikle kemik ve kemik iliğinde değişikliklere sebep olmakta, anemi, felç, neuro fizyolojik bozuklukların ve böbrek rahatsızlıklarının gelişmesine neden olmaktadır. Yüksek konsantrasyonlu kadmiyum ise anemiye, entropatiye, böbreklerde hasara, proteinüriye ve osteoporosise neden olmaktadır (Demirkol ve Aktaş 2002).

2.2 Su Ürünleri İşletmeleri ve Gıda Güvenliği: Ağır Metaller

Su ürünleri dünyada temel gıda maddesidir. Fakat insanlar tarafından tüketilen su ürünleri birçok kirletici tarafından kontamine olması sebebiyle sağlık risklerine neden olmaktadır (Jovic ve ark. 2012).

Kanun düzenleyiciler ve beslenme uzmanları dengeli beslenme diyetlerinde balığın haftalık tüketimde yer almasını öneriyorlar. Son yıllarda birçok ülkede özellikle Avrupa gibi endüstrileşmiş bölgelerde deniz ürünleri tüketimine olan talep önemli bir artış göstermektedir. 2008 yılında Avrupa Birliği 16 milyon Euro değerinde balıkçılık ürünleri ithalatı gerçekleştirmiş ve bunların % 60' ı bu bölgede tüketilmiştir (Storelli ve ark. 2012).

Balıkçılık endüstrisinde gıda güvenliği konusunun etkili olmasına neden olan bazı konular şunlardır:

- Uluslararası ticaretin artması kontaminasyon riskinin artmasına yol açar çünkü çabuk bozulabilen balık ürünleri daha karmaşık tedarik zincirleri ile uzun mesafelere gider,
- Taze balık endüstrisinin gelişmesi yüksek kontaminasyon riski olan ürünleri iyi taşıma uygulamaları ile taşınmasını mümkün kılmaktadır.
- Sayıları gittikçe artan yeni ya da yeniden ortaya çıkan patojenlerin balıklara bulaşma potansiyeli,
- Yeni ithal patojenlere potansiyel olarak daha düşük bağışıklığı olan savunmasız grupların varlığı (Hanak ve ark. 2002).

Su ürünleri işleme tesisinde hammaddeden mamul ürüne kadar gıda güvenliğinin sağlanması ve bunun pazarlama zinciri içinde sürdürülmesi tüketiciye her zaman aynı kalitede ürünün sunulabilmesi için önem taşımaktadır. Bunun için işletmelerin kendi denetimlerini de yapabiliyor olması ve buna göre belirli düzenlemeler ve planlamalar yapması gerekmektedir. İşletmelerin ürünlerini hijyen ve sanitasyon kurallarına uygun bir şekilde hazırlamaları, ürün güvenliği açısından tehlikeleri, kritik noktaları ve bu

noktalardaki kritik limitleri tespit ederek izleme, düzeltme doğrulama sistemlerini oluşturmaları, HACCP kurallarına uygun bir kayıt sistemini oluşturmaları gerekmektedir. Bu; tüketiciye sağlıklı ürün sunmayı, işletmede zaman ve ekonomi açısından avantaj sağlamayı, tanıtım ve reklam açısından öne çıkmayı, yasal zorunlulukları yerine getirmeyi ve gerek iç gerekse dış piyasada malını sorunsuz şekilde pazarlamayı sağlamak açısından elzemdir (Mol ve ark.2010).

Gıda güvenliğine dair riskler giderek artmakta ve bu riskler gerçek boyutuyla tüketicilere yansıtılmamaktadır. Bu nedenle gıda bilimi üzerinde çalışan tüm kurum ve kuruluşlara düşen görev sistematik yaklaşımlarla riskleri engellemek ve tüketicileri bilinçlendirmek olmalıdır (Aras ve Gürbüz 2002)

Gıda güvenliği için en sistematik yaklaşım olan HACCP, kaliteli ve güvenilir bir ürün standardı oluşturmada gerekli risk değerlendirmeleri esas alınarak düzenlenmiş, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden sorumluluk taşıyan tüm ülkelerin, kurum ve kuruluşların besin üretim çalışmalarının iskeletini oluşturmalıdır (Aras ve Gürbüz 2002)

HACCP sistemi, üründe üretim-dağıtım-tüketim aşamalarında oluşması muhtemel biyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikeleri, tüketicinin güven ve kalite beklentilerini göz önünde bulundurarak, ortadan kaldırmayı hedefler. HACCP sistemi ile gıdaya bulaşan patojen mikroorganizmalar, onların toksinleri, cam, metal, kemik gibi istenmeyen fiziksel nesnelere, tarım ilaçları, ağır metaller vb. kimyasal zararlı maddeler nedeniyle oluşabilecek tehlikeler, ürünün hammaddelerinden başlanarak işletmedeki tüm gıda üretim süreçlerinde, depolama ve dağıtım koşullarında kontrol altında tutulur (Karaali 2003)

İşletmeye alınacak üründe bir kimyasal tehlike olan ağır metal, su ürünleri için bir kritik kontrol noktasıdır. Yani işletmeye alınan ürünlerden sadece Türk Gıda Kodeksinde belirtilen limitlere uygun ağır metal içeriği olan ürünler kabul edilmelidir(Anonim 2011). Bu kontrollerin yapılabilmesi için işletmeye kabul edilen ürünlerin ağır metal analizine tabi tutulması gerekmektedir. Bu analizlerin yapılabilmesini sağlamak üzere laboratuvar koşullarının geliştirilmesi kaçınılmazdır.

Kritik kontrol noktası(CCP), bir gıda güvenliği tehlikesinin kontrolünün uygulanabildiği ve önlendiği veyahut giderildiği bir aşamadır. CCP örnekleri ısıl işlemleri, dondurma, kimyasal kalıntılar için gıdanın bileşimine katılan hammaddelerin test edilmesi, ürün formülasyonu ve metal bulaşısı bakımından test edilmesini kapsamaktadır (Ward 2002).

Deniz ürünleri güvenliği ile ilgili en güncel önemli sağlık risklerinin çevreden kaynaklı riskler olduğu ve bu risklerin yetiştirme yada yakalama noktasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Küçük istisnalarla birlikte, riskler bir organoleptik muayene sistemi tarafından tespit edilemez.

Üretim sırasında denetim, deniz ürünleri güvenliğini korumak için önemlidir, ancak bu düzeyde yapılan denetimlerin deniz yoluyla bulaşan hastalık sıklığını azalttığına dair çok az veri bulunmaktadır. Ancak, kalite konularının dikkate alınması, deniz ürünleri denetimleri, eğitim ve proses izleme programları deniz ürünlerinden kaynaklanan hastalıklarının sayısının azalmasını sağlayabilir(Cato 1998).

3. MATERYAL METOD

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini Tekirdağ İlinde sıklıkla avlanılan ve Marmara Denizine özgü balık türlerinden Tekir (*Mullus surmuletus*), İstavrit (*Trachurus mediterraneus*), ve Mezgit (*Merluccius merluccius*) ile kabuklu su ürünlerinden Midye (*Mytilus galloprovincialis*) oluşturmuştur.

İki dönem halinde, “Eylül-Ekim-Kasım/Sonbahar” ve “Aralık-Ocak-Şubat/Kış”, balıkçı barınaklarından temin edilen ürünler toplamda 64 örneklem (4 çeşit x 8 örnek x 2 dönem) halinde hazırlanmıştır. Her bir örnek yaklaşık 200-300 gr ağırlığında hazırlanmış olup toplamda 350-400 adetten oluşmaktadır.

Tekir-Kumbağ Mevkiinde avlanan teknelerden, İstavrit-Yeniçiftlik Mevkiinde avlanan teknelerden, Mezgit-Barbaros Mevkiinden avlanan teknelerden ve Midye-Tekirdağ TDİ Liman Bölgesi'nden temin edilmiştir.

Numune alma ve çalışma yapılırken Tekirdağ İl'inde tüketim oranı yüksek su ürünleri türleri ile su ürünlerine özgü avlanma bölgeleri dikkate alınmıştır. Temin edilen tüm su ürünleri örneklerinin ağır metal analizleri Tekirdağ İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Kimyasal Analiz Laboratuvarında yaptırılmıştır.

3.2. Metot

Çalışma da kullanılan çeşitli su ürünlerindeki kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS)'nde ölçülmesi ile tespit edilmiş olup sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir. Yöntem, basınç altında mikrodalga fırında yağ yakmadan sonra atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) ile kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) içerikleri NMKL 161 Metoduna göre belirlenmiştir (NMKL 1998).

3.2.1. Örneklerin hazırlanması

Numune, NMKL 161 metoduna göre mikrodalga tarafından ısıtılan kapalı bir kaptaki nitrik asit ve hidrojen peroksit ile yağ olarak yakıldı. Numune çözeltisi su ile seyreltildi ve metal konsantrasyonu AAS grafit fırını veya alev ile belirlenmiştir.

3.2.1.1 Numuneler için yaş yakma yöntemi

Homojen hale getirilmiş örneklerden, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) minerallerinin içeriklerinin belirlenmesi için, 1 gr alınarak, MARS5 (Microwave Accelerated Reaction System) sisteminin yakma haznelere (yakma hazneleri 100 ml civarında 1.4 MPa, 200 psi basınca dayanıklı) konarak, üzerlerine 10 ml derişik nitrik asit ilave edilip çeker ocakta yaklaşık 1 saat bekletildikten sonra MARS5 sisteminde su ürünleri için uygulanan programa verilerek yanması sağlandı.

Yaş yakma programı bittiğinde ve soğuması beklendikten sonra vessel hücrelerinin basıncı alındıktan sonra, içindeki örnekler ultra saf su ile 3 kez yıkanarak 25 ml'lik balon jöjelere alındı ve balon ultra saf su ile hacmine tamamlanmıştır.

3.2.2. Mikrodalga Fırınında Yaş Yakmadan Sonra Metallerin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile Belirlenmesi

Ağır metal analizlerinde NKML 161 1998 (Mikrodalga Fırınında Yaş Yakmadan sonra metallerin Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre ile Tayini) Metodu kullanılmıştır (NMKL 1998).

Metod, basınç altında mikrodalga fırında yakmadan sonra atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) ile kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) içerikleri NMKL 161 Metoduna göre belirlenmiştir.

Numune, NMKL 161 Metoduna göre mikrodalga tarafından ısıtılan kapalı bir kaptaki nitrik asit ile yaş olarak yakıldı. Numune çözeltisi su ile seyreltildi ve metal konsantrasyonu AAS grafit fırını veya alev ile belirlenmiştir (NMKL 1998).

Varian marka 280Z (Zeeman Atomic Absorption Spectrometer) model atomik absorpsiyon spektrofotometresinde kurşun (Pb) lambası kullanılarak 283,3 nm dalga boyunda okuma yapılarak tespit edilmiştir (Anonymous 1988a).

Kadmiyum için, kadmiyum (Cd) lambası kullanılarak 228,8 nm dalga boyunda okuma yapılarak belirlenmiştir (Anonymous 1988a).

Civa içeriklerinin belirlenmesi için, Varian marka 280FS (Fast Sequential Atomic Absorption Spectrometer) model atomik absorpsiyon spektrofotometresinde civa (Hg) lambası kullanılarak 253,7 nm dalga boyunda okuma yapılarak bulunmuştur (Anonymous 1988 b).

3.3. İstatistiksel Metot ve Analizler

Elde edilen veri seti SPSS 20.0 (Statistical Package for Social Sciences) paket programında analiz edilmiştir. Analiz kapsamında, betimleyici istatistikler, bağımlı örneklem t testi, tek örnek t testi, tamamıyla şansa bağlı deneme planına göre varyans analizi ve çoklu karşılaştırma (LSD) testinden faydalanılmıştır (Sokal ve Rohlf 1969).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4.1.1' den çizelge 4.2.2' ye kadar tüm istatistiksel sonuç çizelgelerinde n; parti veya tekrar sayısını, Min.; en düşük değeri, Max.; en yüksek değeri ifade etmektedir.

4.1 Mevsimlere göre türlerin ağır metal içerikleri

Mevsimlere göre türlerin ağır metal değerleri Çizelge 4.1.1' de verilmiştir. Sonbahar mevsiminde avlanılan türlerde elde edilen ağır metal sonuçlarında kurşun (Pb) miktarının 0,011–0,413 mg/kg değerleri arasında, kadmiyum (Cd) miktarının <0,0001- 0,030 mg/kg değerleri arasında ve civa (Hg) miktarının 0,009–0,113 değerleri arasında bulunduğu tespit edilmiştir.

Sonbahar mevsimine ait kurşun (Pb) değerleri incelendiğinde; en düşük kurşun (Pb) miktarının 0,011 mg/kg ile mezgite ve en yüksek kurşun (Pb) miktarının 0,413 mg/kg ile midyeye ait olduğu tespit edilmiştir. Kadmiyum (Cd) değerleri incelendiğinde en düşük değer ölçüm limitinin (<0,0001) altında kalırken en yüksek değer 0,017 mg/kg ile midyeye ait olduğu tespit edilmiştir. Civa (Hg) değerlerine bakıldığında ise; en düşük değer 0,009 mg/kg ile midyeye ve 0,113 mg/kg ile istavrite ait olduğu tespit edilmiştir.

Kış mevsiminde avlanılan türlerde elde edilen ağır metal sonuçlarında ise kurşun (Pb) miktarının 0,017–0,301 mg/kg değerleri arasında, kadmiyum (Cd) miktarının <0,0001- 0,132 mg/kg değerleri arasında ve civa (Hg) miktarının 0,014–0,590 değerleri arasında bulunduğu tespit edilmiştir.

Kış mevsimine ait kurşun (Pb) değerleri incelendiğinde; en düşük kurşun (Pb) miktarının 0,017 mg/kg ile mezgite ve en yüksek kurşun (Pb) miktarının 0,301 mg/kg ile midyeye ait olduğu tespit edilmiştir. Kadmiyum (Cd) değerleri incelendiğinde en düşük değer ölçüm limitinin (<0,0001) altında kalırken en yüksek değer 0,132 mg/kg ile midyeye ait olduğu tespit edilmiştir. Civa (Hg) değerlerine bakıldığında ise; en düşük değer 0,014 mg/kg ile midyeye ve en yüksek değer 0,590 mg/kg ile midyeye ait olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan tamamıyla şansa bağlı deneme planına göre varyans analizinde dört tür arasında kadmiyum (Cd) sonbahar, kadmiyum (Cd) kış ve Civa (Hg) kış değerleri bakımından anlamlı bir farklılık görülmezken kurşun (Pb) sonbahar, Civa (Hg) sonbahar, kurşun (Pb) kış ölçüm değerlerinin gruplara göre anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Söz konusu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla çoklu karşılaştırma (LSD) testi uygulanmış ve midyeye ilişkin kurşun (Pb) sonbahar, Civa (Hg) sonbahar, kurşun (Pb) kış ölçüm değerlerinin tekir, mezigit ve istavrite göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1.1 Mevsimlere göre türlerin mg/kg ağır metal içeriklerinin ortalamalarının istatistiksel ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları(LSD)

Ağır Metal/ Mevsim	Tür	n	Min. (mg/kg)	Max. (mg/kg)	Ortalama (mg/kg)
Pb Sonbahar	Tekir	8	0,013	0,041	0.0309 ^a
	Mezigit	8	0,011	0,041	0.0240 ^a
	İstavrit	8	0,012	0,055	0.0353 ^a
	Midye	8	0,189	0,413	0.3257 ^b
Cd Sonbahar	Tekir	8	<0,0001	0,009	0.0011 ^a
	Mezigit	8	<0,0001	0,030	0.0066 ^a
	İstavrit	8	<0,0001	0,013	0.0016 ^a
	Midye	8	<0,0001	0,017	0.0036 ^a
Hg Sonbahar	Tekir	8	0,033	0,067	0.0505 ^a
	Mezigit	8	0,033	0,053	0.0420 ^a
	İstavrit	8	0,011	0,113	0.0459 ^a
	Midye	8	0,009	0,032	0.0196 ^b
Pb Kış	Tekir	8	0,019	0,113	0.0511 ^a
	Mezigit	8	0,017	0,027	0.0214 ^a
	İstavrit	8	0,022	0,052	0.0341 ^a
	Midye	8	0,096	0,301	0.2163 ^b
Cd Kış	Tekir	8	<0,0001	<0,0001	0.0000 ^a
	Mezigit	8	<0,0001	<0,0001	0.0000 ^a
	İstavrit	8	<0,0001	<0,0001	0.0000 ^a
	Midye	8	<0,0001	0,132	0.0165 ^a
Hg Kış	Tekir	8	0,049	0,068	0.0544 ^a
	Mezigit	8	0,330	0,061	0.0445 ^a
	İstavrit	8	0,021	0,167	0.0579 ^a
	Midye	8	0,014	0,590	0.0360 ^a

Çizelgede ^{a,b} farklı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiksel açıdan önemli olan farklılığı ortaya koymaktadır (p<0,05). Aynı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiksel açıdan farklılığın önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır (p>0,05).

Mevsimler arası mg/kg ağır metal içeriklerinin bağımlı örnek t testi ile elde edilen sonuçlarına ait değerler çizelge 4.1.5' te verilmiştir. Analiz sonucunda kurşun (Pb),

kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) için sonbahar ve kış ölçüm değerleri arasında anlamlı bir fark belirlenmemiştir (p > 0,05).

Çizelge 4.1.2 Mevsimler arası mg/kg ağır metal içeriklerinin ortalamalarının istatistiksel sonuçları

Ağır Metal/ Mevsim	n	Min (mg/kg)	Max (mg/kg)	Ortalama (mg/kg)
Pb Sonbahar	32	0,011	0,413	0.1040 ^a
Pb Kış	32	0,017	0,301	0.0807 ^a
Cd Sonbahar	32	<0,0001	0,030	0.0033 ^a
Cd Kış	32	<0,0001	0,132	0,0041 ^a
Hg Sonbahar	32	0,009	0,067	0.0395 ^a
Hg Kış	32	0,014	0,680	0.0482 ^a

Çizelgede aynı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiki açıdan farklılığın önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır (p>0,05).

4.2 Türlere göre ağır metal içerikleri

4.2.1 Tekir (*Mullus surmuletus*)' in ağır metal sonuçları

Bağımlı örnek t testi tablosunda görüldüğü gibi Tekire ilişkin Pb, Cd ve Hg için sonbahar ve kış ölçüm değerleri arasında anlamlı bir fark belirlenmemiştir (p > 0,05). Sonuçlar Çizelge 4.2.1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.1.1 Tekire ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri

Ağır Metal /Mevsim	n	Ortalama(mg/kg)
Pb Sonbahar	8	0.0309 ^a
Pb kış	8	0.0511 ^a
Cd Sonbahar	8	0.0011 ^b
Cd kış	8	0.0000 ^b
Hg Sonbahar	8	0.0505 ^c
Hg kış	8	0.0544 ^c

Çizelgede aynı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiki açıdan farklılığın önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır (p>0,05).

Yiğit ve Müftügil (1985)' in çalışmasında İzmit Körfezinde yakalanan bazı balık türlerindeki (mezgit, tekir, istavrit) civa miktarları saptanmıştır. Tekire ait ortalama civa değeri 0,27 mg/ kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.1.1' de gösterilen tekire ait ağır metal ortalama değerleri Yiğit ve Müftügil (1985)' in civa (Hg) değerinden düşük bulunmuştur.

4.2.2 Mezgıt (*Merluccius merluccius*)’ in ağır metal sonuçları

Bağımlı örnek t testi tablosunda görüldüğü gibi Mezgite ilişkin Pb, Cd ve Hg için sonbahar ve kış ölçüm değerleri arasında anlamlı bir fark belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Sonuçlar Çizelge 4.2.2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.2.1 Mezgite ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri

Ağır Metal /Mevsim	n	Ortalama(mg/kg)
Pb Sonbahar	8	0.0240 ^a
Pb kış	8	0.0214 ^a
Cd Sonbahar	8	0.0066 ^b
Cd kış	8	0.0000 ^b
Hg Sonbahar	8	0.0420 ^c
Hg kış	8	0.0445 ^c

Çizelgede aynı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiki açıdan farklılığın önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır ($p>0,05$).

Yiğit ve Müftügil (1985)’ in çalışmasında İzmit Körfezinde yakalanan bazı balık türlerindeki (mezgıt, tekir, istavrit) civa miktarları saptanmıştır. Tekire ait ortalama civa değeri 0,20 mg/ kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.2.1’ de gösterilen mezgite ait ağır metal ortalama değerleri Yiğit ve Müftügil (1985)’ in civa (Hg) değerinden düşük bulunmuştur.

Marangoz(2009)’un çalışmasında Mezgıt (*Merluccius merluccius*) örneklerindeki ortalama civa (Hg) değeri 0,0205 mg/kg, kadmiyum (Cd) 0,0155 mg/kg, kurşun (Pb) 0,001 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.2.1’ de gösterilen mezgite ait ağır metal ortalama değerleri Marangoz(2009)’un kadmiyum (Cd) değerlerinden düşük kurşun (Pb) ve civa (Hg) değerleri bakımından yüksek bulunmuştur.

Aygün ve Abanoz (2011)’ un çalışmasında Orta Karadeniz’in Samsun ilinde avlanan balıklarda (Hamsi ve Mezgıt) ağır metallerin tayin edilmesi amaçlanmıştır. Analizler sonucunda 2009 yılında mezgitte metal derişimleri kurşun(Pb) için $0,9\pm0,2$ mg/kg; kadmiyum (Cd) için $0,2\pm0,03$ mg/kg olarak bulunmuştur. Çizelge 4.2.2.1’ de gösterilen mezgite ait ağır metal ortalama değerleri Aygün ve Abanoz (2011)’ un kurşun ve kadmiyum değerlerinden oldukça düşük bulunmuştur.

4.2.3 İstavrit (*Trachurus mediterraneus*)' in ağır metal sonuçları

Bağımlı örnek t testi tablosunda görüldüğü gibi İstavrite ilişkin Pb, Cd ve Hg için sonbahar ve kış ölçüm değerleri arasında anlamlı bir fark belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Sonuçlar Çizelge 4.2.3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.3.1 İstavrite ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri

Ağır Metal /Mevsim	n	Ortalama(mg/kg)
Pb Sonbahar	8	0.0353 ^a
Pb kış	8	0.0341 ^a
Cd Sonbahar	8	0.0016 ^b
Cd kış	8	0.0000 ^b
Hg Sonbahar	8	0.0459 ^c
Hg kış	8	0.0579 ^c

Çizelgede aynı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistik açıdan farklılığın önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır ($p>0,05$).

Yiğit ve Müftügil (1985)' in çalışmasında İzmit Körfezinde yakalanan bazı balık türlerindeki (mezgit, tekir, istavrit) civa miktarları saptanmıştır. İstavrite ait ortalama civa değeri 0,27 mg/ kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.3.1' de gösterilen istavrite ait ağır metal ortalama değerleri Yiğit ve Müftügil (1985)' in civa (Hg) değerinden düşük bulunmuştur.

Demirkol ve ark. (2002)' nın çalışmasında Tekirdağ İli Marmara Denizi açıklarından ve İzmit Körfezi'nden avlanan istavrit balıklarındaki (*Trachurus trachurus*) bazı ağır metal birikimlerinin saptanması oluşturmaktadır. Araştırmada her iki bölgeden de 1996 Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında avlanan balık örnekleri kullanılmış ve civa (Hg), kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) analizleri yapılmıştır. İzmit Körfezinden avlanan balıklardaki civa, kurşun ve kadmiyum miktarları sırasıyla 0.316 mg/ kg 0.270 mg/ kg ve 0.061 mg/ kg olarak bulunmuştur. Tekirdağ'dan avlanan balıklardaki civa ve kurşun miktarı ise sırasıyla 0.029 mg/ kg ve 0.038 mg/ kg olarak saptanmıştır. Bu ilden avlanan balıklarda kadmiyum kalıntısı tespit edilememiştir. Çizelge 4.2.3.1' de gösterilen istavrite ait ağır metal ortalama değerleri Demirkol ve ark. (2002)' nın İzmit Körfezinden elde ettikleri değerlerden düşük, Tekirdağ değerlerinden civa bakımından yüksek fakat kadmiyum ve kurşun bakımından anlamlı derecede farklılık bulunmamıştır.

Marangoz(2009)'un çalışmasında Karagöz İstavrit (*Trachurus mediterraneus*) örneklerindeki ortalama civa (Hg) değeri 0,0173 mg/kg, kadmiyum (Cd) 0,0213 mg/kg, kurşun (Pb) 0,001 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.3.1' de gösterilen istavrite ait

ağır metal ortalama değerleri Marangoz(2009)'un kurşun (Pb) ve civa (Hg) değerlerinden yüksek kadmiyum (Cd) değerleri bakımından düşük bulunmuştur.

4.2.4 Midye (*Mytilus galloprovincialis*) 'nin ağır metal sonuçları

Bağımlı örnek t testi tablosunda görüldüğü gibi Midyeye ilişkin Cd için sonbahar ve kış ölçüm değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmezken ($p > 0,05$), Pb ve Hg için sonbahar ve kış ölçüm değerleri arasında anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0,05$).

Pb sonbahar ölçüm değerleri, kış ölçüm değerlerinden anlamlı derecede yüksektir. Bunun yanında Hg sonbahar ölçüm değerleri, kış ölçüm değerlerinden düşük bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.2.4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.4.1 Midyeye ait ağır metal sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri

Ağır Metal /Mevsim	n	Ortalama(mg/kg)
Pb Sonbahar	8	0.3257 ^a
Pb kış	8	0.2163 ^b
Cd Sonbahar	8	0.0036 ^a
Cd kış	8	0.0165 ^a
Hg Sonbahar	8	0.0196 ^a
Hg kış	8	0.0360 ^b

Çizelgede ^{a,b} farklı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiki açıdan önemli olan farklılığı ortaya koymaktadır ($p < 0,05$). Aynı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiki açıdan farklılığın önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır ($p > 0,05$).

Marangoz(2009)'un çalışmasında Akdeniz Midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerindeki ortalama civa (Hg) değeri 0,001 mg/kg, kadmiyum (Cd) 0,17 mg/kg ve kurşun (Pb) 0,1386 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Akdeniz Midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerindeki minimum civa değeri; 0,001 mg/kg, maksimum civa değeri; 0,001 mg/kg, minimum kadmiyum değeri; 0,08 mg/kg, maksimum kadmiyum değeri; 0,32 mg/kg ile minimum kurşun düzeyi; 0,001 mg/kg, maksimum kurşun değeri; 0,55 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2.4.1' de gösterilen midyeye ait ağır metal ortalama değerleri Marangoz(2009)'un çalışmasına göre kadmiyum (Cd) bakımından daha düşük elde edilmişken kurşun (Pb) ve civa (Hg) değerleri bakımından daha yüksek bulunmuştur.

Şentürk (1993) çalışmasında Marmara Denizi'nin değişik bölgelerinden avladığı midye ve istiridyelerde ağır metal birikimini incelemiştir. Midye ve istiridyelerdeki civa, kadmiyum ve kurşun seviyeleri AAS ile araştırılmıştır. Marmara Denizi'nin çeşitli bölgelerinden avladıkları 17 numunede ortalama değerler olarak 0,46 mg/kg civa (Hg),

0,25 mg/kg kadmiyum (Cd) ve 0,304 mg/kg kurşun (Pb) verilerini elde etmiştir. Çizelge 4.2.4.1' de gösterilen midyeye ait ağır metal ortalama değerlerine bakıldığında Şentürk (1993)' ün kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) değerlerinden düşük bulunmuşken kurşun (Pb) sonbahar bakımından yüksek kurşun (Pb) kış değerinden düşük bulunmuştur.

4.3 Analiz Sonuçlarının Ağır Metallere ait Yasal Limit Değerleri ile Karşılaştırılması

Elde edilen analizler Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği ekinde belirtilen 3. Bölüm Ağır Metaller başlığı altında ve Avrupa Birliği' nin 1881/2006 numaralı komisyon düzenlemesinde yer alan ekin 3. Bölüm Metaller başlığı altında belirtilen Pb, Cd, Hg limit değerleri göz önüne alınarak istatistiki değerlendirmeleri yapılmıştır (Anonim 2006, Anonim 2011).

Çizelge 4.3.1'de gösterildiği üzere her iki yasal mevzuatta yasal limitler birbirleri ile aynı değerlere sahiptir.

Çizelge 4.3.1 Türk Gıda Kodeksi ve EC 1881/2006 numaralı Avrupa Birliği regülasyonu karşılaştırma

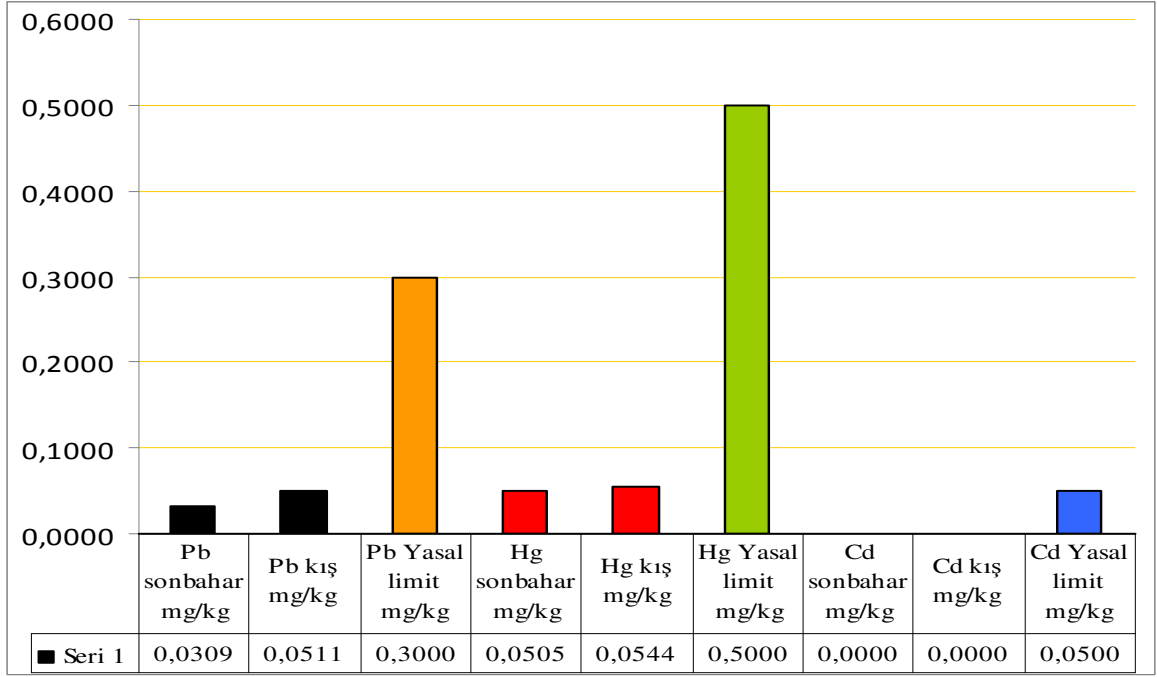
Ağır Metal	Tür	Türk Gıda Kodeksi maksimum mg/kg (Anonim 2011)	EC 1881/2006 maksimum mg/kg (Anonim 2006)
Kurşun (Pb)	Tekir	0,30	0,30
	Mezgit	0,30	0,30
	İstavrit	0,30	0,30
	Midye	1,50	1,50
Kadmiyum (Cd)	Tekir	0,05	0,05
	Mezgit	0,05	0,05
	İstavrit	0,10	0,10
	Midye	1,00	1,00
Civa (Hg)	Tekir	0,50	0,50
	Mezgit	0,50	0,50
	İstavrit	0,50	0,50
	Midye	0,50	0,50

Çalışmada elde edilen mevsimlere ve türlere göre ortalama mg/kg ağır metal sonuçları tüm mevsim ve türlerde Çizelge 4.3.1' de gösterilen limit değerlerin anlamlı derecede altında bulunmuştur ($p < 0,05$). Çalışmada elde edilen sonuçlar çizelge 4.3.2' de ve şekil 4.3.1' den 4.3.4' e kadar gösterilmiştir.

Çizelge 4.3.2 Mevsimlere ve türlere göre ortalama mg/kg ağır metal içeriklerinin yasal limit değerine göre t testi

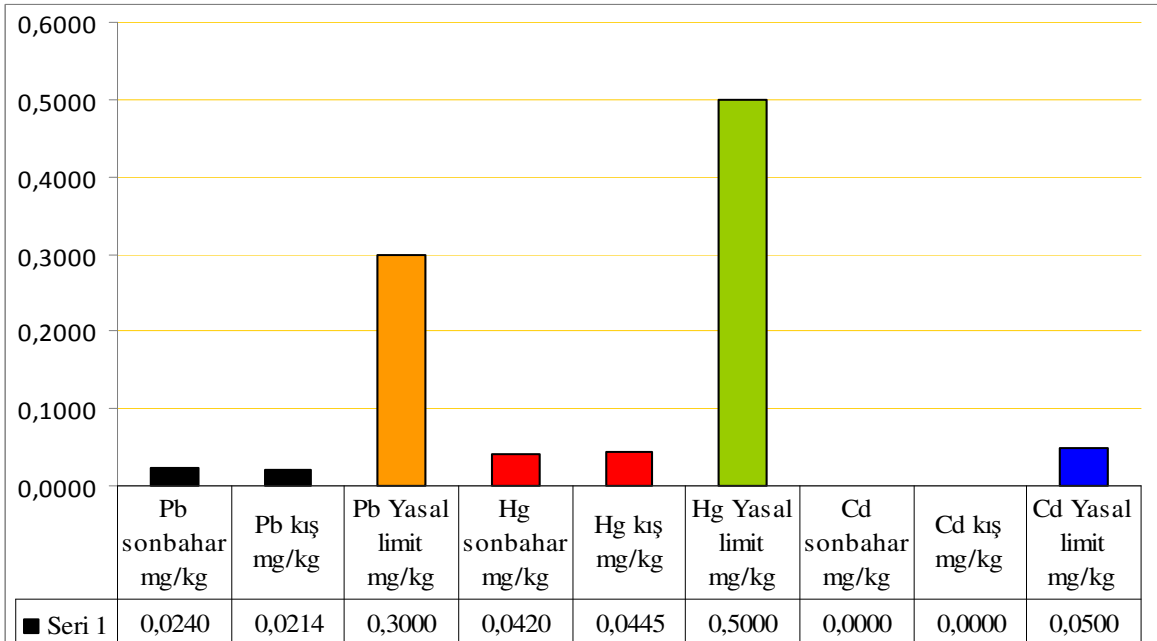
Ağır Metal/ Mevsim	Tür	n	Yasal Limit	Ortalama
Pb Sonbahar	Tekir	8	0,30	0.0309 ^a
	Mezgit	8	0,30	0.0240 ^a
	İstavrit	8	0,30	0.0353 ^a
	Midye	8	1,50	0.3257 ^a
Cd Sonbahar	Tekir	8	0,05	0.0011 ^a
	Mezgit	8	0,05	0.0066 ^a
	İstavrit	8	0,10	0.0016 ^a
	Midye	8	1,00	0.0036 ^a
Hg Sonbahar	Tekir	8	0,50	0.0505 ^a
	Mezgit	8	0,50	0.0420 ^a
	İstavrit	8	0,50	0.0459 ^a
	Midye	8	0,50	0.0196 ^a
Pb Kış	Tekir	8	0,30	0.0511 ^a
	Mezgit	8	0,30	0.0214 ^a
	İstavrit	8	0,30	0.0341 ^a
	Midye	8	1,50	0.2163 ^a
Cd Kış	Tekir	8	0,05	0.0000 ^a
	Mezgit	8	0,05	0.0000 ^a
	İstavrit	8	0,10	0.0000 ^a
	Midye	8	1,00	0.0165 ^a
Hg Kış	Tekir	8	0,50	0.0544 ^a
	Mezgit	8	0,50	0.0445 ^a
	İstavrit	8	0,50	0.0579 ^a
	Midye	8	0,50	0.0360 ^a

Çizelgede aynı harfler ile gösterilen değerler numuneler arasındaki istatistiksel açıdan farklılığın önemsiz olduğunu ortaya koymaktadır ($p>0,05$).



Şekil 4.3.1 Tekir (*Mullus surmuletus*)’e ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu

Yiğit ve Müftügil (1985)’ in çalışmasında İzmit Körfezinde yakalanan bazı balık türlerindeki (mezgit, tekir, istavrit) tekire ait civa miktarlarının Çizelge 4.3.1’ de gösterilen limit değerlerin altında olduğu görülmektedir.

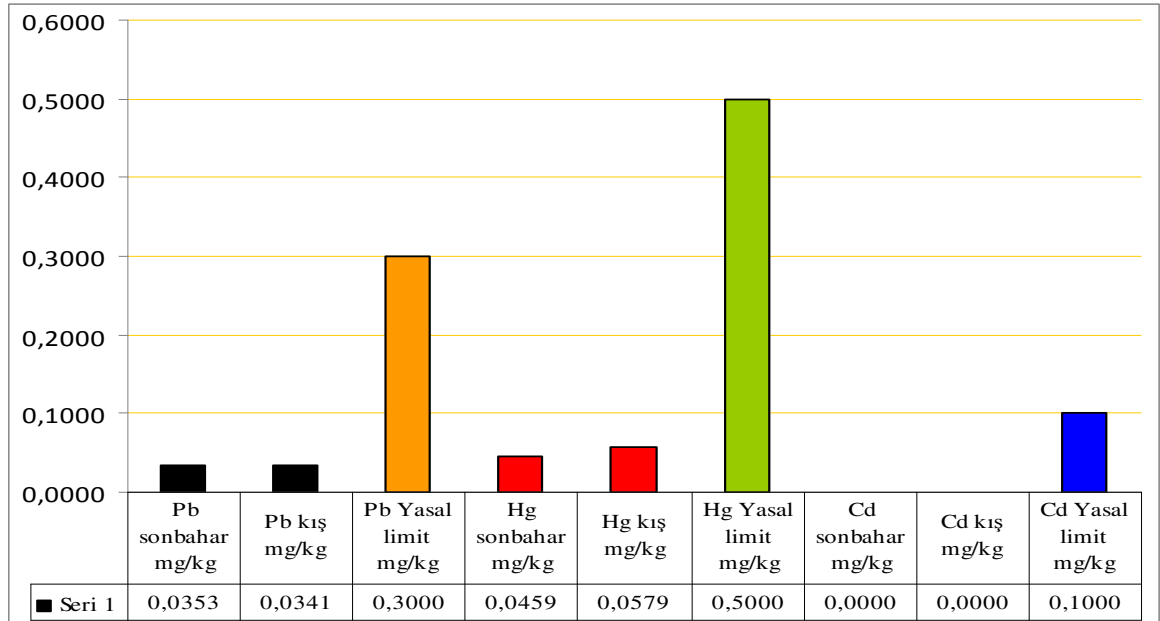


Şekil 4.3.2 Mezgit (*Merluccius merluccius*)’ e ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu

Yiğit ve Müftügil (1985)' in çalışmasında İzmit Körfezinde yakalanan bazı balık türlerindeki (mezgit, tekir, istavrit) mezgite ait civa (Hg) miktarlarının Çizelge 4.3.1' de gösterilen limit değerlerin altında olduğu görülmektedir.

Aygün ve Abanoz (2011)' un çalışmasında Orta Karadeniz'in Samsun ilinde avlanan balıklarda (Hamsi ve Mezgit) ağır metal düzeylerinin Çizelge 4.3.1' de gösterilen limit değerlerin üstünde olduğu görülmüştür.

Marangoz (2009)' un çalışmasında Tekirdağ İl'i sınırları içerisindeki deniz sahasından elde edilen tüketime hazır Mezgit (*Merluccius merluccius*) örneklerinde ölçülen civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) düzeyleri Çizelge 4.3.1' de gösterilen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.



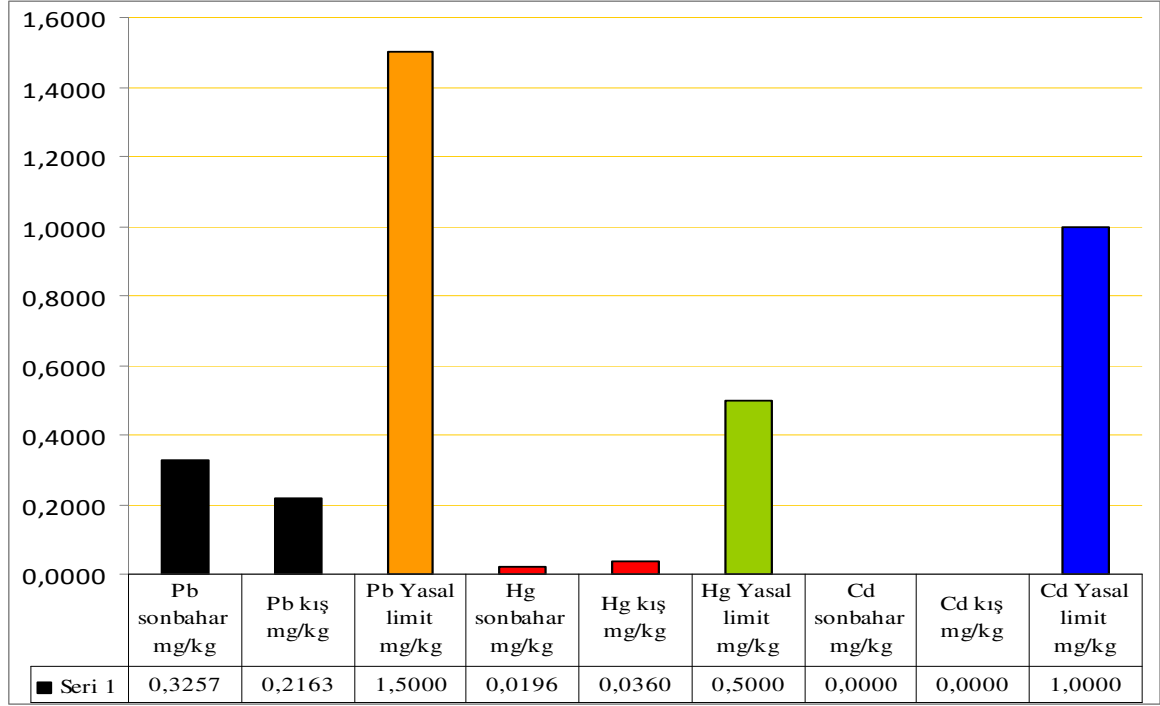
Şekil 4.3.3 İstavrit (*Trachurus mediterraneus*)' e ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu

Yiğit ve Müftügil (1985)' in çalışmasında İzmit Körfezinde yakalanan bazı balık türlerindeki (mezgit, tekir, istavrit) istavrite ait civa (Hg) miktarlarının Çizelge 4.3.1' de gösterilen limit değerlerin altında olduğu görülmektedir.

Demirkol ve ark. (2002)' nin çalışmasında Tekirdağ İli Marmara Denizi açıklarından ve İzmit Körfezi'nden avlanan istavrit balıklarındaki (*Trachurus trachurus*) civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) düzeyleri Çizelge 4.3.1' de gösterilen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Marangoz (2009)' un çalışmasında Tekirdağ İl'i sınırları içerisindeki deniz sahasından elde edilen tüketime hazır Karagöz İstavrit(*Trachurus mediterraneus*) örneklerinde ölçülen

civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) düzeyleri Çizelge 4.3.1’ de gösterilen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.3.4 Midye (*Mytilus galloprovincialis*)’ ye ait ortalama ağır metal sonuçlarının yasal limitler ile karşılaştırma tablosu

Şentürk (1993) çalışmasında Marmara Denizi’nin değişik bölgelerinden avladığı midyelerde ağır metal birikimini incelemiştir. Midyelerdeki civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) seviyeleri AAS ile araştırılmıştır. Elde edilen değerler su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal değerleri limitlerinin altında kalmakla beraber bu canlıların ağır metaller tarafından kirletildiği gerçeğini de görmemizi sağlamıştır.

Marangoz (2009)’ un çalışmasında Tekirdağ İl’i sınırları içerisindeki deniz sahasından elde edilen Akdeniz Midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerindeki ölçülen civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) düzeyleri Çizelge 4.3.1’ de gösterilen limit değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Marmara Denizi ve Tekirdağ sahillerinin sanayi atıkları, ev ve şehir suları ile derelerden kaynaklanan kirlilik yükü gün geçtikçe artmaktadır. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etki yapabilecek kirlilik maddeleri bu kirliliğe maruz kalmış su ürünlerinin tüketimi sonucu insan vücuduna alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan bu kirlilik maddeleri arasında çok ağır klinik tablolar oluşturacak ağır metallerin araştırılması tüketiciler ve işletmelerin bilgilendirilmesi bakımından önemli olduğu düşünülmektedir.

Ülkemizde balık tüketimi kanatlı eti ve kırmızı etten sonra gelmesine rağmen özellikle sahil şehirlerinde su ürünleri tüketimi diğerlerine yaklaşmaktadır. Bu da beyaz et ve kırmızı etle ilgili çalışmalar kadar su ürünlerinin de incelenmesi ve araştırılması gerektiğini bize göstermektedir.

Gıda güvenliği önlemleri, tüketicinin istenmeyen risklere karşı korunmasını amaçlamaktadır. Bu riskler, daha ziyade mikrobiyolojik ve ağır metal bulaşmalarını, veteriner ve zirai mücadele ilaçları ile gıda katkı maddeleri kalıntılarını içermektedir. Daha önce fark edilmeyen veya yeni riskler ortaya çıktığında tüketiciler, bundan kaçınmak için söz konusu ürünü satın almamakta veya onun yerine geçebilecek başka bir ürünü satın almaktadırlar. Gıda güvenliği önlemleri bu tip risklerin ortaya çıkmasını önlemeye yöneliktir.

Bu çalışmada 4 farklı tür ve iki farklı mevsim değişkenleri kullanılarak Tekirdağ sahillerinde avlanılan su ürünlerinde ağır metal içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ağır metal tespiti için kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve civa (Hg) metalleri seçilmiştir. Sonuçların Türk Gıda Kodeksi kriterlerine göre, tür ve mevsimsel açıdan istatistiki değerlendirmesi yapılmıştır.

Analizi yapılan örneklerin tamamının Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde belirlenen yasal limitlere uygun ürünler olduğu görülmüştür. HACCP uygulamaları açısından bu sonucu değerlendirdiğimizde ürünlerin işletmeye kabulü sırasında kalite ve güvenlik şartlarından biri olan ağır metal değerleri açısından uygunluk sağlandığı görülmektedir.

Midyeler, su ortamlarında bol miktarda bulunmaları, yerleşik metalleri yüksek yoğunluklarda biriktirip, bunları uzun bir süre bünyelerinde tutabilmeleri nedeniyle, sularda kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelmektedir (Yarsan E ve ark 2000). Bunu destekler nitelikte, elde edilen analiz sonuçlarından yasal limit değerlerinden düşük olmasına karşın Midyenin ağır metal içeriklerinin diğer türlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Marangoz (2009) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Tekirdağ sahillerinde avlanılan su ürünlerinde ağır metal içeriklerinin belirlenmesi çalışmasını benzer su ürünleriyle yapmış ve çalışmasında elde edilen sonuçların bu ürünleri tüketenlerde olumsuz etkiler oluşturacak düzeyde olmadığını belirtmiştir. Yine aynı çalışmada bu durumun yıllar içinde değişmeyeceğinin iyimser bir yaklaşım olacağı da ifade edilmiştir.

Mevsimler arasındaki değerlendirmede bizi belirgin bir sonuca götüren değerler elde edilmemiştir. Yani Sonbahar ya da Kış değerlerinde tespit edilen, türler arası artış ya da azalışları anlamlandıracak bir sonuç veya dayanak oluşturulamamıştır. Bununla birlikte elimizde Tekirdağ sahillerindeki avlanma bölgelerinden alınmış su örnekleri olmadığı için farklılık çıkması durumunda dahi bunun dayanağını oluşturmamız mümkün olamayacaktır. Kaldı ki çalışmamızın temel amacı yasal limitler çerçevesinde örneklerin ağır metal bakımından güvenli olup olmadığını tespit etmektir.

Tekirdağ ilindeki su kaynakları, içme ve kullanma açısından olumsuz bir yapıya sahiptir. Bunun en önemli nedeni yörede bulunan sanayi kuruluşları deşarjlarının kirliliği sonucu su kaynaklarının doğal yapısının bozulmasıdır (Anonim 2010).

Tekirdağ ili, birim alana en çok gübre kullanılan illerdendir. Özellikle son yıllarda, bölgede yer yer bilinçsizce ve fazla miktarda gübre kullanıldığı dikkati çekmektedir (Anonim 2010).

Tekirdağ ilinde kentsel yerleşme alanlarında kanalizasyon şebekesinin olmaması veya yetersiz olması, atık suların alıcı ortama deşarjı öncesi arıtılmaması, düzensiz kentleşme nedeniyle altyapı çalışmalarının sağlıklı gerçekleştirilememesi ve buna bağlı olarak atıksu yönetimi yapılamaması sebebiyle evsel atık sular, yeraltı suyunda ve yüzeysel sularda kirliliğe neden olmaktadır (Anonim 2010).

Tüm bu tehdit edici unsurları yan yana koyduğumuzda Tekirdağ sahilleri her geçen gün daha kötüye gitmektedir. Bu konuda öncelikli olarak kamu kurum ve kuruluşlarının daha sonra ilde aktif yerel yönetimlerin ve Trakya Bölgesi yetkililerinin konuyu ciddiyetle ve sürekli takip etmesi gerekmektedir.

Bunlara ek olarak su ürünlerini avlayan, satan ve tüketen kişi ve kuruluşların da aynı duyarlılıkla bir kamuoyu oluşturması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Altuğ G, Güler N (2002). Determination of the levels of indicator bacteria, salmonella spp. and heavy metals in sea snails (*rapana venosa*) from the Northern Marmara Sea, Turkey. *Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 2: 141–144
- Anonymous (1988). *Varian Analytical Methods for Flame Atomizers*, Varian Australia Pty Ltd Mulgrave, Victoria, Australia, September.
- Anonymous (1988). *Varian Analytical Methods for Graphite Tube Atomizers*, Varian Vapor Generation Accessory VGA–77. Operation Manual Installation Category II. Pollution Degree 2. December 2003. Australia Pty Ltd Mulgrave, Victoria, Australia, September.
- Anonim(2006). Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 Setting Maximum Levels For Certain Contaminants In Foodstuffs
- Anonim(2010). İl Özel İdaresi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Trakya Kalkınma Birliği, İstanbul Metropolitan Planlama ve Kentsel Yaşam Merkezi, (2010). 1/ 25.000 Ölçekli Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı, Plan Analitik Raporu, 76-77s Tekirdağ.
- Anonim(2011). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Yetki Kanunu: 5996, Yayımlandığı R. Gazete: 29.12.2011-28157
- Aras B, Gürbüz U (2002). Gıda Güvenliği Açısından Kritik Kontrol Noktaları ve Risk Analizleri Sistemi. *Gıda* 27(5): 333–341
- Aygün SF, Abanoz FG (2011). Orta Karadeniz’ deki Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L 1758) ve Mezgit (*Merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) Balığında Ağır Metal Tayini. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi (Suppl A)*: 145-152.
- Cato, J C (1998). Economic values associated with seafood safety and implementation of seafood Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) programmes. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 381. Rome, FAO. 70p.
- Çağlarırnak N, Hepçimen Z (2010). Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda* 8 (2): 31–35
- Çelik ES, Selvi K, Akbulut M, Kaya H, Odabaşı DA (2008). Ağır metallerin sucul ekosisteme etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yayınları* No: 76, 342-352 s Çanakkale.
- Demirkol O, Aktaş N (2002). Tekirdağ açıklarından ve İzmit Körfezinden avlanan istavrit balıklarında ağır metal birikimi üzerine bir araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*,8(2): 205–209.
- Dökmeci AH (2005). Gala gölü ve gölü besleyen su kaynaklarında ağır metal kirliliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-10 s, Tekirdağ.

- Ersoy B (2006). Kuzeydoğu Akdeniz (Adana Karakaş) bölgesinde avlanma mevsiminde tüketilen balıkların beslenme kompozisyonu ve ağır metal içerikleri. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Hanak E, Boutrif E, Fabre P, Pineiro M (2002). Experiences in the Application of HACCP for Export and Local Markets: The Case Of Thai Fisheries. Food Safety Management in Developing Countries. Proceedings of the International Workshop:1-12, France.
- Jovic´ M, A Onjia A, Stankovic S (2012). Toxic metal health risk by mussel consumption. Environ Chem Lett 10: 69–77.
- Karaali A (2003). Gıda İşletmelerinde HACCP Uygulamaları ve Denetimi. T. C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve Sağlık Projesi yayını. 21s, 71s Ankara.
- Kayhan FE, Balkıs N, Aksu A (2006). İstanbul balık halinden alınan Akdeniz Midyelerinde (*mytilus galloprovincialis*) arsenik düzeyleri. Ekoloji 15, 61,1–5.
- Kayhan FE, Muşlu MN, Çolak S, Koç ND, Çolak A, (2010). Antalya Körfezi'nde yetiştiriciliği yapılan Mavi Yüzgeçli Orkinosların (*Thunnus Thynnus*) karaciğer ve kas dokularında kurşun (Pb) Düzeyleri. Ekoloji 19, 76: 65–70.
- Marangoz İ (2009). Tekirdağ İli Sahillerinde Avlanan Su Ürünlerinin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Mol S, Ulusoy Ş (2010). Türkiye’de Su Ürünleri İşleme Sektörünün Sorunları ve Çözüm Önerileri. Journal of FisheriesSciences.com 4(2): 152–158 s, İstanbul.
- Nmkl 161 (1998). Nordic committee on food analysis, metals determination by atomic absorption spectrophotometry after wet digestion in a microwave oven.
- Oehlenschläger J (2002). Identifying heavy metals in fish. Safety and Quality Issues in Fish Processing Edited by: Bremner, H.A. Woodhead Publishing, 95-113 s, England
- Sokal RR, Rohlf JF (1969) Biometry. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Stankovic S, Jovic M (2012). Health risks of heavy metals in the mediterranean mussels as seafood. Environ Chem Lett (2012) 10: 119–130.
- Storelli M M, Normanno G, Barone G, Dambrosio A, Errico L (2012). Toxic Metals (Hg, Cd, and Pb) in Fishery Products Imported into Italy: Suitability for Human Consumption. Journal of Food Protection 75. 1 : 189-94.
- Şentürk F (1993). Çeşitli Yörelere Avlanmış mollusklarda civa, kadmiyum, kurşun, düzeylerinin saptanması. Yüksek Lisans Tezi İstanbul Üniv. Fen Bil. Enst., İstanbul

- Şimşek O, Şen GS, Velioğlu SD (2008). Trakya Bölgesinde üretilen şarapların ağır metal içeriklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye 10. Gıda Kongresi: 223-226, Erzurum.
- Vural Y, Müftügil N (1985). Bazı balık türlerinde saptanan civa miktarları. TÜBİTAK Marmara Araştırma Enstitüsü, Beslenme Ve Gıda Teknolojisi Bölümü Gıda Dergisi Yıl: 10 Sayı: 1, 53–56.
- Ward D R (2002). HACCP in the fishery Industry. Safety and Quality Issues in Fish Processing Edited by: Bremner, H.A. Woodhead Publishing, 6-17 s, England
- Yarsan E, Bilgili A, Türel İ (2000). Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicki) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. Turk J Vet Anim Sci 24, 93–96.
- Yazkan M, Özdemir F, Gölükçü M (2004). Antalya körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. Turk J Vet Anim Sci: 28, 95–100.
- Yılmaz F (2009). The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla Anguilla*, *MugilCephalus* and *Oreochromis Niloticus*) Inhabiting Köycegiz Lake-Mugla. Turkish Journal Of Science & Technology Volume 4, No 1: 7–15.

7. TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başından sonuna kadar geçen sürede bilgi ve desteğini her zaman benimle paylaşan değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Mehmet Demirci' ye ve değerli hocam Doç. Dr. İsmail Yılmaz' a, analizlerin yapılması konusunda yardımlarını esirgemeyen Mehmet Özkan' a ve laboratuvarda emek veren tüm uzmanlara, manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi(Proje No: NKUBAP.00.24.YL.11.04) tarafından desteklenmiştir. Bu katkılarından dolayı üniversite yetkililerimize de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu çalışmayı varlığı ile beni hep mutlu ve umutlu kılan sevgili oğlum Uğur Yıldırım' a, bırakabileceğim bir miras olarak gördüğüm için ithaf ediyorum.

ÖZGEÇMİŞ

08.08.1975 yılında Üsküdar' da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul' da tamamladıktan sonra üniversiteyi Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde okudu. 2002 yılında Yeditepe Üniversitesi MBA programını bitirdi. Mezuniyetinden sonra çeşitli özel gıda şirketlerinde çalıştı. Ayrıca sivil toplum kuruluşlarında Avrupa Birliği destekli projelerde görev aldı. 2012 yılı Haziran ataması ile Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı teşkilatına bağlı Diyarbakır İli Bismil İlçesine Gıda Mühendisi olarak atandı. Halen ilçe müdürlüğünde gıda denetiminde görev almaktadır.