

T.C.  
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MUNZUR  
ÜNİVERSİTESİ  
2008

**KAHRAMANMARAŞ'TA TÜKETİLEN BALIKLARDA AĞIR METAL  
DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Muhammet Raşit SÜNBÜL**

**Anabilim Dalı: Su Ürünleri**

**I. DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Gülderen KURT KAYA**  
**II. DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Memet VAROL**

**TUNCELİ – 2019**

**T.C.**  
**MUNZUR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAHRAMANMARAŞ'TA TÜKETİLEN BALIKLARDA AĞIR METAL  
DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Muhammet Raşit SÜN BÜL**  
**(162106106)**

**Anabilim Dalı: Su Ürünleri**

**I. DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Gülderen KURT KAYA**  
**II. DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. Memet VAROL**

**TUNCELİ – 2019**

**T.C.**  
**MUNZUR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAHRAMANMARAŞ'TA TÜKETİLEN BALIKLARDA AĞIR METAL  
DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

**MUHAMMET RAŞİT SÜNBÜL**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

Bu tez / / 2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği/ oyçokluğu** ile kabul edilmiştir.

**İmza:.....**

**İmza:.....**

**İmza:.....**

Doç. Dr. Gülderen KURT  
KAYA  
(T.Ü)

Doç. Dr. Özlem EMİR  
ÇOBAN  
(F.Ü)

Doç. Dr. Fahrettin  
YÜKSEL  
(T.Ü)

**DANIŞMAN**

**ÜYE**

**ÜYE**

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Numan YILDIRIM

Enstitü Müdürü

İmza ve Mühür

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

**Proje No: YLMUB018-05**

## ÖZET

Bu araştırmada, Kahramanmaraş'taki balık halinden menşei belirli deniz ve tatlısu balıklarından oluşan 10 farklı balık türünden (sazan (*Cyprinus carpio*), gökkuşuğı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), ıskarmoz (*Sphyaena sphyraena*), levrek (*Dicentrarchus labrax*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), çipura (*Sparus aurata*), kupes (*Boops boops*), Atlantik salmonu (*Salmo salar*) ve barbun (*Mullus barbatus*)) 5'er adet satın alınarak, örneklerin kas dokusunda 11 elementin (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, en yüksek ortalama Al (1,45 mg/kg) konsantrasyonu çipurada, en yüksek ortalama As (50,34 mg/kg) konsantrasyonu barbunda, en yüksek ortalama Cd (0,0078 mg/kg) konsantrasyonu gökkuşuğı alabalığında, en yüksek ortalama Co (0,1 mg/kg) konsantrasyonu istavritte, en yüksek ortalama Cr (0,076 mg/kg), Cu (0,9 mg/kg), Fe (21,36 mg/kg), Mn (2,023 mg/kg) ve Zn (48,84 mg/kg) konsantrasyonu hamside, en yüksek ortalama Ni (0,234 mg/kg) konsantrasyonu sazanda, en yüksek ortalama Pb (0,107 mg/kg) konsantrasyonu ise Atlantik salmonunda tesbit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada balık türlerinde belirlenen metal düzeyleri ile ilgili olarak insan sağlığı risk tayin metotları kullanılmıştır. Bunun için metallerin tahmini günlük alım (EDI) değerleri hesaplanarak, tolere edilebilir günlük alım (TDI) değerleri veya referans doz değerleri (RfD) ile karşılaştırılmıştır. Metallerin kanser dışı sağlık risklerini belirlemek için hedef tehlike katsayısı (THQ) ve tehlike indeksi (HI) değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca kanser eğim faktörü kullanılarak inorganik arsenik için kanser riski (CR) hesaplanmıştır. İncelenen balık türlerinin yenilmesi sonucu insan vücuduna giren 11 metale ait EDI değerlerinin TDI veya RfD değerlerini geçmediği belirlenmiştir. Ayrıca balık türlerinde belirlenen metallerin THQ ve HI değerleri eşik değer olan 1'den düşük bulunmuştur. Bu durum, kanser dışı sağlık risklerinin olmadığını göstermektedir. Barbun hariç diğer balık türlerine ait CR değerleri kabul edilebilir aralıkta bulunmuştur. Dolayısıyla CR sonuçlarına göre, barbun balığının tüketilmesi sonucu inorganik arseniğe maruz kalan insanların kansere yakalanma riski bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır Metaller, Balık, İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi.

## ABSTRACT

### Determination of heavy metal levels in fish consumed in Kahramanmaraş

In this study, 10 different fish species (carp (*Cyprinus carpio*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), European barracuda (*Sphyraena sphyraena*), European seabass (*Dicentrarchus labrax*), European anchovy (*Engraulis encrasicolus*), Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*), gilthead seabream (*Sparus aurata*), bogue (*Boops boops*), Atlantic salmon (*Salmo salar*) and red mullet (*Mullus barbatus*)) were purchased at the fish market of Kahramanmaraş. For each species, five samples were collected and the concentrations of 11 elements (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) were determined in muscle tissue of fish samples. According to the results obtained in the study, the highest average Al (1.45 mg/kg) concentration in gilthead seabream, the highest average As (50.34 mg/kg) concentration in red mullet, the highest average Cd (0.0078 mg/kg) concentration in rainbow trout, the highest average Co (0.1 mg/kg) concentration in Mediterranean horse mackerel, the highest average Cr (0.076 mg/kg), Cu (0.9 mg/kg), Fe (21.36 mg/kg), Mn (2,023 mg/kg) and Zn (48,84 mg/kg) concentrations in European anchovy, the highest average Ni (0,234 mg/kg) concentration in carp, the highest average Pb (0,107 mg/kg) concentration in Atlantic salmon were detected. In this study, human health risk assessment methods were used in relation to metal levels determined in fish species. For this, estimated daily intake (EDI) values of metals were calculated and compared with tolerable daily intake (TDI) values or reference dose values (RfD). The target hazard quotient (THQ) and hazard index (HI) values were calculated to determine the non-cancer health risks of metals. Cancer risk (CR) was also calculated for inorganic arsenic by using cancer slope factor. The EDI values of the 11 metals entering the human body from ingestion of the fish species examined were determined not to exceed the TDI or RfD values. In addition, the THQ and HI values of the metals determined in fish species were lower than the threshold value of 1. This shows that there are no health risks for non-cancer. CR values for all fish species except red mullet were found within the acceptable range. Therefore, according to CR results, people who are exposed to inorganic arsenic as a result of consumption of red mullet are at risk of developing cancer.

**Keywords:** Heavy Metals, Fish, Human Health Risk Assessment.

## TEŞEKKÜRLER

Bu çalıőmanın her aőamasında yardım, öneri ve desteğini esirgmeden beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Gülderem KURT KAYA'ya, hem laboratuvar hem de tez yazımı aőamalarında fikir ve yardımlarını esirgemeyen ikinci danışman hocam Doç. Dr. Memet VAROL'a, hayatımın her aőamasında olduğu gibi, çalıőmamın baőından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teőekkür eder saygılar sunarım.

M. Raşit SÜNBÜL

TUNCELİ – 2019

## İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

<b>ÖZET.....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>II</b>
<b>TEŞEKKÜRLER.....</b>	<b>III</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>IV</b>
<b>ŞEKİLLERLİSTESİ .....</b>	<b>VI</b>
<b>TABLOLAR LİSTESİ .....</b>	<b>VII</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ .....</b>	<b>VIII</b>
<b>SEMBOLLER LİSTESİ .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Ağır Metaller.....	2
1.2. Çalışmada İncelenen Ağır Metaller ve Toksik Etkileri.....	3
<b>2. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>6</b>
2.1. Balık Örneklerinin Alınması .....	6
2.2. Örnek Hazırlama ve Metal Analizleri .....	7
2.3. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi.....	8
2.3.1. Maksimum İzin Verilen Metal Değerleri.....	8
2.3.2. Metallerin Tahmini Günlük Alım Miktarı.....	8
2.3.3. Kanser ve Kanser Dışındaki Sağlık Riskleri .....	8
2.4. İstatiksel Analiz.....	10
<b>3. BULGULAR .....</b>	<b>11</b>
3.1. Alüminyum (Al).....	11
3.2. Arsenik (As).....	11
3.3. Kadmiyum (Cd) .....	12
3.4. Kobalt (Co).....	13
3.5. Krom (Cr).....	13
3.6. Bakır (Cu).....	14
3.7. Demir (Fe).....	14
3.8. Mangan (Mn) .....	15
3.9. Nikel (Ni) .....	16
3.10. Kurşun (Pb).....	16

3.1.	Çinko (Zn).....	17
3.12.	Toksik ve Toksik Olmayan Metaller.....	19
3.13.	Balık Boyu ve Ağırlığı ile Metal Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler.....	20
3.14.	Risk Değerlendirmesi.....	21
<b>4.</b>	<b>TARTIŞMA.....</b>	<b>25</b>
<b>5.</b>	<b>SONUÇ .....</b>	<b>29</b>
5.1.	İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi.....	29
<b>6.</b>	<b>ÖNERİLER.....</b>	<b>31</b>
	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>32</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>39</b>

## SEKİLLERLİSTESİ

## Sayfa No

- Şekil 3.12.1. Toksik metallerin (Al, As, Cd ve Pb) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı..... 19
- Şekil 3.12.2. Toksik metaller dışındaki diğer metallerin (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı ..... 20



## TABLULAR LİSTESİ

## Sayfa No

Tablo 1.2.1. İncelenen ağır metallerin kaynakları ve insan sağlığına etkileri (Aydın ve Yıldız, 2004; Demirci, 2010; Akbal ve ark., 2015).....	3
Tablo 2.1.1. İncelenen balık türlerinin isimleri ve genel özellikleri.....	6
Tablo 2.2.1. Referans materyalin geri kazanım düzeyleri ile metallerin LOD değerleri .....	7
Tablo 3.1.1. İncelenen balık türlerindeki Al düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık) .....	11
Tablo 3.2.1. İncelenen balık türlerindeki As düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	12
Tablo 3.3.1. İncelenen balık türlerindeki Cd düzeyleri .....	12
Tablo 3.4.1. İncelenen balık türlerindeki Co düzeyleri .....	13
Tablo 3.5.1. İncelenen balık türlerindeki Cr düzeyleri.....	14
Tablo 3.6.1. İncelenen balık türlerindeki Cu düzeyleri .....	14
Tablo 3.7.1. İncelenen balık türlerindeki Fe düzeyleri.....	15
Tablo 3.8.1. İncelenen balık türlerindeki Mn düzeyleri .....	15
Tablo 3.9.1. İncelenen balık türlerindeki Ni düzeyleri.....	16
Tablo 3.10.1. İncelenen balık türlerindeki Pb düzeyleri.....	17
Tablo 3.11.1. İncelenen balık türlerindeki Zn düzeyleri .....	17
Tablo 3.11.2. İncelenen balık türlerindeki metallerin ortalama düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık) ve türler arasındaki istatistiksel farklar .....	18
Tablo 3.11.3. Balıklarda bulunmasına izin verilen maksimum metal konsantrasyonları ile bu çalışma belirlenen metallerin ortalama değerleri .....	18
Tablo 3.13.1. Balık türlerinin total boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak önemli olan korelasyonlar .....	21
Tablo 3.14.1. Balık türlerinde 11 metal için hesaplanan EDI değerleri ve bu metaller için belirlenen TDI değerleri .....	23
Tablo 3.14.2. Balık türlerinde 11 metalin THQ değerleri ve inorganik As için hesaplanan CR değerleri .....	24
Tablo 4.1. Çalışılan balık türlerinde farklı lokasyonlarda rapor edilen ortalama metal konsantrasyonları .....	25

## KISALTMALAR LİSTESİ

- CR** : Kanser riski
- EC** : Avrupa Komisyonu
- EDI** : Metallerin tahmini günlük alım değeri
- EFSA** : Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
- FAO** : Gıda ve Ziraat Örgütü
- FSANZ** : Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları
- HI** : Tehlike indeksi, toplam THQ
- JECFA** : Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzman Komitesi
- LOD** : Tespit limiti
- MHPRC** : Çin Halk Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı
- TDI** : Tolere edilebilir günlük alım değeri
- THQ** : Hedef tehlike katsayısı
- USEPA** : Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
- WHO** : Dünya Sağlık Örgütü

## SEMBOLLER LİSTESİ

<b>Al</b>	: Alüminyum
<b>As</b>	: Arsenik
<b>Cd</b>	: Kadmiyum
<b>Co</b>	: Kobalt
<b>Cr</b>	: Krom
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>Fe</b>	: Demir
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>M</b>	: Metre
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>mg/L</b>	: 1 Litre Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Miligram Cinsinden Miktarı
<b>µg/L</b>	: 1 Litre Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Mikrogram Cinsinden Miktarı
<b>µg/g</b>	: 1 Gram Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Mikrogram Cinsinden Miktarı
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>Mn</b>	: Mangan
<b>Ni</b>	: Nikel
<b>Pb</b>	: Kurşun
<b>Zn</b>	: Çinko

## 1.GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve gelişen endüstri ile doğru orantılı olarak çevremiz de kirlenmektedir. Bu da, doğal dengeyi bozarak canlıların sağlığını tehdit etmektedir. Yaygın kullanımları, canlıların vücudunda birikim yaparak besin zincirinde bir üst basamağa aktarılmaları nedeniyle ağır metaller önemli çevre kirleticilerindedir. Ağır metaller esansiyel olsalar bile canlı bünyesinde birikimleri belli bir miktarın üstüne çıktıktan sonra toksik etki yapmaktadır (Anton ve ark., 2000). Arsenik, kurşun, kadmiyum, civa ve krom Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı'nın 2011'de yayınladığı 275 adet "öncelikli zararlı maddeler" listesinde ilk yirmide yer almaktadır (ATDSR, 2011).

Balıklar insan beslenmesi ve sağlığı için çok önemlidir. Ülkemizde 'Balık sağlıktır' kamu spotu ile içerdiği yüksek kaliteli protein, zengin vitamin ve omega 3 yağ asitleri nedeniyle haftada en az iki defa tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Fakat balıklar sucul ortamda besin zincirinin en üst halkasını oluşturduklarından ağır metal birikimi riski ile karşı karşıyadır. Bu da, ağır metal kirliliğine maruz kalan sucul ortamlarda yetişen balıkları sağlıklı gıda olmaktan çıkarır (Türkmen ve ark., 2005). Dolayısıyla insan sağlığı için balıkların ağır metal düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Evsel ve endüstriyel sularla, tarımda kullanılan gübre ve pestisitlerin yağmurla taşınmasıyla doğal sulara ulaşan ağır metaller besin zincirinin son halkası olan insana, su ve su ürünleri aracılığı ile ulaşmaktadır. Balıklar ağır metalleri metallerle kontamine olmuş plankton, kerevit, midye gibi canlıları yiyerek ya da solungaçlarıyla su ortamından metalleri absorbe ederek vücutlarına alırlar. Metallerle kontamine olmuş balıkların sürekli tüketilmesi insan sağlığını olumsuz yönde etkileyeceğinden, metallerle kontamine olmuş balıkların yenmesi tehlikelidir. Bu nedenle balıklar, ağır metallerin insanlara ulaşmasında önemli rol oynarlar (Saha ve ark., 2016). İnsan sağlığı için önemli besin kaynağı olan balıklarda ağır metal düzeylerinin ve etkilerinin belirlenmesi ve kirletici madde miktarına göre zamanında önlem alınması gerekmektedir (Kalantzi ve ark., 2016). Çevre kirliliğinden en çok etkilenen sucul organizmalardır. Bu nedenle su ürünleri çevre kirliliği düzeyini belirlemek için biyoindikatör olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Kahramanmaraş'ta en çok tercih edilen 10 balık türünün (sazan (*Cyprinus carpio*), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), ıskarmoz (*Sphyraena sphyraena*), levrek (*Dicentrarchus labrax*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), çipura (*Sparus aurata*), kupes (*Boops boops*), Atlantik salmonu (*Salmo salar*) ve barbun (*Mullus barbatus*)) ağır metal düzeyleri ölçülerek, insan sağlığı açısından bir risk oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

### 1.1. Ağır Metaller

Periyodik cetvelde üçüncü periyotta ya da üzerinde bulunan, yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ 'ten fazla olan elementlere ağır metaller denir. Bu çalışmada analizi yapılan Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metallere örnek olarak verilebilir.

Demir, Zn, Cu ve Mn gibi bazı metaller, insan yaşamı için gereklidir. Bu tür metaller esansiyel metaller olarak adlandırılır. Bunlar biyokimyasal olayların tam olarak yürütülebilmesi için gerekli elementlerdir (Oehlenschläger, 2002). Bununla birlikte, esansiyel metallerin yüksek konsantrasyonları da canlılar için toksik etki yapabilir. Kadmiyum, As, Pb ve Hg gibi metaller ise esansiyel olmayan metallerdir. Bunların herhangi bir biyolojik fonksiyonu belirlenemediği gibi, çok düşük konsantrasyonları bile canlılara toksik etki yapabilir. (Oehlenschläger, 2000).

Ağır metallerin sucul ekosistemlerde konsantrasyonlarının yükselmesi genel olarak antropojenik etkilere kaynaklanır. Ağır metal kirliliğinin en önemli kaynağı ve çevreye yayılmasında etken olan endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, termik santraller, demir-çelik sanayi, cam üretimi, madencilik faaliyetleri ve çöp alanlarıdır. Ayrıca atık su arıtma tesislerinden deşarj edilen atık sular ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan kimyasal gübreler ve pestisitler de ağır metal kirliliğine yol açabilir (Yılmaz ve ark., 2011).

Doğal sulara giren ağır metallerin balıklar tarafından alınımı solungaçlar, vücut yüzeyi ve diğer sucul organizmaları tüketmeleri sonucunda sindirim sistemi ile olmaktadır. Vücuda giren metaller, taşıyıcı proteinlere bağlanır ve kan yolu ile doku ve organlara taşınır. Dokulara ulaşan metaller bağlayıcı proteinler vasıtası ile dokulara tutunarak dokularda birikim yaparlar (Şentürk, 2013; Kaptan, 2014). Sucul ortamda ağır metaller çözülmüş halde bulunabilecekleri gibi, sedimentte, su bitkilerinde, bentik omurgasızlarda, askıdaki katı partiküllerde, planktonik organizmalarda ve balıklarda birikim yaparlar. Metallerle kontamine olmuş balıkların sürekli yenilmesi sonucu insanlarda çeşitli sağlık

problemleri ortaya çıkacağından, kontamine balıkların tüketilmesi son derece tehlikelidir. Dolayısıyla ağır metal ile kontamine olmuş balıklar, metallerin insanlara ulaşmasında en önemli rolü oynarlar (Gupta ve ark., 2009).

## 1.2. Çalışmada İncelenen Ağır Metaller ve Toksik Etkileri

Ağır metaller, esansiyel ve esansiyel olmayan elementler olarak sınıflandırılabilir. Kobalt, bakır, çinko, mangan, demir, insan metabolizmasında önemli bir rol oynadıkları için esansiyel elementler olarak kabul edilir. Bu metaller enzimatik tepkimelerde görev alır, organizma yapısında belirli miktarda bulunması gerekir, vitamin ve hormonların bileşenlerinde bulunurlar. Arsenik, cıva, kadmiyum ve kurşun faydalı etkileri olmayan ve düşük konsantrasyonlarda bile zararlı etkileri olan esansiyel olmayan elementlerdir. Ayrıca, esansiyel elementler de yüksek konsantrasyonlarda toksik etkilere neden olabilir.

Tablo 1.2.1’de bu tez çalışmasında incelenen metallerin muhtemel kaynakları ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri genel olarak özetlenmiştir.

**Tablo 1.2.1.** İncelenen ağır metallerin kaynakları ve insan sağlığına etkileri (Aydın ve Yıldız, 2004; Demirci, 2010; Akbal ve ark., 2015).

	<b>SAĞLIK RİSKİ</b>	<b>KAYNAKLARI</b>
<b>Alüminyum (Al)</b>	Maruziyet miktarına bağlı olarak hafıza kaybı, koordinasyon yetersizliği, denge problemleri, kemik hassasiyeti ve ağrısı, kaslarda güç kaybı, mental durum değişiklikleri oluşturur.	Doğada iyonik formda ve birçok sanayi dalının atıklarında ve gıdalarda iz element olarak bulunur.
<b>Arsenik (As)</b>	Toksik etkisi kimyasal yapısına göre değişir. Saç, kemik doku, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojendir ve Halsizlik, yorgunluk, irritabilite, baş ağrısı, ağrılı kas spazmları, görülebilir.	Doğada organik ve inorganik formda bulunur. Arsenik maruziyeti genelde endüstriyel nedenledir.
<b>Bakır (Cu)</b>	Zehirlenmeler genellikle ağız yoluyla alımından oluşur. Solunumla bakır zehirlenmesi nadirdir. Karın ağrısı, ishal,	Kayaçların ve minerallerin yapısında bulunan esansiyel elementlerdendir. Elektrik

	kanama, yaygın kas ağrıları, kusma, ve kansızlık görülebilir. Vücutta fazla birikmesi Wilson Hastalığı yapar.	kablolarının üretiminde, boya sanayinde ve tesisat borularında kullanılır. Bakır tuzları ayrıca hayvan sağlığında antelmintik olarak ve tarımda fungusit olarak kullanılır.
<b>Kadmiyum (Cd)</b>	Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemoglobin düzeyleri, prostat rahatsızlıklarına sebep olabilir. Akut maruziyette göğüs ağrıları ve akciğer ödemi oluşturabilir.	Doğada çinko kombinasyonları şeklinde bulunur. Önemli kaynakları fosil yakıtlar, sigara ve atık ürünlerin yanmasıdır.
<b>Kobalt (Co)</b>	Kobalt zehirlenmesi çok nadir görülür. Buharlarının solunması ile zehirlenmeler meydana gelir. Solunum güçlüğü, mide tahrişi, kas ve eklem ağrıları oluşturur ve karaciğer fonksiyonlarını etkiler.	Fosil yakıtların ve kobalt alaşımı ürünlerin yanması ile çevreye yayılır.
<b>Krom (Cr)</b>	Cr <sup>+3</sup> bileşikleri esansiyel, diğer formları ise esansiyel değildir. Oral yoldan alımında mide ülserine, böbrek ve karaciğer hastalıklarına, solunumla alımında akciğer kanseri, solunum yolları zedelenmesi yapabilir.	Metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı önleyici olarak kullanılmaktadır. Çelik alaşımı yapımında, boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucusu olarak kullanılmaktadır.
<b>Demir (Fe)</b>	Demir eksikliği sık görülen bir hastalık olmasına rağmen sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda nadiren demir toksitesine rastlanır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar ortaya çıkar.	Metal ve petrokimya sanayisi başta olmak üzere sanayi dallarının çoğunda kullanılmaktadır.
<b>Kurşun</b>	Diş eti mavileşmesi, anemi, kas kilitlenmesi,	Doğada toprağın ve suyun

<b>(Pb)</b>	inme, akıl bozukluğu, beyin kanaması, satürnizm, sinir sistemi hastalıklarına sebep olabilir.	içerisinde inorganik ve organik formlarda bulunur. Termik santraller, demir çelik ve petro-kimya gibi endüstriyel atıklar en önemli kaynaklarıdır.
<b>Mangan (Mn)</b>	Yüksek konsantrasyonlarda kramplar halüsinasyonlar ve Alzheimer hastalığına yol açabilmektedir.	Toprağın ve bitkilerin yapısında doğal olarak bulunmaktadır. Gübre sanayisinde kullanılır.
<b>Nikel (Ni)</b>	Aşırı dozları deride tahriş, kalp damar rahatsızlıkları ve kansere sebep olabilir.	Paslanmaz çelik ve alaşım üretiminde, elektro kaplamada kullanılır.
<b>Çinko (Zn)</b>	Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adele ve eklem ağrıları, mide tahrişi, peptik ülserler ve çeşitli karaciğer etkileri çinkonun kötü etkileridir.	Kaplamalarda, alaşımlarda, kozmetik, lastik ve boya sanayisinde kullanılmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Balık Örneklerinin Alınması

Bu tez çalışmasında, Kahramanmaraş balık halinden menşei belli olan deniz ve tatlısu balıklarından oluşan 10 farklı balık türü satın alınmıştır. Her balık türünden 5 adet alınarak temiz polietilen torbalara konulmuş ve içerisinde buz aküleri bulunan taşınabilir soğutucu içerisine yerleştirilerek en kısa zamanda laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvarda balık örneklerinin ağırlık ve total boy ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada incelenen balık türlerinin bilimsel isimleri, genel özellikleri, total boy ve ağırlıkları Tablo 2.1.1.'de verilmiştir.

**Tablo 2.1.1.** İncelenen balık türlerinin isimleri ve genel özellikleri

Balık ismi	Menşei	Yaşam alanı	Yetiştirme şekli	Çevre	T. boy (mm)	Ağırlık (gr)
Sazan ( <i>Cyprinus carpio</i> )	Kahramanmaraş	Tatlısu	Yabani	Bentopelajik	250-525	250-5800
Gökkuşluğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Kahramanmaraş	Tatlısu	Kültür	Ağ kafesler	263-275	240-270
Levrek ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	İskenderun	Deniz	Kültür	Ağ kafesler	260-362	200-580
Hamsi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	Karadeniz	Deniz	Yabani	Pelajik-neritik	105-125	7,6-11,2
İstavrit ( <i>Trachurus mediterraneus</i> )	Karadeniz	Deniz	Yabani	Pelajik-oseanik	115-120	12-15
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	İskenderun	Deniz	Kültür	Ağ kafesler	239-310	320-640
Kupes ( <i>Boops boops</i> )	İzmir	Deniz	Yabani	Yarı pelajik	259-294	205-390
Atlantik salmonu ( <i>Salmo salar</i> )	Norveç	Deniz	Kültür	Ağ kafesler	758-764	5650-5680
Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	İskenderun	Deniz	Yabani	Demersal	133-215	30-145
Iskarmoz ( <i>Sphyraena sphyraena</i> )	İskenderun	Deniz	Yabani	Pelajik-neritik	210-220	60-80

## 2.2. Örnek Hazırlama ve Metal Analizleri

Bu çalışmada, on balık türünün herbirinden beşer adet alınarak (toplam 50 adet) her bir balık örneğinde 11 metalin (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, balık örneklerin operkulum ile dorsal yüzgeçleri arasındaki bölgeden alınan kas dokusu homojenize edilmiş ve 1 gr tartılarak teflon tüplere bırakılmıştır. Tüplerin içerisine 8 ml HNO<sub>3</sub> (%65) ve 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30) eklenip mikrodalga yakma sistemi (CEM MARS 6) ile örneklerin parçalanması sağlanmıştır. Bu işlemden sonra oda sıcaklığına kadar soğutulan teflon tüplerinin içeriği, falkon tüplere aktararak ultrasaf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır (Varol ve ark., 2018).

Metal analizleri için farklı konsantrasyonlarda elementler içeren multi-element kalibrasyon standart çözeltileri hazırlanmıştır. Analize hazır hale getirilen balık örneklerinin metal analizleri Agilent 5100 ICP-OES (indüktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Metal analizleri 3 tekrarlı yapılmıştır. Ayrıca sertifikalı standart referans materyal (TORT-3, ıstakoz hepatopankreası) kullanılarak analiz metodunun geri kazanım düzeyleri tespit edilerek metodun doğruluğu tayin edilmiştir. Ayrıca her bir metalin tespit limiti (LOD) de hesaplanmıştır. Referans materyalin geri kazanım düzeylerinin %90,7-106,6 arasında belirlenmesi, örneklerin analizinde kullanılan prosedür ve metotların doğru olduğunu göstermektedir (Tablo 2.2.1.).

**Tablo 2.2.1.** Referans materyalin geri kazanım düzeyleri ile metallerin LOD değerleri

	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Sertifikalı değerler (mg/kg)		59,5	42,3	1,95	1,06	497	179	15,6	5,3	0,225	136
Ölçülen değerler (mg/kg)		55,8	38,9	1,78	1,13	468	169	14,6	4,9	0,204	127
Geri kazanım (%)		93,8	92,0	91,3	106,6	94,2	94,4	93,6	92,5	90,7	93,4
Tespit limiti (LOD) (mg/kg yaş ağırlık)	0,005	0,018	0,0012	0,006	0,004	0,004	0,005	0,004	0,006	0,005	0,005

## **2.3. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi**

### **2.3.1. Maksimum İzin Verilen Metal Değerleri**

Balık türlerinin kas dokusunda tespit edilen ortalama metal değerleri, Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları (FSANZ, 2013), Avrupa Komisyonu (EC, 2006), Çin Halk Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı (MHPRC, 2013), Kodeks Alimentarius Komisyonu (WHO/FAO, 2015) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 1983) tarafından tavsiye edilen maksimum izin verilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

### **2.3.2. Metallerin Tahmini Günlük Alım Miktarı**

Metallerin tahmini günlük alımı, balığın kasında bulunan metal konsantrasyonuna ve günlük balık tüketim miktarına bağlı olarak değişmektedir. Metallerin tahmini günlük alım (EDI) değerleri hesaplanarak, Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzman Komitesi (JECFA 1982, 1983, 1989, 2011a, 2011b), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA 2010, 2014) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2011) tarafından önerilen tolere edilebilir günlük alım (TDI) değerleri veya Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (USEPA, 2018) tarafından önerilen referans doz değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yetişkinler için tahmini günlük alım değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Griboff ve ark., 2017):

$$EDI = (MC \times IRd) / BW$$

Burada, MC balıktaki metal konsantrasyonunu (mg/kg yaş ağırlık), IRd günlük balık tüketim miktarını (gr/gün) ve BW yetişkinler için ortalama vücut ağırlığını (70 kg) ifade etmektedir. Kahramanmaraş'ta yapılan bir çalışmaya göre kişi başına düşen günlük balık tüketim miktarı 11,467 gr olarak belirlendiği için (Ercan ve Şahin, 2016) hesaplamada bu değer kullanılmıştır.

### **2.3.3. Kanser ve Kanser Dışındaki Sağlık Riskleri**

Metallerin insanlar tarafından balıkların tüketilmesi sonucu neden oldukları kanser dışındaki sağlık riskleri, hedef tehlike katsayısı (THQ) ile hesaplanmaktadır. USEPA

(1989) tarafından geliştirilen bu risk tahmin metodu, aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$THQ = [(EF \times ED \times IRd \times MC) / (RfD \times BW \times AT)] \times 10^{-3}$$

Burada, EF maruz kalma sıklığını (350 gün/yıl), ED maruz kalma süresini (26 yıl), RfD her bir metalin oral referans doz değerini (mg/kg/gün), AT kanser dışındaki etkiler için ortalama zamanı (365 gün/yıl  $\times$  ED)) ifade etmektedir.

Ayrıca bu çalışmada tehlike indeksi (HI) (toplam THQ olarak da isimlendirilmekte) de hesaplanmıştır. HI, her bir metalin THQ değerinin toplamını ifade etmektedir. HI aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$HI = THQ(Al) + THQ(As) + THQ(Cd) + \dots + THQ(Ni) + THQ(Pb) + THQ(Zn)$$

Kanserojenik risk, kişinin potansiyel bir kanserojen maddeye maruz kalması sonucunda, bir ömür boyunca kansere yakalanma olasılığının artması olarak tanımlanmaktadır (USEPA, 1989). USEPA (2016), çalışılan 11 metal arasında sadece inorganik arsenik için kanser eğim faktörü (CSF) belirlediğinden, bu çalışmada kanser riski inorganik arsenik için hesaplanmıştır. Kanser riski (CR) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$CR = [(EF \times ED \times IRd \times MC \times CSF) / (BW \times AT)] \times 10^{-3}$$

Burada, CSF kanser eğim faktörü olup, USEPA (2018) inorganik arsenik için CSF değerini 1.5 mg/kg/gün olarak belirlemiştir. AT kanserojenik etkiler için ortalama zamanı (365 gün/yıl  $\times$  ömür boyu maruz kalma süresi (70 yıl)) ifade etmektedir.

Bu çalışmada, EDI, THQ ve CR hesaplamaları için balık türlerinin kasında tespit edilen 11 metalin ortalama değerleri kullanılmıştır. Arsenik formları arasında, sadece inorganik arsenik formu toksik olup, toplam arseniğin %1-10'unu oluşturmaktadır (Kalantzi ve ark., 2016). Bu nedenle, EDI, THQ ve CR hesaplamaları için toplam arsenik değerleri yerine inorganik arsenik değerleri kullanılmıştır. Bu çalışmada inorganik As, toplam arseniğin %3'ü olduğu var sayılmıştır (Copat ve ark., 2013).

## 2.4. İstatiksel Analiz

Bu çalışmada balık türlerinde araştırılan 11 metalin ortalama, standart sapma, minimum, maksimum ve ortanca değerleri hesaplanmıştır. Araştırılan metaller açısından balık türleri arasında farklılıklar olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi ile belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Ayrıca balık türlerinin total boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon testi ile değerlendirilmiştir.



### 3. BULGULAR

#### 3.1. Alüminyum (Al)

En düşük Al konsantrasyonu 0,13 mg/kg ile kupeste, en yüksek Al konsantrasyonu ise 6,01 mg/kg ile çipurada kaydedilmiştir. Ortalama Al konsantrasyonları ise 0,27-1,45 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama Al konsantrasyonları balık türlerine göre şu şekilde sıralanmıştır: çipura> hamsi> sazan> gökkuşuğu alabalığı> levrek> istavrit> barbun> iskarmoz> kupes> Atlantik salmonu (Tablo 3.1.1.). Ortalama Al konsantrasyonları açısından balık türleri arasında önemli farklılıklar belirlenmemiştir ( $p>0.05$ ) (Tablo 3.11.2.).

**Tablo 3.1.1.** İncelenen balık türlerindeki Al düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Al	Sazan	Gökkuşuğu alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,89	0,74	0,61	1,23	0,56	1,45	0,29	0,27	0,54	0,53
Std. sapma	0,53	0,17	0,27	1,06	0,29	2,55	0,10	0,09	0,33	0,43
Minimum	0,28	0,46	0,29	0,52	0,29	0,22	0,13	0,19	0,20	0,24
Maksimum	1,61	0,89	0,88	3,11	1,00	6,01	0,37	0,43	1,09	1,29
Ortanca	0,73	0,79	0,66	0,84	0,51	0,33	0,30	0,23	0,50	0,40

#### 3.2. Arsenik (As)

Bu çalışmada en yüksek As konsantrasyonu 105,71 mg/kg ile barbunda, en düşük As konsantrasyonu ise 0,08 mg/kg ile gökkuşuğu alabalığında belirlenmiştir. Ortalama As konsantrasyonları 0,24-50,34 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ortalama As konsantrasyonları balık türlerine göre barbun> hamsi> istavrit> iskarmoz> çipura> Atlantik salmonu> kupes> levrek> sazan> gökkuşuğu alabalığı şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.2.1.). Ortalama As konsantrasyonları açısından balık türleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.). Ortalama inorganik As değerleri ise 0,0072-1,5102 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Balık türleri arasında sadece barbun (0,15102 mg/kg) ve hamsiye (0,1041 mg/kg) ait ortalama inorganik As değerleri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değeri (0,1 mg/kg) geçmiştir (Tablo

3.11.3.). Bununla birlikte, tüm balıklarda kaydedilen ortalama inorganik As değerleri, FSANZ (2013) tarafından önerilen maksimum izin verilen değeri geçmemiştir (Tablo 3.11.3.).

**Tablo 3.2.1.** İncelenen balık türlerindeki As düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

As	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,37	0,24	0,61	3,47	1,41	1,13	0,94	1,09	50,34	1,16
Std. sapma	0,16	0,13	0,23	1,96	0,38	0,30	0,31	0,49	39,59	0,37
Minimum	0,26	0,08	0,26	1,52	0,84	0,87	0,60	0,38	12,09	0,59
Maksimum	0,65	0,43	0,83	6,66	1,90	1,54	1,40	1,57	105,71	1,56
Ortanca	0,30	0,23	0,71	2,82	1,39	0,95	0,95	1,33	28,83	1,25

### 3.3. Kadmiyum (Cd)

Bu çalışmada en yüksek Cd konsantrasyonu 0,0189 mg/kg olarak gökkuşığı alabalığında belirlenmiştir. Cd konsantrasyonu 10 balık türünde en az bir kez deteksiyon limitinin altında tespit edilmiştir. Ortalama Cd değerleri 0,0013-0,0092 mg/kg arasında değişmiş olup ortalama Cd değerlerine göre balık türleri istavrit> iskarmoz> gökkuşığı alabalığı> çipura> levrek> hamsi> Atlantik salmonu> sazan> barbun> kupes şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.3.1.). Ortalama Cd konsantrasyonları, balık türleri arasında önemli farklılıklar göstermiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.). Balık türlerinde kaydedilen ortalama Cd değerleri, hem MHPRC (2013) hem de EC (2006) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerlerin çok altında bulunmuştur (Tablo 3.11.3.).

**Tablo 3.3.1.** İncelenen balık türlerindeki Cd düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Cd	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,0019	0,0078	0,0027	0,0026	0,0092	0,0036	0,0013	0,0022	0,0016	0,0085
Std. sapma	0,0020	0,0080	0,0038	0,0037	0,0065	0,0025	0,0020	0,0021	0,0023	0,0062
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	0,0048	0,0189	0,0070	0,0080	0,0173	0,0063	0,0043	0,0043	0,0051	0,0174
Ortanca	0,0021	0,0038	0	0	0,0112	0,0032	0	0,0033	0	0,0085

### 3.4. Kobalt (Co)

Araştırmada en yüksek Co konsantrasyonu 0,189 mg/kg olarak istavritte belirlenmiştir. Co konsantrasyonu sazan hariç diğer balık türlerinde en az bir kez deteksiyon limitinin altında tespit edilmiştir. Ortalama Co değerleri 0,01-0,10 mg/kg arasında değişmiş göstermiştir. Ortalama Co değerlerine göre balık türleri şu şekil sıralanmıştır: istavrit> sazan> hamsi> levrek> gökkuşığı alabalığı> Atlantik salmonu> kupes> çipura> barbun> iskarmoz (Tablo 3.4.1.). Ortalama Co konsantrasyonları açısından balık türleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.).

**Tablo 3.4.1.** İncelenen balık türlerindeki Co düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Co	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,081	0,043	0,047	0,078	0,100	0,015	0,026	0,029	0,014	0,010
Std. sapma	0,035	0,028	0,044	0,054	0,075	0,017	0,024	0,041	0,015	0,019
Minimum	0,023	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	0,120	0,068	0,087	0,148	0,189	0,037	0,049	0,083	0,034	0,043
Ortanca	0,088	0,047	0,061	0,089	0,097	0,007	0,040	0	0,017	0

### 3.5. Krom (Cr)

En yüksek Cr konsantrasyonu 0,277 mg/kg olarak hamside, en düşük Cr konsantrasyonu 0,009 mg/kg olarak barbunda kaydedilmiştir. Ortalama Cr konsantrasyonları 0,02-0,076 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ortalama Cr konsantrasyonlarına göre balık türleri hamsi> sazan> Atlantik salmonu> levrek> gökkuşığı alabalığı> çipura> istavrit> barbun> kupes> iskarmoz şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.5.1.). Ortalama Cr konsantrasyonları açısından balık türleri arasında önemli farklılıklar belirlenmemiştir ( $p>0.05$ ) (Tablo 3.11.2.). Balık türlerinde kaydedilen ortalama Cr değerleri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değer çok altında bulunmuştur (Tablo 3.11.3.).

**Tablo 3.5.1.** İncelenen balık türlerindeki Cr düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Cr	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,074	0,033	0,040	0,076	0,030	0,031	0,022	0,042	0,028	0,020
Std. sapma	0,074	0,007	0,020	0,113	0,010	0,014	0,015	0,024	0,013	0,005
Minimum	0,013	0,025	0,010	0,012	0,020	0,020	0,010	0,014	0,009	0,012
Maksimum	0,202	0,041	0,062	0,277	0,045	0,055	0,045	0,070	0,043	0,024
Ortanca	0,051	0,036	0,046	0,037	0,032	0,029	0,017	0,039	0,027	0,023

### 3.6. Bakır (Cu)

En düşük Cu konsantrasyonu 0,10 mg/kg ile levrekte, en yüksek Cu konsantrasyonu ise 1,14 mg/kg ile hamside kaydedilmiştir. Ortalama Cu konsantrasyonları ise 0,15-0,90 mg/kg arasında saptanmıştır. Ortalama Cu konsantrasyonları balık türlerine göre şu şekilde sıralanmıştır: hamsi> istavrit> iskarmoz> sazan> gökkuşığı alabalığı> kupes= Atlantik salmonu> barbun= levrek>çipura (Tablo 3.6.1.). Ortalama Cu konsantrasyonları açısından balık türleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.). Balık türlerinde kaydedilen ortalama Cu değerleri, FAO (1983) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değer çok altında bulunmuştur (Tablo 3.11.3.).

**Tablo 3.6.1.** İncelenen balık türlerindeki Cu düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Cu	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,45	0,27	0,20	0,90	0,74	0,15	0,24	0,24	0,20	0,51
Std. sapma	0,22	0,04	0,09	0,15	0,11	0,04	0,05	0,13	0,06	0,18
Minimum	0,18	0,23	0,10	0,74	0,66	0,11	0,18	0,17	0,13	0,25
Maksimum	0,68	0,33	0,29	1,14	0,92	0,22	0,28	0,47	0,27	0,67
Ortanca	0,48	0,26	0,21	0,87	0,69	0,14	0,26	0,19	0,19	0,57

### 3.7. Demir (Fe)

Bu çalışmada en yüksek Fe konsantrasyonu 37,84 mg/kg ile hamside, en düşük Fe konsantrasyonu ise 1,4 mg/kg ile çipurada belirlenmiştir. Ortalama Fe konsantrasyonları 2,68-21,36 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Balık türlerinin ortalama Fe

konsantrasyonları hamsi> istavrit> sazan> levrek> iskarmoz> kupes> gökkuşağı alabalığı> Atlantik salmonu> çipura> barbun şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.7.1.). Ortalama Fe konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar saptanmıştır ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.).

**Tablo 3.7.1.** İncelenen balık türlerindeki Fe düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Fe	Sazan	Gökkuşağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	5,30	3,33	5,17	21,36	10,61	2,73	4,05	2,85	2,68	4,80
Std. sapma	1,86	0,34	3,54	9,51	3,47	1,70	1,15	2,11	0,70	1,56
Minimum	3,33	2,84	1,51	14,05	8,26	1,40	2,86	1,79	1,93	2,34
Maksimum	8,01	3,61	9,98	37,84	16,15	5,56	5,62	6,62	3,72	6,65
Ortanca	5,22	3,50	4,01	18,55	8,38	2,43	3,60	2,00	2,71	5,11

### 3.8. Mangana (Mn)

Bu çalışmada en yüksek Mn konsantrasyonu 2,546 mg/kg olarak hamside, en düşük Mn konsantrasyonu ise 0,057 mg/kg ile kupeste belirlenmiştir. Ortalama Mn konsantrasyonları 0,093-2,023 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Balık türlerinin ortalama Mn konsantrasyonları hamsi> istavrit> Atlantik salmonu> levrek> sazan> barbun> gökkuşağı alabalığı> iskarmoz> çipura> kupes şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.8.1.). Ortalama Mn konsantrasyonları açısından türler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.).

**Tablo 3.8.1.** İncelenen balık türlerindeki Mn düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Mn	Sazan	Gökkuşağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,183	0,146	0,227	2,023	0,332	0,127	0,093	0,228	0,177	0,140
Std. sapma	0,031	0,048	0,049	0,481	0,016	0,026	0,032	0,205	0,029	0,046
Minimum	0,145	0,111	0,164	1,339	0,308	0,097	0,057	0,094	0,148	0,093
Maksimum	0,222	0,214	0,298	2,546	0,352	0,164	0,143	0,567	0,214	0,200
Ortanca	0,191	0,113	0,217	2,128	0,331	0,116	0,091	0,107	0,164	0,117

### 3.9. Nikel (Ni)

En yüksek Ni konsantrasyonu 0,958 mg/kg olarak sazanda kaydedilmiştir. Gökkuşığı alabalığı, levrek, istavrit ve Atlantik salmonunda Ni konsantrasyonu en az bir kez deteksiyon limitinin altında tespit edilmiştir. Ortalama Ni konsantrasyonları 0,016-0,254 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ortalama Ni konsantrasyonlarına göre balık türleri barbun> sazan> hamsi> Atlantik salmonu> çipura> iskarmoz> istavrit> gökkuşığı alabalığı> kupes> levrek şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.9.1.). Ortalama Ni konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.).

**Tablo 3.9.1.** İncelenen balık türlerindeki Ni düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Ni	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,234	0,038	0,016	0,106	0,044	0,065	0,029	0,067	0,254	0,061
Std. sapma	0,407	0,032	0,019	0,089	0,056	0,059	0,015	0,062	0,179	0,031
Minimum	0,024	0	0	0,042	0	0,006	0,015	0	0,113	0,007
Maksimum	0,958	0,085	0,038	0,259	0,139	0,164	0,052	0,169	0,527	0,083
Ortanca	0,036	0,033	0,007	0,066	0,023	0,049	0,026	0,055	0,157	0,067

### 3.10. Kurşun (Pb)

Bu çalışmada en yüksek Pb konsantrasyonu 0,234 mg/kg olarak barbunda belirlenmiştir. Pb konsantrasyonu levrek ve iskarmoz türlerine ait örneklerin tümünde deteksiyon limitinin altında tespit edilirken, diğer 8 balık türünde en az bir kez deteksiyon limitinin altında bulunmuştur. Ortalama Pb değerleri 0-0,107 mg/kg arasında değişmiş olup, ortalama Pb değerlerine göre balık türleri Atlantik salmonu> barbun> sazan> gökkuşığı alabalığı> kupes> istavrit> hamsi> çipura> levrek= iskarmoz şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.10.1.). Ortalama Pb konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar belirlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.). Balık türlerinde kaydedilen ortalama Pb değerleri, FSANZ (2013), MHPRC (2013), EC (2006) ve WHO/FAO (2015) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerlerin altında bulunmuştur (Tablo 3.11.3.).

**Tablo 3.10.1.** İncelenen balık türlerindeki Pb düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Pb	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	0,058	0,053	0	0,018	0,020	0,006	0,025	0,107	0,069	0
Std. sapma	0,079	0,069	0	0,025	0,034	0,013	0,046	0,099	0,096	0
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	0,172	0,163	0	0,052	0,078	0,028	0,106	0,210	0,234	0
Ortanca	0,008	0,025	0	0	0	0	0	0,154	0,053	0

### 3.11. Çinko (Zn)

En yüksek Zn konsantrasyonu 48,84 mg/kg ile hamside, en düşük Zn konsantrasyonu ise 2,22 mg/kg ile iskarmozda belirlenmiştir. Ortalama Zn konsantrasyonları 2,48-39,52 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Balık türlerinin ortalama Zn konsantrasyonları hamsi> istavrit> sazan> gökkuşığı alabalığı> çipura> kupes> levrek> Atlantik salmonu> barbun> iskarmoz şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.11.1.). Ortalama Zn konsantrasyonları açısından çalışmada incelenen türler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.11.2.). Balık türleri arasında sadece hamsi ve istavritte kaydedilen ortalama Zn değerleri, FAO (1983) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değer üstünde bulunmuştur (Tablo 3.11.3.).

**Tablo 3.11.1.** İncelenen balık türlerindeki Zn düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Zn	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Ortalama	7,87	5,29	4,25	39,52	39,28	4,72	4,56	3,27	3,03	2,48
Std. sapma	2,72	0,93	0,45	8,53	5,70	0,50	1,05	0,55	0,77	0,27
Minimum	4,15	4,26	3,52	30,65	33,94	3,90	3,64	2,79	2,31	2,22
Maksimum	10,57	6,54	4,60	48,84	46,54	5,18	5,96	3,98	4,29	2,94
Ortanca	7,81	4,89	4,49	37,68	37,63	4,78	3,92	3,04	2,95	2,40

**Tablo 3.11.2.** İncelenen balık türlerindeki metallerin ortalama düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık) ve türler arasındaki istatistiksel farklar

	Sazan	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz
Al	0,89	0,74	0,61	1,23	0,56	1,45	0,29	0,27	0,54	0,53
As	0,37 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	50,34 <sup>b</sup>	1,16 <sup>a</sup>
Cd	0,0019 <sup>a</sup>	0,0078 <sup>abc</sup>	0,0027 <sup>ab</sup>	0,0026 <sup>ab</sup>	0,0092 <sup>c</sup>	0,0036 <sup>abc</sup>	0,0013 <sup>a</sup>	0,0022 <sup>ab</sup>	0,0016 <sup>a</sup>	0,0085 <sup>bc</sup>
Co	0,081 <sup>bc</sup>	0,043 <sup>ab</sup>	0,047 <sup>abc</sup>	0,078 <sup>bc</sup>	0,100 <sup>c</sup>	0,015 <sup>a</sup>	0,026 <sup>ab</sup>	0,029 <sup>ab</sup>	0,014 <sup>a</sup>	0,010 <sup>a</sup>
Cr	0,074	0,033	0,040	0,076	0,030	0,031	0,022	0,042	0,028	0,020
Cu	0,45 <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,90 <sup>c</sup>	0,74 <sup>d</sup>	0,15 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,51 <sup>a</sup>
Fe	5,30 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	5,17 <sup>a</sup>	21,36 <sup>b</sup>	10,61 <sup>c</sup>	2,73 <sup>a</sup>	4,05 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	2,68 <sup>a</sup>	4,80 <sup>a</sup>
Mn	0,183 <sup>a</sup>	0,146 <sup>a</sup>	0,227 <sup>a</sup>	2,023 <sup>b</sup>	0,332 <sup>a</sup>	0,127 <sup>a</sup>	0,093 <sup>a</sup>	0,228 <sup>a</sup>	0,177 <sup>a</sup>	0,140 <sup>a</sup>
Ni	0,234 <sup>ab</sup>	0,038 <sup>ab</sup>	0,016 <sup>a</sup>	0,106 <sup>ab</sup>	0,044 <sup>ab</sup>	0,065 <sup>ab</sup>	0,029 <sup>a</sup>	0,067 <sup>ab</sup>	0,254 <sup>b</sup>	0,061 <sup>ab</sup>
Pb	0,058 <sup>ab</sup>	0,053 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0,018 <sup>a</sup>	0,020 <sup>a</sup>	0,006 <sup>a</sup>	0,025 <sup>ab</sup>	0,107 <sup>b</sup>	0,069 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>
Zn	7,87 <sup>a</sup>	5,29 <sup>ab</sup>	4,25 <sup>ab</sup>	39,52 <sup>c</sup>	39,28 <sup>c</sup>	4,72 <sup>ab</sup>	4,56 <sup>ab</sup>	3,27 <sup>ab</sup>	3,03 <sup>ab</sup>	2,48 <sup>b</sup>

Farklı harfler her bir metal için türler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (Duncan testi, p<0,05)

Ortalama Al ve Cr konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar saptanmazken, ortalama As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn konsantrasyonları açısından türler arasında fark istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur.

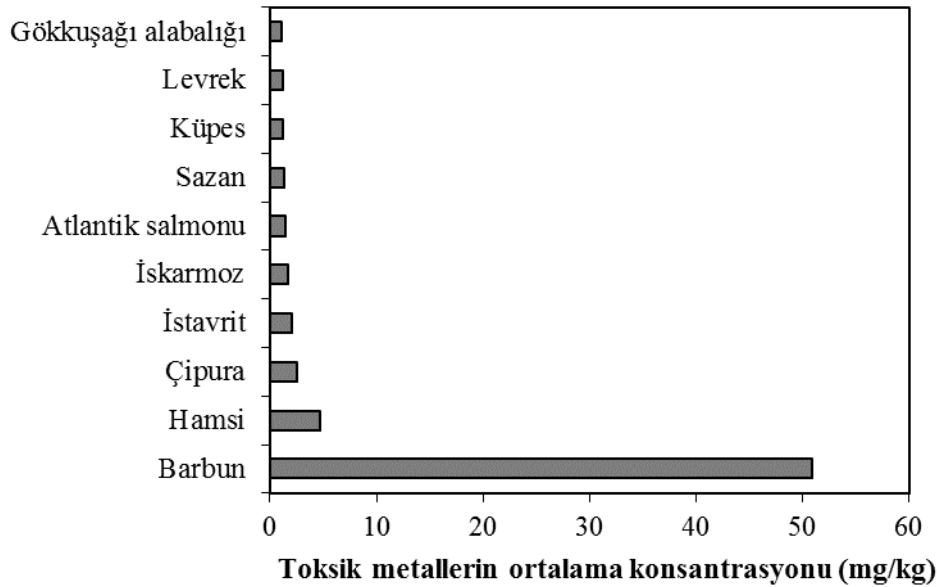
**Tablo 3.11.3.** Balıklarda bulunmasına izin verilen maksimum metal konsantrasyonları ile bu çalışma belirlenen metallerin ortalama değerleri (birimler mg/kg yaş ağırlık)

	iAs	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	
Sazan	0,0111	0,0019	0,074	0,45	0,058	7,87	Bu çalışma
Gökkuşığı alabalığı	0,0072	0,0078	0,033	0,27	0,053	5,29	
Levrek	0,0183	0,0027	0,04	0,2	0	4,25	
Hamsi	0,1041	0,0026	0,076	0,9	0,018	39,52	
İstavrit	0,0423	0,0092	0,03	0,74	0,02	39,28	
Çipura	0,0339	0,0036	0,031	0,15	0,006	4,72	
Kupes	0,0282	0,0013	0,022	0,24	0,025	4,56	
Atlantik salmonu	0,0327	0,0022	0,042	0,24	0,107	3,27	
Barbun	1,5102	0,0016	0,028	0,2	0,069	3,03	
İskarmoz	0,0348	0,0085	0,02	0,51	0	2,48	
<i>Maksimum izin verilen değerler</i>							
Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları	2				0,5		FSANZ (2013)
Çin Halk Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı	0,1	0,1	2,0		0,5		MHPRC (2013)
Avrupa Komisyonu		0,05			0,3		EC (2006)
Kodeks Alimentarius Komisyonu					0,3		WHO/FAO (2015)
Gıda ve Tarım Örgütü				30		30	FAO (1983)

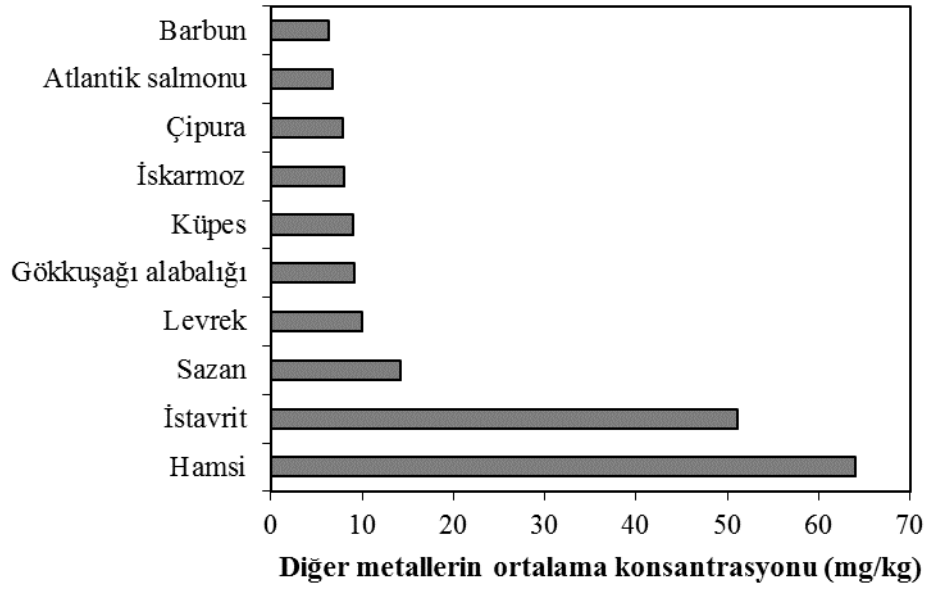
Araştırmada elde edilen sonuçlar standartlarla karşılaştırıldığında (Tablo3.11.3.) türler arasında sadece barbun (1,5102 mg/kg) ve hamsiye (0,1041 mg/kg) ait ortalama inorganik As değerleri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerin (0,1 mg/kg) üzerinde saptanmıştır. Yine hamsi ve istavritte kaydedilen ortalama Zn değerleri, FAO (1983) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerin üstünde bulunmuştur. Diğer bulgular ise izin verilen limit değerlerinin içerisinde bulunmuştur.

### 3.12. Toksik ve Toksik Olmayan Metaller

Şekil 3.12.1. toksik metaller (Al, As, Cd ve Pb) ve diğer toksik olmayan metallerin (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn) ortalama konsantrasyonlarına göre balık türlerinin nasıl sıralandığı göstermektedir. Bu çalışmada en yüksek toksik metal içeriğine sahip balığın barbun olduğu, en düşük toksik metal içeriğine sahip balığın ise gökkuşığı alabalığı olduğu belirlenmiştir. Toksik olmayan metaller açısından en yüksek içeriğe sahip tür hamsi olarak belirlenirken, en düşük içeriğe sahip tür ise barbun olarak belirlenmiştir (Şekil 3.12.2.).



Şekil 3.12.1. Toksik metallerin (Al, As, Cd ve Pb) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı



**Şekil 3.12.2.** Toksik metaller dışındaki diğer metallerin (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı

### 3.13. Balık Boyu ve Ağırlığı ile Metal Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler

Balık türlerine ait örneklerin total boy ve ağırlıkları ile her bir balık türüne ait örneklerde tespit edilen metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiler Tablo 3.13.1.'de verilmiştir. Balık türleri arasında istatistiksel açıdan özellikle barbun ve sazan gibi türlere ait örneklerin boy ve ağırlıkları arasında belirgin farklar olduğu için bu türlerin boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasında önemli ilişkiler saptanmıştır. Örneğin barbunun hem boy ve hem ağırlık değerleri, As ve Ni konsantrasyonları ile pozitif bir ilişki sergilerken, sazanın boy değerleri As, Cr ve Ni konsantrasyonları ile pozitif bir korelasyon göstermiştir. Balık türleri arasında sadece istavritin boy değerleri ile metal (As) konsantrasyonları arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur.

**Tablo 3.13.1.** Balık türlerinin total boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak önemli olan korelasyonlar ( $p < 0,05$ )

		Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Sazan	Boy		0,92			0,95				0,97		
	Ağırlık			0,87								
G. alabalığı	Boy	0,85						0,84	0,9			
	Ağırlık							0,89				
Levrek	Boy											
	Ağırlık											
Hamsi	Boy					0,93				0,85		
	Ağırlık											
İstavrit	Boy		-0,81									
	Ağırlık											
Çipura	Boy											
	Ağırlık											
Kupes	Boy											
	Ağırlık								0,84			
A. salmonu	Boy				0,86		0,87					
	Ağırlık				0,86							
Barbun	Boy		0,97							0,97		
	Ağırlık	0,94	0,95							0,99		0,92
İskarmoz	Boy											
	Ağırlık											

### 3.14. Risk Değerlendirmesi

10 balık türünde belirlenen 11 metalin tahmini günlük alım değerleri Tablo 3.14.1.'de verilmiştir. Sazan, gökkuşuğu alabalığı, hamsi, istavrit, çipura, kupes, Atlantik salmonu ve barbunda Zn elementinin EDI değerleri diğer elementlerin EDI değerlerinden daha yüksek belirlenirken, levrek ve iskarmozda Fe elementinin EDI değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca her bir balık türü için hesaplanan her bir elementin EDI değeri, o element için belirlenmiş olan tolere edilebilir günlük alım değerinden (TDI) çok daha düşük bulunmuştur (Tablo 3.14.1.).

Tablo 3.14.2.'de 10 balık türünde belirlenen 11 metalin hedef tehlike katsayısını (THQ) göstermektedir. Tüm balık türlerindeki metallere ait THQ değerleri eşik değer olan 1'den küçük bulunmuştur. Ayrıca THQ değerlerinin toplamını ifade eden tehlike indeksi (HI) değerleri de hesaplanmıştır. Tabloda gösterildiği gibi HI değerleri de 1'den daha az tespit edilmiştir.

İnorganik As için hesaplanan kanser risk değerleri Tablo 3.14.2.'de verilmiştir. Bu çalışmada CR değerleri  $1,32 \times 10^{-4}$  ve  $9,71 \times 10^{-7}$  arasında değişim göstermiştir. En düşük risk değerleri sazan ve gökkuşuğu alabalıkta için, en yüksek risk değeri ise barbunda belirlenmiştir.



**Tablo 3.14.1.** Balık türlerinde 11 metal için hesaplanan EDI değerleri ve bu metaller için belirlenen TDI değerleri

	Sazan	Gökkuşuğu alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz	TDI (µg/kg/ vücut ağırlığı/gün)
<i>Tahmini günlük alım (EDI)</i>											
Al	0,1458	0,1212	0,0999	0,2015	0,0917	0,2375	0,0475	0,0442	0,0885	0,0868	290 (JECFA, 2011a)
As	0,0018	0,0012	0,0030	0,0171	0,0069	0,0056	0,0046	0,0054	0,2474	0,0057	2,14 (JECFA, 1989)
Cd	0,0003	0,0013	0,0004	0,0004	0,0015	0,0006	0,0002	0,0004	0,0003	0,0014	0,8 (JECFA, 2011b)
Co	0,0133	0,0070	0,0077	0,0128	0,0164	0,0025	0,0043	0,0048	0,0023	0,0016	8,6 (EFSA, 2009)
Cr	0,0121	0,0054	0,0066	0,0124	0,0049	0,0051	0,0036	0,0069	0,0046	0,0033	300 (EFSA, 2014)
Cu	0,0737	0,0442	0,0328	0,1474	0,1212	0,0246	0,0393	0,0393	0,0328	0,0835	500 (JECFA, 1982)
Fe	0,8682	0,5455	0,8469	3,4991	1,7381	0,4472	0,6634	0,4669	0,4390	0,7863	800 (JECFA, 1983)
Mn	0,0300	0,0239	0,0372	0,3314	0,0544	0,0208	0,0152	0,0373	0,0290	0,0229	140 (USEPA, 2016)
Ni	0,0383	0,0062	0,0026	0,0174	0,0072	0,0106	0,0048	0,0110	0,0416	0,0100	12 (WHO, 2011)
Pb	0,0095	0,0087	0	0,0029	0,0033	0,0010	0,0041	0,0175	0,0113	0	1.50 (EFSA, 2010)
Zn	1,2892	0,8666	0,6962	6,4739	6,4346	0,7732	0,7470	0,5357	0,4964	0,4063	300 (JECFA, 1982)

**Tablo 3.14.2.** Balık türlerinde 11 metalin THQ değerleri ve inorganik As için hesaplanan CR değerleri

	Sazan	Gökkuşuğu alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Kupes	Atlantik salmonu	Barbun	İskarmoz	Rfd (µg/kg/ vücut ağırlığı/gün)
<i>Hedef tehlike katsayısı (THQ)</i>											
Al	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	1 (USEPA, 2018)
As	5,81E-03	3,77E-03	9,58E-03	5,45E-02	2,21E-02	1,78E-02	1,48E-02	1,71E-02	7,91E-01	1,82E-02	0,0003 (USEPA, 2018)
Cd	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	0,001 (USEPA, 2018)
Co	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	0,003 (Finley ve ark., 2012)
Cr	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	0,003 (USEPA, 2018)
Cu	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	0,04 (USEPA, 2018)
Fe	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	0,7 (USEPA, 2018)
Mn	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	0,14 (USEPA, 2018)
Ni	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	0,02 (USEPA, 2018)
Pb	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	0,0015 (EFSA, 2010)
Zn	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	0,3 (USEPA, 2018)
HI	1,03E-01	1,01E-01	1,07E-01	1,52E-01	1,20E-01	1,15E-01	1,12E-01	1,15E-01	8,88E-01	1,16E-01	
<i>Kanserojenik risk (CR)</i>											
As	9,71E-07	6,30E-07	1,60E-06	9,11E-06	3,70E-06	2,97E-06	2,47E-06	2,86E-06	<b>1,32E-04</b>	3,05E-06	

#### 4. TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında 10 farklı balık türünde belirlenen metallerin ortalama konsantrasyonları, çeşitli sucul çevrelerde yürütülmüş önceki çalışmalar tarafından rapor edilen metal konsantrasyonları ile karşılaştırılmıştır (Tablo 4.1.).

**Tablo 4.1.** Çalışılan balık türlerinde farklı lokasyonlarda rapor edilen ortalama metal konsantrasyonları (Orijinal değerler kuru ağırlık üzerinden verilmiştir ve burada yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır (yaş ağırlık= kuru ağırlık/4) TL: tespit limiti)

	Lokasyon	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Literatür
Sazan	Kahramanmaraş	0,89	0,37	0,0019	0,081	0,074	0,45	5,3	0,183	0,234	0,058	7,87	Bu çalışmada
	Keban Baraj Gölü		0,0759	0,0012	0,73	0,9	0,61	8,2	0,76	0,88	0,041	9,8	Varol ve Sünbül (2018)
	Altinyazı Baraj Gölü			0,227		2,9	0,145	26,2	0,95		17,56	0,766	Çetin ve ark. (2016)
	Karacaören Baraj Gölü			0,488	0,62	3,03	0,46	0,79	2,23	0,305	0,475	3,28	Kalyoncu ve ark. (2012) <sup>a</sup>
G. alabalığı		0,74	0,24	0,0078	0,043	0,033	0,27	3,33	0,146	0,038	0,053	5,29	Bu çalışmada
	Keban Baraj Gölü		0,0855	0,00038	0,52	0,81	0,42	3,52	0,82	0,89	0,0542	4,42	Varol ve Sünbül (2017)
	Karakaya Baraj Gölü		0,074	0,0005	0,745	0,527	0,385	7,14	0,746	1,039	0,053	3,39	Varol ve ark. (2017)
	İran		0,234	0,024	0,047	0,141	5,45	3,87	1,57	0,095	0,277	5,24	Fallah ve ark. (2011) <sup>a</sup>
Levrek		0,61	0,61	0,0027	0,047	0,04	0,2	5,17	0,227	0,016	0	4,25	Bu çalışmada
	Karadeniz		0,29	3,09				5,96	0,18	<TL	<TL		Aydın ve Tokaloğlu (2015)
	İskenderun Körfezi			0,03	0,1	0,27	1,06	33,3	0,45	1,02	0,48	10,7	Türkmen ve ark. (2009)
	Ege Denizi, Yunanistan	<TL	1,06	<TL	0	0,06	<TL	5,49		<TL	<TL	6,38	Kalantzi ve ark. (2013)
Hamsi		1,23	3,47	0,0026	0,078	0,076	0,9	21,36	2,023	0,106	0,018	39,52	Bu çalışmada

	Karadeniz		0,25	0,27		1,12	1,96	75,7	9,1	1,93	0,3	38,8	Tuzen (2009)
	Karadeniz		0,46	0,075	0,0075	0,168	0,35		0,15	0,068	0,0075	2,058	Alkan ve ark. (2016) <sup>a</sup>
	Sinop, Karadeniz	0,27		0,068			1,72	5,98		0,228	0,355	11,2	Gundogdu ve ark. (2016) <sup>a</sup>
İstavrit		0,56	1,41	0,0092	0,1	0,03	0,74	10,61	0,332	0,044	0,02	39,28	Bu çalışmada
	İskenderun Körfezi					1,28	1,29	41,84		0,94	1,03	19,55	Yılmaz (2003)
	İskenderun Körfezi			0,27		0,06	1,82	3,42	0,38	0,24	0,35	2,27	Ersoy ve Çelik (2009)
	Bartın, Karadeniz			0,3	0,17	0,5	1,68	57,6	1,92	0,62	1,31	8,15	Türkmen ve ark. (2008)
Çipura		1,45	1,13	0,0036	0,015	0,031	0,15	2,73	0,127	0,065	0,006	4,72	Bu çalışmada
	Karadeniz		0,39	3,3				0,58	0,09	<TL	<TL		Aydın ve Tokaloğlu (2015)
	Ege Denizi	<TL	2,99	<TL	<TL	0,15	<TL	2,77		<TL	<TL	4,99	Kalantzi ve ark. (2013)
	Adana			0,13	0,08	0,3	1,33	47,2	1,04	0,2	0,52	11,1	Türkmen ve ark., 2012
Kupes		0,29	0,94	0,0013	0,026	0,022	0,24	4,05	0,093	0,029	0,025	4,56	Bu çalışmada
	İyonya Denizi, Yunanistan	2,29	0,66	<TL	<TL	0,07	0,23	3,07	-	<TL	0,02	3,98	Kalantzi ve ark. (2013)
	Ege Denizi			0,2			0,85				0,8	30	Zyadah ve Choukhi (1999)
	Antalya Körfezi			0,0078		0,12	2,83	12,47	0,16	0,135	0,138	4,58	Özan (2014) <sup>a</sup>
A. salmonu		0,27	1,09	0,0022	0,029	0,042	0,24	2,85	0,228	0,067	0,107	3,27	Bu çalışmada
	Norveç		0,047	0							0,004		Olmedo ve ark. (2013)
	Şili		0,34	0,47	0,08		2,6	26,07	5,07		0,088	39,3	Medeiros ve ark. (2014)
				0,095		0,866	0,512			0,472	0,955		Yaman ve Yaman (2017)
Barbun		0,54	50,34	0,0016	0,014	0,028	0,2	2,68	0,177	0,254	0,069	3,03	Bu çalışmada
	Ordu, Karadeniz		13,97	0,25	0,17		1,14	29,4	7,51	0,85	0,37	19,81	Durmuş ve ark. (2018)
	Mersin		10,24	<TL		1,54	0,72	10,4	0,33	0,14	0,16	17,12	Korkmaz ve ark. (2017)
	Karadeniz		0,11	0,17		1,35	0,96	53,2	2,76	1,55	0,36	75,5	Tuzen (2009)
Iskarmoz		0,53	1,16	0,0085	0,01	0,02	0,51	4,8	0,14	0,061	0	2,48	Bu çalışmada
	Akdeniz, Mısır			0,46	0,65		0,59	6,96	0,7			4,5	Abdallah ve Abdallah (2008) <sup>a</sup>
	Mersin Körfezi						0,31	20,18			1,47	6,79	Külcü ve ark. (2014) <sup>a</sup>
	İskenderun Körfezi			<TL	0,05	0,35	0,9	36,9	0,19	0,47	0,36	6,9	Türkmen ve ark. (2009)

Bu çalışmada sazan için belirlenen ortalama As, Cd ve Pb değerleri, Keban Baraj Gölü'ndeki sazan için rapor edilen değerlerden daha yüksek bulunurken, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn değerleri daha düşük bulunmuştur (Varol ve Sünbül (2018). Bununla birlikte bu çalışmadaki ortalama Cd, Cr, Mn ve Pb değerleri, Altinyazı ve Karacaören baraj göllerinde sazan için rapor edilen değerlerden daha düşük tespit edilmiştir (Çetin ve ark., 2016; Kalyoncu ve ark., 2012).

Gökkuşığı alabalığında belirlenen ortalama As değeri, Keban ve Karakaya baraj göllerinde gökkuşığı alabalıkları için rapor edilen değerlerden daha yüksek (Varol ve Sünbül, 2017; Varol ve ark., 2017), İran'da yetiştirilen gökkuşığı alabalığı için rapor edilen As değerine yakın belirlenmiştir (Fallah ve ark., 2011). Ortalama Cd değeri ise İran'dan rapor edilen değerden çok düşük, Keban ve Karakaya baraj gölleri için rapor edilen değerlerden yüksek bulunmuştur. Ayrıca ortalama Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni değerleri, hem İran hem de Keban ve Karakaya baraj gölleri için rapor edilen değerlerden düşük bulunurken, ortalama Zn değeri daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1.'de gösterildiği gibi, Aydın ve Tokaloğlu (2015) tarafından Karadeniz'de levrek için rapor edilen Cd ve Fe değerlerinin, bu tez çalışmasında belirlenen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen ortalama As, Cr, Fe ve Zn değerleri, Kalantzi ve ark. (2013) tarafından Ege Denizi'nde levrek için rapor ettiği değerlerden daha düşük bulunmuştur. Türkmen ve ark. (2009) tarafından İskenderun Körfezi'nde yürütülen bir çalışmada ise ortalama Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerlerinin bu tez çalışmasındaki değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında hamside tespit edilen ortalama As ve Zn değerleri, Karadeniz'de hamsi için rapor edilen değerlerden daha yüksek bulunurken, Cd ve Cr değerleri ise daha düşük bulunmuştur (Tuzen, 2009; Alkan ve ark., 2016; Gundogdu ve ark., 2016). Ayrıca bu çalışmada hamsiye ait ortalama Pb değerinin, Tuzen (2009) ve Gundogdu ve ark. (2016) tarafından rapor edilen Pb değerlerinden daha düşük olduğu, Alkan ve ark. (2016) tarafından rapor edilen Pb değerinden ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.1.'de gösterildiği gibi, bu tez çalışmasında istavritte belirlenen ortalama Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb değerlerinin, İskenderun Körfezi (Ersoy ve Çelik, 2009; Yılmaz, 2003) ve Karadeniz'de (Türkmen ve ark., 2008) istavrit için rapor edilen değerlerden daha düşük olduğu, Zn değerinin ise daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada çipurada belirlenen ortalama Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Pb ve Zn değerleri, Ege Denizi (Kalantzi ve ark., 2013) ve Adana'dan (Türkmen ve ark., 2012) alınan çipura örnekleri için rapor edilen değerlerden düşük olarak bulunmuştur. Ayrıca ortalama As, Fe, Mn değerleri, Karadeniz'den (Aydın ve Tokaloğlu, 2015) alınan örneklerde tespit edilen değerlerden yüksek bulunurken, ortalama Cd değeri ise çok daha düşük bulunmuştur.

Kupeste tespit edilen ortalama As, Co, Cu, Fe, Pb, Zn değerleri, Kalantiz ve ark. (2013) tarafından İyonya Denizi'nde kupes için belirlenen değerlerden yüksek, Al ve Cr değerlerinden düşük bulunmuştur. Ayrıca bu tez çalışmasında, Antalya Körfezi'nde (Özan, 2014) kupeste belirlenen ortalama Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerlerinden daha düşük değerler tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında Atlantik salmonu için belirlenen ortalama As ve Pb değerleri, hem Norveç menşeli (Olmedo ve ark., 2013) hem de Şili menşeli (Medeiros ve ark., 2014) Atlantik salmonu için belirlenen As ve Pb değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bununla karşın, ortalama Cd, Co, Cu, Fe, Mn ve Zn değerleri, Şili menşeli Atlantik salmonu için rapor edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur.

Tablo 4.1.'de gösterildiği gibi, bu tez çalışmasında barbunda belirlenen ortalama As değerinin, Karadeniz (Durmuş ve ark., 2018 ; Tuzen, 2009) ve Mersin'de (Korkmaz ve ark., 2017) barbun için belirlenen As değerinden çok daha yüksek olduğu belirlenirken, ortalama Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada ıskarmozda belirlenen ortalama Cd, Co, Cu, Fe, Mn ve Zn değerleri, Mısır'da (Akdeniz) ıskarmoz (Abdallah ve Abdallah, 2008) için rapor edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Ayrıca ortalama Fe ve Zn değerleri, Mersin (Külcü ve ark., 2014) ve İskenderun (Türkmen ve ark., 2009) körfezlerinde ıskarmoz için rapor edilen değerlerden daha düşük olduğu, Cu değerinin ise yakın olduğu belirlenmiştir.

## 5. SONUÇ

Balık çiftliklerinde yetiştirilen gökkuşacağı alabalığı, levrek ve Atlantik salmonu gibi türlerin daha düşük toksik metal içeriklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, bu sonuçlara dayanarak toksik metal içerikleri yönünden kültür balıklarının daha güvenilir olduğu söylenebilir. Ayrıca incelenen balık türleri yaşadıkları çevrelere göre değerlendirildiğinde, en yüksek toksik metal konsantrasyonu demersal bir balık olan barbunda tespit edilmiştir. Barbunun toksik metal içeriği, en yüksek ikinci toksik metal içeriğine sahip pelajik bir balık olan hamsinin yaklaşık 11 katı daha yüksek bulunmuştur. Bulgularımıza benzer olarak, Naccari ev ark. (2015) deniz tabanının hemen üstünde yaşadıkları için sedimentten metalleri absorbe etmeleri ve yüksek miktarda metal içeriğine sahip olan zoobentik organizmalarla beslenmeleri nedeniyle, demersal balıkların diğer türlerden daha yüksek metal düzeylerini vücutlarında biriktirdiklerini rapor etmişlerdir.

Bazı çalışmalar balıkların büyüklükleri (ağırlık ve boy) ile balıkların kas dokusundaki metal konsantrasyonları arasında pozitif korelasyonlar bulunduğunu (Bashir ve ark., 2012; Yi ve Zhang, 2012), bazı çalışmalar negatif korelasyonlar bulunduğunu (Agah ve ark., 2009; Canli ve Atli, 2003), bazı çalışmalar da balıkların büyüklükleri ile metal konsantrasyonları arasında önemli korelasyonlar bulunmadığını rapor etmişlerdir (Gaspic ve ark., 2002). Bu tez çalışmasında ise barbun, sazan, gökkuşacağı alabalığı, hamsi ve Atlantik salmonuna ait ağırlık veya boy değerleri bazı metallerle pozitif bir korelasyon göstermiştir.

### 5.1. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi

Bu çalışmada ortalama inorganik As konsantrasyonları barbun ve hamside, ortalama Zn konsantrasyonları ise hamsi ve istavritte uluslararası gıda standartları tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerleri geçmiştir. Ortalama Cd, Cr, Cu ve Pb konsantrasyonları ise tüm balık türlerinde maksimum izin verilen değerlerin altında bulunmuştur. Barbunda kaydedilen ortalama inorganik As değeri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen maksimum izin verilen inorganik As değerinin 15 katı daha yüksek bulunmuştur. Hamside kaydedilen ortalama inorganik As değeri ise maksimum izin verilen

değerin çok az üstünde tespit edilmiştir. Hamsi ve istavrite ait ortalama Zn konsantrasyonları, FAO (1983) tarafından önerilen maksimum izin verilen Zn değerinin 1,3 katı daha yüksek bulunmuştur.

Bu çalışmada 10 balık türünde araştırılan 11 metal için hesaplanan EDI değerleri, her bir metal için belirlenmiş olan TDI değerinden çok daha düşük bulunmuştur (Tablo 3.14.2.). Bu sonuçlar, incelenen balık türlerinin yenilmesi sonucu insan vücuduna giren 11 metale ait günlük alım miktarının, tüketiciler için sağlık risklerine neden olmadığını göstermektedir. Ayrıca, 10 balık türünde belirlenen 11 metalin THQ değerleri eşik değer olan 1'den düşük bulunmuştur. THQ değerlerinin toplamını ifade eden HI değerleri de her bir balık türünde 1'den düşük tespit edilmiştir. Bununla birlikte, incelenen balık türleri arasında barbun balığında inorganik As için hesaplanan THQ değeri ve HI değeri eşik değer olan 1'e yakın bulunmuştur. Dolayısıyla barbun balığının tüketilmesi sonucu insan vücuduna inorganik As alımından dolayı, insanlarda kanser dışı önemli sağlık problemleri meydana gelebilir.

Bu çalışmada, balık türlerinde tespit edilen inorganik As için kanser risk değerleri de hesaplanmış ve CR değerlerinin balık türlerinde  $1,32 \times 10^{-4}$  ve  $9,71 \times 10^{-7}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Genel olarak CR değerleri  $<10^{-6}$  (kansere yakalanma olasılığı 1:1000000) olduğunda önemsiz (ihmal edilebilir), CR değerleri  $>10^{-4}$  (kansere yakalanma olasılığı 1:10000) olduğunda kabul edilemez (risk yüksek), CR değerleri  $10^{-4}$  ve  $10^{-6}$  arasında olduğunda kabul edilebilir aralıkta olduğu varsayılır. Bu çalışmada, sazan ve gökkuşakı alabalığı için hesaplanan CR değerleri  $<10^{-6}$ , levrek, hamsi, istavrit, çipura, kupes, Atlantik salmonu ve iskarmoz için hesaplanan CR değerleri  $10^{-4}$  ve  $10^{-6}$  arasında, barbun için hesaplanan CR değeri ise  $>10^{-4}$  olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, barbun balığının tüketilmesi sonucu inorganik arseniğe maruz kalan insanların kansere yakalanma riski bulunmaktadır. CR değerlerine göre sazan ve gökkuşakı alabalığı türlerinin insanlar tarafından tüketilmesinin sağlık açısından daha güvenli olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, uluslararası gıda standartlarının belirlemiş olduğu balıklarda bulunmasına izin verilen maksimum metal değerleri ile yapılan karşılaştırmaya ve balık türleri için hesaplanan THQ, HI ve CR değerlerine göre, barbun hariç incelenen balık türlerinin tüketilmesinin insan sağlığı için önemli bir risk oluşturmadığı bu tez çalışması ile ortaya konmuştur.

## 6. ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlara göre sağlığını korumak için demersal balık türlerden ziyade pelajik balık türleri tercih edilmelidir. Günümüz için barbun dışındaki incelenen balık türleri sağlık riski oluşturmasalar da balıklar çevre kirliliğinin indikatörü olduğu için ağır metal seviyeleri düzenli olarak kontrol edilmeli ve ağırmetal kirliliğine neden olabilecek kaynaklar için önlemler alınmalıdır.



## KAYNAKLAR

- Abdallah M. A. M., Abdallah A. M. A.,** 2008. Biomonitoring study of heavy metals in biota and sediments in the South Eastern coast of Mediterranean sea, Egypt. *Environ Monit Assess.* 146:139–145
- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R., Baeyens W.,** 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environ Monit Assess* 157:499–514
- Akbal, A., Reşorlu, H., Savaş, Y.,** 2015. Ağır Metallerin Kemik Doku Üzerine Toksik Etkileri. *Türk Osteoporoz Dergisi* 21: 30-3
- Alkan, N., Alkan, A., Gedik K.,** 2016. Assessment of metal concentrations in commercially important fish species in Black Sea. *Toxicology and Industrial Health.* 32(3) 447–456
- Anton, A., Serrano, T., Angulo, E., Ferrero, G. And Rallo, A.,** 2000. The use of two species of crayfish as environmental quality sentinels: the relationship between heavy metal content, cell and tissue biomarkers and physico-chemical characteristics of the environment. *The Science of the Total Environment* 247: 239-251.
- ATDSR.,** 2011. The priority list of hazardous substances, agency for toxic substances and disease registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>, 22 Şubat 2018
- Aydın, E. M. ve Yıldız, S.,** 2004. Konya Ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin ICPAES tekniği ile incelenmesi, I. Ulusal Çevre Kongresi, Konya.
- Aydın, D., Tokaloğlu, Ş.,** 2015. Trace metals in tissues of the six most common fish species in the Black Sea, Turkey. *Food Additives & Contaminants. Part B*, 8:1, 25-31
- Bashir, F. A., Othman, M. S., Mazlan A. G.,** 2012. Evaluation of Trace Metal Levels in Tissues of Two Commercial Fish Species in Kaparand Mersing Coastal Waters, Peninsular Malaysia. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Environmental and Public Health.* 10.1155/2012/352309
- Canli, M., Atli, G.,** 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution* 121, 129–136

- Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S., Ferrante, M.,** 2013. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories. *Food Chem. Toxicol.* 53, 33–37.
- Çetin, E., Güher, H., Gaygusuz, Ç. G.,** 2016. Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne-Türkiye) Yaşayan Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi. *Turkish Journal Of Aquatic Sciences.* 31(1): 1-14
- Demirci, Z.,** 2010. Karadenizde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Eser Elementlerin Tayini, *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Tokat.
- Durmuş, M., Kosker, A. R., Ozogul, Y., Aydin, M., Uçar, Y., Ayas, D., Ozogul F.,** 2018. The effects of sex and season on the metal levels and proximate composition of red mullet (*Mullus barbatus* Linnaeus 1758) caught from the Middle Black Sea. *Human And Ecological Risk Assessment* 24, 3, 731–742
- EC (Commission of the European Communities),** 2006. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006: setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union Legislation* 364.
- EFSA (European Food Safety Authority),** 2009. Scientific Opinion on the use of cobalt compounds as additives in animal nutrition. *EFSA J.* 7(12), 1383.
- EFSA (European Food Safety Authority),** 2010. Scientific Opinion on lead in food. *EFSA J.* 8(4), 1570.
- EFSA (European Food Safety Authority),** 2014. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium. *EFSA J.* 12(10), 3845.
- Ercan, O., Şahin, A.,** 2016. Kahramanmaraş Kent Merkezinde Balık Eti Tüketim Analizi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.* 19(1), 51-65
- Ersoy, B., Çelik, M.,** 2009. Essential elements and contaminants in tissues of commercial pelagic fish from the Eastern Mediterranean Sea. *JSci Food Agric* 89: 1615–1621
- Fallah, A.A., Saei-Dehkordi, S.S., Nematollahi, A., Jafari, T.,** 2011. Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique. *Microchem. J.* 98, 275–279.
- FAO (Food and Agriculture Organization),** 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fishery Circular No. 464.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- Finley, B.L., Monnot, A.D., Paustenbach, D.J., Gaffney, S.H.,** 2012. Derivation of a chronic oral reference dose for cobalt. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 64, 491–503.
- FSANZ** (Food Standards Australia and New Zealand), 2013. Australia New Zealand Food Standards Code, Standard 1.4.1, Contaminants and natural toxicants. <http://www.legislation.gov.au/Details/F2013C00140/> (accessed 14.12.16).
- Gaspic, Z.K., Zvonaric, T., Vrgoc, N., Odzak, N., Baric A.,** 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. *Water Research* 36, 5023–5028
- Griboff, J., Wunderlin, D.A., Monferran, M.V.,** 2017. Metals, As and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health?. *Microchem. J.* 130, 236-244.
- Gundogdu, A., Culha, S. T., Kocbas, F., Culha, M.,** 2016. Heavy Metal Accumulation in Muscles and Total Bodies of *Mullus barbatus*, *Trachurus trachurus* and *Engraulis encrasicolus* Captured from the Coast of Sinop, Black Sea. *Pakistan J. Zool.* 48(1), 25-34
- Gupta V.K., Suhas,** 2009. Application of low-cost adsorbents for dye removal - A review. *J. Environ. Manage.* 90:2313-2342.
- JECFA** (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 1982. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Twenty-sixth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, No 683. World Health Organization, Geneva.
- JECFA** (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 1983. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Twenty-seventh Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (WHO Technical Report Series, No 696). World Health Organization, Geneva.
- JECFA** (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 1989. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Thirty-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, No 776. World Health Organization, Geneva.
- JECFA** (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 2011. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Seventy-third Report of the Joint

FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, No 960. World Health Organization, Geneva.

- Kalantzi, I., Black, K.D., Pergantis, S.A., Papageorgiou, N., Sevastou, K., Karakassis, I.,** 2013. Metals and other elements in tissues of wild fish from fish farms and comparison with farmed species in sites with oxic and anoxic sediments. *Food Chem.* 141, 680-694.
- Kalantzi, I., Pergantis, S.A., Black, K.D., Shimmield, T.M., Papageorgiou, N., Tsapakis, M., Karakassis, I.,** 2016. Metals in tissues of seabass and seabream reared in sites with oxic and anoxic substrata and risk assessment for consumers. *Food Chem.* 194, 659–670.
- Kalyoncu, L., Kalyoncu, H., Arslan, G.,** 2012. Determination of heavy metals and metals levels in five fish species from Işıklı Dam Lake and Karacaören Dam Lake (Turkey). *Environ Monit Assess* ,184:2231–2235
- Kaptan, H., Tekin-Özan, S.,** 2014. Eğirdir Gölü'nün (Isparta) Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazan'ın (*Cyprinus carpio L.*, 1758) Bazı Doku ve Organlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Suleyman Demirel University Journal of Science*, 9(2).
- Korkmaz, C., Ay, Ö., Çolakfakioğlu, C., Cicik, B., Erdem, C.,** 2017. Heavy Metal Levels in Muscle Tissues of *Solea solea*, *Mullus barbatus*, and *Sardina pilchardus* Marketed for Consumption in Mersin, Turkey. *Water Air Soil Pollut* 228: 315
- Külcü, A.M., Ayas, D., Köşker, A.R.,Yatkın, K.,** 2014. The Investigation of Metal and Mineral Levels of Some Marine Species from the Northeastern Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biology & Oceanography* 3:2.
- Medeiros, R.J., Santos, L.M.G., Gonçalves, J.M., Braga, A.M.C.B., Krauss, T.M., Jacob, S.C.,** 2014. Comparison of the nutritional and toxicological reference values of trace elements in edible marine fish species consumed by the population in Rio De Janeiro State, Brazil. *Toxicology Reports* 1, 353–359
- MHPRC (Ministry of Health of the People's Republic of China),** 2013. National Food Safety Standard, Maximum Levels of Contaminants in Foods (GB2762-2012).
- Naccari, C., Cicero, N., Ferrantelli, V., Giangrosso, G., Vella, A., Macaluso, A., Naccari F., Dugo, G.,** 2015. Toxic Metals in Pelagic, Benthic and Demersal Fish Species from Mediterranean FAO Zone 37. *Bull Environ Contam Toxicol* 95:567–573

- Oehlenschläger, J.**, 2000. Identifying Heavy Metals in Fish (H.A. Bremner editör). Safety and Quality Issues in Fish Processing, Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England, 95-108.
- Oehlenschläger, J.**, 2002. Identifying heavy metals in fish In: *Safety and Quality issues in fish processing*, Bremner, H.A. (Ed), pp. 95-113, Woodhead Publishing Limited, 978-1- 84569-019-9, Cambridge
- Olmedo, P., Pla, A., Hernández, A.F., Barbier, F., Ayouni, L., Gil, F.**, 2013. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environment International* 59, 63–72
- Özan, S.T.**, 2014. Seasonal variations of some heavy metals in bogue (boops boops L.) inhabiting Antalya bay- Mediterranean sea, Turkey. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 43(2), February 198-20
- Saha, N., Mollah, M.Z.I., Alam, M.F., Rahman, M.S.**, 2016. Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengal and the implications for human health risk assessment. *Food Control*, 70:110-118.
- Şentürk, M.**, 2013. Saroz Körfezi balık türlerinde arseniğin hidrür oluşturmali atomik absorpsiyon ve grafit fırın atomik absorpsiyon spektrometri ile tayini.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Akyurt, İ.**, 2005. Heavy Metals in Three Commercially Valuable Fish Species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry*, 91, 167–172.
- Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y.**, 2008. Metal Contaminations In Five Fish Species From Black, Marmara, Aegean And Mediterranean Seas, Turkey. *J. Chil. Chem. Soc.* 53, N° 1
- Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y., Ateş, A.**, 2009. Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry* 113, 233–237
- Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M.**, 2016. Determination of metals in Tissues of fish species from Hurmabogazı Lagoon. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 45(2), 277-282
- Tuzen, M.**, 2009 Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the black sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology* 47, 1785–1790
- USEPA** (U. S. Environmental Protection Agency), 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I. Human Health Evaluation Manual Part A, Interim Final.

- EPA/540/1–89/002. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA** (U.S. Environmental Protection Agency), 2000. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories, Volume II. Risk Assessment and Fish Consumption Limits. EPA 823-B-00-008. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USEPA** (U.S. Environmental Protection Agency), 2016. Integrated Risk Information System. <https://www.epa.gov/iris/> (accessed 14.12.16).
- USEPA**, 2018. Regional Screening Level (RSL) Summary Table (TR=1E-06 THQ=1.0). <https://semspub.epa.gov/work/HQ/197414.pdf>, Accessed date: 08 September 2018.
- WHO** (World Health Organization), 2011. Guidelines for Drinking Water Quality, 4th ed. World Health Organization, Geneva.
- WHO/FAO** (World Health Organization/Food and Agriculture Organization), 2015. Codex Alimentarius Commission, General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed. CODEX STAN 193-1995.
- Yaman, B., Yaman, M.**, 2017. Seasonal Variations In Concentrations Of Toxic Trace Metals In Deep-Sea Fish, Identified With Stat-Aas And Icp-Aes. Journal of Elementology 22(1): 127-142
- Yilmaz, A.B.**, 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of Mugil cephalus and Trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey. Environmental Research 92, 277–281
- Yilmaz, F., Yorulmaz, B., Kula, İ., Apaydın, G., Genc, T.O., Aylıkçı, V., Cengiz, V.**, 2011. Köyceğiz Gölü Lagün Sisteminde Metal Kirliliği Kaynaklarının , Organizmalardaki Kalıntı Miktarlarının Belirlenmesi ve Metal Kirliliği Denetimi (MEKİD) için Bir Yönetim Modelinin Geliştirilmesi, Muğla.
- Yi, Y.J., Zhangc, S.H.**, 2012. The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. Procedia Environmental Sciences 13, 1699 – 1707
- Varol, M., Sünbül, M.R.**, 2017. Comparison of heavy metal levels of farmed and escaped farmed rainbow trout and health risk assessment associated with their consumption, Environmental Science and Pollution Research, 24, 23114-23124
- Varol, M., Kaya, G.K., Alp, A.**, 2017. Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates)

River: Risk-based consumption advisories. *Science of the Total Environment* 599, 1288-1296

**Varol, M., Kaya, G.K., Alp, S.A., Sünbül, M.R.,** 2018. Trace metal levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in net cages in a reservoir and evaluation of human health risks from consumption, *Biological Trace Element Research* 184, 268-278

**Varol, M., Sünbül, M.R.,** 2018. Biomonitoring of Trace Metals in the Keban Dam Reservoir (Turkey) Using Mussels (*Unio elongatulus eucirrus*) and Crayfish (*Astacus leptodactylus*), *Biological Trace Element Research* 185, 216-224

**Zyadah, M., Chouikhi, A.,** 1999. Heavy metal accumulation in *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* and *Boops boops* fish from the Aegean Sea, Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 50, 429–434

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Muhammet Raşit SÜNBL  
D. Tarihi ve Yeri : 20.02.1981  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
Telefon : 05362328043  
e-mail : mrasitsunbul@gmail.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümü	2013
Lise	Fatih Lisesi	1999