

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKYATAN LAGÜNÜ'NDE (ADANA) HAS KEFAL
BALIĞINDA (*MUGIL CEPHALUS* LINNEAUS, 1758) VE
LEVREK BALIĞINDA (*DICENTRARCHUS LABRAX*
(LINNEAUS, 1758)) MEVSİMSEL METAL BİRİKİMİ

Lale KAYA

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Ocak, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

AKYATAN LAGÜNÜ'NDE (ADANA) HAS KEFAL
BALIĞINDA (*MUGIL CEPHALUS LINNEAUS, 1758*) VE
LEVREK BALIĞINDA (*DICENTRARCHUS LABRAX*
(*LINNEAUS, 1758*)) MEVSİMSEL METAL BİRİKİMİ

Lale KAYA

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi/.... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Meltem MANAŞIRLI (Danışman)
: Prof. Dr. Fatma ÇEVİK
: Prof. Dr. Meltem EKEN

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FLY-2019-12130

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL VE METOT.....	9
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	16
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	24
KAYNAKLAR.....	25
ÖZGEÇMİŞ.....	31
EKLER.....	31

**AKYATAN LAGÜNÜ'NDE (ADANA) HAS KEFAL
BALIĞINDA (*MUGIL CEPHALUS LINNEAUS, 1758*) VE
LEVREK BALIĞINDA (*DICENTRARCHUS LABRAX
(LINNEAUS, 1758)*) MEVSİMSSEL METAL BİRİKİMİ**

Lale KAYA

Danışman: Prof. Dr. Meltem MANAŞIRLI

Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı

ÖZ

Akyatan Lagünü'nünde Nisan 2019-Mayıs 2020 arasında mevsimsel olarak (Temmuz, Ekim, Ocak, Nisan) has kefal (*Mugil cephalus*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) kas dokularında, makro (Na, Mg, P, K, Ca), iz (eser) metal (Fe, Cu, Zn) ve ağır metal düzeyleri (Cd, Pb, Cr, As) düzeyleri ($\mu\text{g/g}$) tespit edilmiştir. Has kefal kas dokularında kuru ağırlıkta metal düzeylerini ortalama değerleri ve standart sapmaları sırasıyla Ca 963.99 ± 194.82 , K 16052.64 ± 3858.4 , Mg 1375.81 ± 212.102 , Na 2265.4 ± 813.4 , Cu 1.1108 ± 0.4821 , Fe 35.548 ± 158.38 , Zn 33.275 ± 107.05 , As 2.675 ± 0.821 , Cd 0.01 ± 0 , Cr 0.27 ± 0.37 , Pb 0.45 ± 0.49 ; levrek de Ca 885.17 ± 377.75 , K 17170.38 ± 4256.117 , Mg 1351.08 ± 190.185 , Na 2867.55 ± 1026.51 , Cu 1.345 ± 0.87 , Fe 18.09 ± 17.83 , Zn 48.699 ± 31.954 , As 3.056 ± 4.361 , Cd 0.033 ± 0.032 , Cr 1.67 ± 0.3 ve Pb 0.38 ± 0.38 $\mu\text{g/g}$ olarak hesaplanmıştır. Pb düzeyinin FAO, AB ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen limit düzeyin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Haftalık Tahmini Alım Düzeyi (EWI), kanserojen olmayan Hedef Tehlike Oranı (THQ) ve Yaşam Boyu Kanserojen Riski (CR) hesaplamaları yapılmıştır. EWI değerlerinin, EFSA ve FAO/WHO tarafından belirlenen PTWI değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. Has kefallerde Cu, Fe, Zn, Cr, Cd, Pb ve As balık örneklerinin kas dokularında kanser dışı sağlık risklerinin göstergesi olan THQ 0.00 ile 0.23, levreklerin 0.00 ile 0.59 arasında değişim göstermekte ve bu metallerle ait ΣTHQ değerlerinin tehlikeli eşiğin (<1) altında olduğu belirlenmiştir. Kanserojen risk açısından has kefallerde CRAs, CRPb ve CRCd, levreklerde CRPb ($>10^{-5}$) tehlike arz etmediği, has kefallerde çocuklar da CRCr sonbahar haftada 5 gün, kış 3 ve 5 gün alımlarında, levreklerde CRCd, CRCr ve CRAs ($>10^{-5}$) kanserojen risk teşkil ettiği ancak Pb değerlerinin risk teşkil etmediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akyatan Lagünü, Has Kefal (*Mugil cephalus*), Levrek (*Dicentrarchus labrax*), Makro metal, İz metal, ağır metal.

**SEASONAL METAL DEPOSITS IN FLATHEAD
GREY MULLET (*MUGIL CEPHALUS* LINNEAUS, 1758)
AND EUROPEAN SEABASS (*DICENTRARCHUS LABRAX*
(LINNEAUS, 1758)) IN AKYATAN LAGOON (ADANA)**

Lale KAYA

Advisor: Prof. Dr. Meltem MANAŞIRLI

Department of Fisheries Basic Sciences

ABSTRACT

In Akyatan Lagoon, between April 2019 and May 2020 seasonally (July, October, January, April) flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) and european seabass (*Dicentrarchus labrax*) muscle tissues, macro (Na, Mg, P, K), trace element (Fe, Cu, Zn) and heavy metal levels (Cd, Pb, Cr, As) levels ($\mu\text{g/g}$) were determined. Mean values and standard deviations of dry weight metal levels in flathead grey mullet muscle tissues were Ca 963.99 ± 194.82 , K 16052.64 ± 3858.4 , Mg 1375.81 ± 212.102 , Na 2265.4 ± 813.4 , Cu 1.1108 ± 0.4821 , Fe 35.548 ± 158.38 , Zn 33.275 ± 107.05 , As 2.675 ± 0.821 , Cd 0.01 ± 0 , Cr 0.27 ± 0.37 , Pb 0.45 ± 0.49 ; in sea bass Ca 885.17 ± 377.75 , K 17170.38 ± 4256.117 , Mg 1351.08 ± 190.185 , Na 2867.55 ± 1026.51 , Cu 1.345 ± 0.87 , Fe 18.09 ± 17.83 , Zn 48.699 ± 31.954 , As 3.056 ± 4.361 , Cd 0.033 ± 0.032 , Cr 1.67 ± 0.3 and Pb were calculated as $0.38 \pm 0.38 \mu\text{g/g}$. Estimated Weekly Intake Level (EWI), non-carcinogenic Target Hazard Quotient (THQ) and Lifetime Carcinogenic Risk (CR) calculations were made. It was determined that the Pb level was above the limit level determined by FAO, EU and Turkish Food Codex. EWI values were determined to be below the PTWI values determined by EFSA and FAO/WHO. The THQ of Cu, Fe, Zn, Cr, Cd, Pb, and As, which is the indicator of non-cancer health risks in the muscle tissues of fish samples in flathead grey mullets, varies between 0.00 and 0.23, in european seabass 0.00 and 0.59, and the ΣTHQ values of these metals are below the dangerous threshold (<1) has been determined. In terms of carcinogenic risk, CRAs, CRPb and CRCd in flathead grey mullet, CRPb in european seabass ($>10^{-5}$) are not dangerous, CRCr in flathead grey mullet are not dangerous in children, CRCr in european seabass is taken 5 days a week, in winter 3 and 5 days in a week, CRCd, CRCr and CRAs in european seabass ($>10^{-5}$) it was determined that it poses a carcinogenic risk, but Pb values do not pose a risk.

Keywords: Akyatan Lagoon Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*), European Seabass (*Dicentrarchus labrax*), Macro metal, Trace metal, heavy metal.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen, sabır ve titizlikle bilgi ve tecrübelerini aktararak gelişimime katkı sağlayan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Meltem MANAŞIRLI' ya öncelikle teşekkürlerimi sunuyorum. Çalışmalarımnda bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Leyla USLU' ya, Sayın Doç. Dr. Ali Rıza KÖŞKER'e, Sayın Doç. Dr. Sinan MAVRUK' a, Sayın Prof. Dr. Fatma ÇEVİK'e, Sayın Prof. Dr. Meltem EKEN'e, Su Ürünleri Yüksek Mühendisi Burak AKYOL' a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmanın yürütülmesi için maddi destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Akyatan Lagünü'nde belirlenen balık türleri	5
Çizelge 3.1. Akyatan Lagünü Alanı ve Statüleri	10
Çizelge 3.2. Akyatan Lagünü'ndeki Koruma Statüleri	10
Çizelge 4.1. Akyatan Lagünü'nde abiyotik çevresel koşullardan sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu ile ölçümlerin yapıldığı ortalama derinlik değerleri	16
Çizelge 4.2. Has kefal ve levrek örneklerinin mevsimsel ortalama boy ve ağırlıkları	17
Çizelge 4.3. Has Kefal Hedef Tehlike Oranı (THQ)	19
Çizelge 4.4. Levrek Hedef Tehlike Oranı (THQ)	19



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Akyatan Lagünü	4
Şekil 1.2. Karataş Birlik Su Ürünleri Kooperatifi (Orijinal)	4
Şekil 3.1. Akyatan Lagünleri (https://earth.google.com/web)	9
Şekil 3.2. Dalyan ile Deniz arasındaki bağlantı kanalından bir görüntü (Orijinal 2019).	11
Şekil 3.3. Has Kefal (<i>Mugil cephalus</i> Linneaus, 1758)(Orijinal)	12
Şekil 3 4. Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i> Linneaus, 1758)(Orijinal)	12



SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: DO Yüzde doymuş oksijen
µg	: Mikrogram
As	: Arsenik
AT	: Kansorejen olmayan ortalama süre
BW	: Tüketicinin vücut ağırlığı
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
CDO	: Çözünmüş oksijen
CM	: Balık kas dokularındaki metal düzeyi
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
CR	: Yaşam boyu kanser riski
Cu	: Bakır
Ç	: Çocuk
DW	: Kuru ağırlık
ED	: Maruz kalma süresi
EF	: Maruz kalma sıklığı
EWI	: Tahmini haftalık alım
Fe	: Demir
g	: Gram
G	: Haftada yenen gün
ha	: Hektar
HI	: Tehlike indeksi
IR	: Tüketim oranı
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
m	: Derinlik
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mn	: Manganez
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel

°C : Sıcaklık
P : Fosfor
Pb : Kurşun
ppb : Binde bir
ppm : Milyonda bir
ppt : Tuzluluk
PTWI : Geçici haftalık alım toleransı
RFD : Metallerin referans dozu
rps : Nebülizör pompası
THQ : Hedef kitle oranı
Y : Yetişkin
Zn : Çinko
ΣTHQ : Total hedef kitle oranı

1. GİRİŞ

Günümüzde tarım alanlarının azalması, sanayileşmenin artması ve karasal ortamdaki hayvan sayısının azalması gibi sebeplerden dolayı, insanların beslenmesi ve sağlığı açısından önem taşıyan protein gereksiniminin karşılanması için su ürünleri iyi bir alternatiftir. Sucul ekosistemlerde balıklar önemli bir protein kaynağıdır. Ancak endüstri devriminin başlaması ile artan kirlilik insanoğlunun karşısına büyük bir sorun olarak çıkmaktadır (Sunlu, 1994).

Lagünler ortamlar, kıyusal ekosistemler içinde yaşama ortamlarının çeşitliliği, barındırdığı hayvan ve bitki türleri nedeniyle özel öneme sahip alanlardır. Bu alanlar buldukları çevrenin fiziksel ve kimyasal çevresel koşullarından oldukça fazla etkilenen hassas ekosistemlerdir (Çevik ve ark., 2008). Lagün çevresinde yer alan tarım alanlarından drenaj kanalları ile lagüne taşınan drenaj suyu, bu alanlarda kullanılan pestisit ve gübreleri lagüne taşımaktadır. Drenaj kanalları ile taşınan maddeler nedeniyle lagünde kirlilik düzeyleri giderek artmakta ve ötrofik koşullar ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, lagün içi ve çevresindeki yaşam ortamlarını olumsuz etkilemektedir (Demir Yetiş ve Selek, 2009; Sönmez ve Aykut, 2014).

Yeryüzünün en zengin ekosistemleri olan sulak alanlar, küresel iklim değişikliği, tarımsal politikalar ve arazi kullanımındaki yanlışlıklar/plansızlıklar nedeniyle sürekli alan kaybetmekte veya önemli ölçüde tahribata uğramaktadır. Türkiye’de kentlerin verimli tarım arazilerine doğru gelişimi ile artan gıda talebi arasındaki çelişki, tarıma uygun olmayan toprakların işletilmesiyle giderilmeye çalışılırken, bu durum birçok mera, orman ve taşlık arazinin amacına uygun olmayan kullanımı yanında birçok sulak alanın kurutulması ve tahribini de beraberinde getirmiştir. Akyatan lagünü de bu yanlış politikalarından gün geçtikçe daha fazla nasibini almaktadır. Kış soğukları ve kuzeydeki sulak alanların donması nedeniyle kuşlar için Doğu Akdeniz’deki en önemli kışlama alanlarından bir olan Akyatan Lagünü ve çevresi, aynı zamanda flora ve fauna bakımından da son derece zengindir. Akyatan lagünündeki sulak alanların tarımsal alanlar lehine azaldığı tespit edilmiştir. Böylece kuşların konaklama alanları gün geçtikçe daralırken, doğal bitki örtüsü tahrip edilmekte ve tarım arazilerinde kullanılan gübreler ve ilaçlar nedeniyle de göl, özellikle yaz aylarında önemli ölçüde kirlenmektedir (Sönmez ve Aykut, 2014)

Ekolojik ve ekonomik yönden büyük önem taşıyan lagünler, özel ekosistemdir. Kara ve deniz ekosistemlerinin ara yüzeyi olup; karasal ve denizel faktörlerin etkisi altında deniz suyu ve tatlı su ortamları arasındaki ekolojik toplulukların geçiş bölgeleridirler (Acarlı ve ark., 2009). Ayrıca lagünler; yoğun bakteri ve plankton topluluklarını, besin zincirindeki birincil üretim artışlarını desteklemesi nedeniyle aşırı derecede üretken ortamlar olup; biyotik ve abiyotik değişiklikleri hızlı bir şekilde yanıtlar (Lopes ve ark., 2005; Loureiro ve ark., 2006). Ayrıca dünyanın doğal biyolojik zenginlik kaynakları olmalarının yanında, bilimsel çalışmalar için laboratuvar konumunda olup, biyolojik çeşitliliğin korunması ve devamlılığının sağlanmasında büyük öneme sahip hassas ve kırılğan ekosistemlerdir (Çevik ve ark., 2008).

Kirletici unsurlar olarak nitelendirdiğimiz ve doğal dengeyi bozan en önemli kirleticilerden biri ağır metallerdir (Canpolat ve Çalta, 2001). Diğer kirletici unsurlar ise petrol ve türevleri, yapay gübreler, organik madde atıkları, deterjanlar radyoaktif maddeler, pestisitlerdir (Köse, 2007). Sucul ekosistemlerde de kirlilik düzeyinin artması suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Su ortamının kirliliğini belirleyen bu etmenlerin belirlenmesi ve izlenmesi ile problemlerin çözüm yollarına gidilmektedir. Ancak sadece kimyasal ve fiziksel özellikler belirlenerek bir çözüm yolu aramak yetersiz olacaktır. Bu fiziksel ve kimyasal veriler su ortamında yaşayan canlılar üzerinde ne gibi bir etki yarattığını göstermemektedir (Rainbow ve Phillips, 1993). Bu nedenlerden ötürü, son yıllarda sucul canlılar üzerinde yapılan kirlilik çalışmaları ile sucul ortamdaki kirliliğin boyutu belirlenmeye çalışılmıştır. Bir ortam ile o ortamda yaşayan canlıların denge halinde yaşaması için, canlıları etkileyen kirlilik faktörünün belirlenmesinde canlıların kendisinin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Metaller sucul ortama ulaştığında, dip sedimentinde, asılı partikül halinde ve canlılarda birikirler (Rashed, 2001; Topçuoğlu ve ark., 2002). Ağır metallerin bir kısmı biyolojik olarak indirgenirken, bir kısmı da indirgenemez ve sedimentte birikmeye başlar ve uzun bir süre de sedimentte kimyasal bileşikler şeklinde kalırlar (Srivastava ve ark., 2006). Bu şekilde kirlenmiş olan sedimentler ekosistemi tehdit eden bir unsur olarak sediment üzerinde yaşayan canlılar için büyük bir risk oluşturmuş olur (Del Valls ve ark., 1998). Ağır metaller beslenme zinciri yoluyla balıklara kadar ulaşabilmekte ve biyolojik halkanın bir elemanı olan balıklarda zamanla ağır metal birikimi artmaktadır. Balıklarda toksik etki yapan ağır metaller, bu balıkları tüketen insanların da sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Ağcasulu, 2007).

Ağır metal birikimi, balıklarda birçok doku ve organlarda birikime neden olmaktadır. Özellikle kas dokularındaki birikim önemlidir. Diğer doku ve organlara göre (deri, karaciğer, gonat ve solungaç gibi) birikim kas dokuda en düşük seviyededir. Balığın tüketilen kısmı kas doku olması sebebiyle, bu kısımda biriken ağır metal düzeyi önemlidir (Yipel, 2012).

Sanayileşmenin artmasıyla birlikte, ağır metal üretimi ve bunların kullanımının yaygınlaşması karasal ve dolayısıyla sucul çevreye olan yayılımını artırmaktadır. Antropojenik kaynaklı ağır metallerin çevreye salınımı, doğal kaynaklardan salınan birkaç kat üzerindedir. Bu durum, insan faktörüyle olan salınımın, tüm dünyadaki ağır metallerin döngülerini arttırdığı göstermektedir (Nassouhi ve ark., 2018).

Bazı organizmalar indikatör olarak görev yapmaktadır. Böyle organizmalar ağır metalin alımı, atılımı ve biyo kullanılabilirliğinin izlenmesinde ve toksik etkilerin belirlenmesinde önemlidir ve ortamın kirlilik seviyesi hakkında bilgi vermekteler (Taylan ve Özkoç, 2007).

Toksik etki düzeyi fazla olan ağır metaller (Cd, Hg, Cr, Ni ve Pb) düşük derişimlerde ve eser metallerin (Cu, Zn ve Fe) ise yüksek derişimlerde su ortamına katılması toplu organizma ölümlerine neden olabilmektedir. Aynı zamanda toksisite toleransı yüksek olan türlerde ise dokularda veya organlarda birikerek besin zinciri yoluyla aktararak çevresel ve sağlık açısından sorunlara neden olmaktadır (Montero ve ark., 2005). Özellikle sucul ortamda besin zinciri yoluyla birikime neden

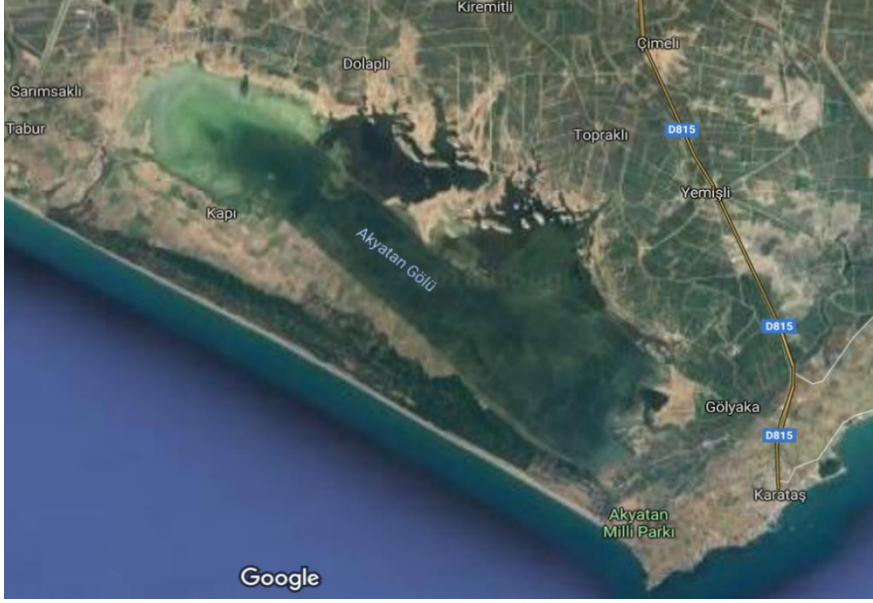
olan ve toksik etki yapan Cd, Hg, Pb ve Cr gibi ağır metaller, canlıların ölümüne, bu metaller ile kontamine olmuş canlıları tüketen insanların da yaşamının tehlikeye girmesine neden olabilir. Düşük konsantrasyonlarda (1 mg/L) bulunan toksik maddeler insanlarda böbrek yetmezliği, karaciğer hasarı gibi hastalıklara yol açabilmekte bazen de ölümlere sebebiyet verebilmektedir (Freedman, 1995).

Lagünler, sıg su yapısına sahip, okyanus veya deniz gibi büyük su kütlelerine bağlantısı olan, derinlikleri çoğunlukla 1 metreden daha az olan göllerdir (Gilabert, 2001; Vaz ve ark. 2005). İki ekosistemin etkisi altında olup, deniz ve tatlı su ortamlarında yaşayan canlıların geçiş bölgesi olarak bilinirler (Acarlı ve ark. 2009). Bu ortamlara, karadan denize doğru birçok girdi ve inorganik tuzlar giriş yaptığıında birincil ve ikincil üretimin en yüksek olduğu bölgelerdir (Gilabert, 2001).

Lagünler; birçok canlı topluluğu için beslenme, barınma, üreme yerleri ve kuşlar için ise göç yollarıdır. Aynı zamanda birçok doğa olayının da gerçekleşmesinde büyük rol oynar. Su taşkınlarının önlenmesi, yer altı sularının beslenmesi, tuzlu-tatlı su dengesinin korunması gibi birçok olayda görev alır. Turizm açısından da büyük öneme sahip olan lagünlerin korunması ve akılcı kullanım çerçevesinde değerlendirilmesi gereken jeomorfolojik oluşumlar olduğu unutulmamalıdır (Anonim, 2013).

Sulak alan ekosistemleri, korunması ve zarar görmemesi gereken doğallığının bozulmadan kalması açısından tedbir alınması gereken sistemlerdir. Bu amaçla Tabiatı Koruma Alanı, Yaban Hayatı Geliştirme Sahası, Doğal Sit Alanı ve Ramsar alanı gibi statüler verilmiştir. Ramsar Sözleşmesi ülkemiz tarafından 1993 yılında imzalanarak taraf olunmuş, böylece bu alanlarda doğallığın yok olmaması, zarar görmemesi ve mevcut flora ve faunanın korunması sağlanmıştır (Yılmaz ve Derinöz, 2011).

Akyatan Lagünü Çukurova bölgesinde bulunan, coğrafik konumu açısından ekolojik bir öneme sahip olan, Karataş ilçesine bağlı ülkemizin en büyük lagünüdür. Barındırdığı zengin balık çeşitliliği ve su kuşlarının göç yolu üzerinde olan sulak alanlarımızdan bir tanesidir (Akyol, 2022) (Şekil 1). Mevsimsel olarak kapladığı alan değişmekle birlikte, en geniş alan 7500 ha, en derin yeri 4 metre civarındadır. Yaz mevsiminde alanında önemli derecede küçülmeler meydana gelmekte ve batı bölgesinde geniş düzlükler oluşmaktadır. Lagünün tuzluluk derişimi yağın yağmur miktarı ve drenaj su girişlerine bağlı olarak değişimler göstermektedir. Kış mevsiminde tuzluluk azalmakta yaz mevsiminde ise buharlaşma etkisi ve su girişleri nedeni ile artmaktadır. Lagünün güney kesiminde yani denize bağlantısının fazla olduğu yerde tuzluluk daha yüksek iken, kuzey kesimlerinde daha azdır. Gölün deniz ile bağlantısı güney batı kısmında bulunan 2 km'lik bir kanalla sağlanmaktadır. Göl suyunun yüksek olduğu dönem gölden denize doğru, düşük olduğu dönemde ise denizden göle doğru bir su akışı oluşmaktadır. Akyatan Lagünü'nün çevresindeki tarım arazilerinde, pamuk, sebze ve meyve gibi ürünlerin tarımı yapılmakta olup, sulama suyu olarak Seyhan Barajı'ndan gelen su kullanılmaktadır. Tarımın yapıldığı bu alanlarda gübre ve tarımsal ilaçların kullanımı nedeniyle göl suyu kirliliğe maruz kalmaktadır. Ayrıca birçok alanda faaliyet gönderen endüstri kuruluşlarının atık suları da buraya kadar ulaşmakta ve kirlilik oluşturmaktadır (Sönmez ve Aykut, 2014).



Şekil 1.1. Akyatan Lagünü (<https://earth.google.com/web>)

Akyatan Lagünü'ndeki en önemli ekonomik etkinliklerden biri geleneksel dalyan balıkçılığıdır. Lagünün denize açılan kısmında Karataşlı balıkçılara ait bir dalyan bulunmaktadır ve Karataş Birlik Su Ürünleri kooperatifi tarafından işletilmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Karataş Birlik Su Ürünleri Kooperatifi (Orijinal)

Akyatan Lagünü'nde 12 adet balık türünün bulunduğu (Çizelge 1.1) ve yoğun olarak çipura, levrek ve kefal türlerinin avlandığı belirtilmiştir (WWF, 2008). Ayrıca havyar üretimi yapılmaktadır. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar da incelendiğinde balık tür kompozisyonu değişmiş ve Gümüşü havuz balığı (*Carassius gibelio*), sazan (*Cyprinus carpio*) ile yayın balığı da bu türlere eklenmiştir (Akyol, 2022).

Çizelge 1.1. Akyatan Lagünü'nde belirlenen balık türleri (WWF, 2008)

Tür Adı	
Türkçe Adı	Latince adı
Çipura	<i>Sparus aurata</i>
Levrek	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Bıldırcın Kefali	<i>Mugil carinata</i>
Sarı Kulak Kefal	<i>Mugil auratus</i>
Topan Kefal	<i>Mugil cephalus</i>
Dudaklı Kefal	<i>Oedalechius labeo</i>
Sivri (kastrol) Kefal	<i>Mugil saliens</i>
Yılan Balığı	<i>Anguilla anguilla</i>
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>
Tilapia	<i>Oreochromis aureus</i>
Sargoz	<i>Diplodus sargus</i>
Dil Balığı	<i>Solea solea</i>

Yukarıda da belirtildiği gibi birçok kirleticiye maruz kalan ve balıkçılığın yoğun olarak yapılarak insan besini olarak tüketilen balıkların özellikle kas dokularında bulunan metal miktarları insan sağlığı açısından ayrıca önem arz etmektedir.

Özellikle As, Cd ve Pb toksik metalleri gıdalardaki önemli kontaminantlar olarak görülmektedir. ATSDR (2017) periyodik olarak güncellediği “Tehlikeli Maddeler Listesi”nde As, Cd ve Pb elementlerinin en tehlikeli 10 toksik madde arasında olduğunu, Cr metalinin ise en tehlikeli 100 madde içerisinde yer aldığını bildirmiştir. Bu metallerin, gıda güvenliği ve tüketici sağlığı açısından izlenmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, balıkçılığın yoğun olarak yapıldığı, Türkiye'nin önemli RAMSAR alanlarından biri olan Akyatan Lagünü'nde Has Kefal ve Levrek balıklarında yenilebilir kas dokularındaki makro metallerden Na, Mg, P, K, Ca, mikro metallerden Fe, Cu, Zn ve ağır metallerden Cd, Pb, Cr ve As düzeylerinin belirlenmesi ve insan sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Taşni 2017 yılında yaptığı çalışmada, baraküda (*Sphyræna sphyræna*), kupez (*Boops boops*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve çipura (*Sparus aurata*) balıklarında mevsimsel olarak besin kompozisyonu, yağ asitleri ve elementlerdeki değişimini incelemiştir. Makro elementlerden K ve P, tüm balık kas dokularında en yüksek iki element olduğunu tespit etmiştir. Mikro element seviyeleri bakımından incelenen balıkların kas dokularında ölçülen elementler baraküda, kupez ve çipura'da en fazla sırasıyla Fe, Cu ve Zn, levrekte ise sırasıyla Cu, Fe ve Zn olarak belirlenmiştir.

Canlı ve Atlı (2003), Kuzeydoğu Akdeniz'den altı balık türünde (*Sparus auratus*, *Atherina hepsetus*, *Mugil cephalus*, *Trigla cuculus*, *Sardina pilchardus* ve *Scomberesox saurus*) kas, solungaç ve karaciğerindeki ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) konsantrasyonlarını ve balık boyu (uzunluk ve ağırlık) ile dokulardaki metal konsantrasyonları arasındaki ilişkileri belirledi. Çalışmada metal konsantrasyonları ($\mu\text{g} / \text{g d.w.}$ olarak), tüm balıkların karaciğerinde en yüksek seviyelerde iken en düşük metal birikimleri kas dokularında saptanmıştır. En yüksek Cd (4.50), Cr (17.1) ve Pb (41.2) konsantrasyonları sırasıyla *T. cuculus*, *S. pilchardus* ve *A. hepsetus*'un karaciğer dokularında ölçülmüştür. *M. cephalus*'un karaciğeri, çarpıcı derecede yüksek Cu konsantrasyonları gösterdiği (202,8) ve *S. saurus*'un solungacının da en yüksek (885.5) demir konsantrasyonlarını gösteren tek doku olduğunu bildirmişlerdir.

Dural ve ark., (2006) Türkiye'nin Akdeniz kıyısındaki İskenderun Körfezi'nde bulunan Çamlık Lagünü'nde *Dicentrarchus labrax*, *Mugil cephalus* ve *Sparus aurata*'nın karaciğer, solungaç, gonad ve kas dokularındaki ağır metallerin (Fe, Zn, Cd) birikimini mevsimsel olarak araştırmışlardır. Üç türde ağır metal düzeyleri genellikle karaciğer ve solungaçta, gonad ve kas dokularına göre daha yüksek bulunmuştur. Belirli bir dokudaki tüm metallerin seviyeleri, *Mugil cephalus*'ta diğer iki türe göre genellikle daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Dural ve ark., 2007'de Tuzla lagününde yaptıkları çalışmada tüm ağır metallerin *S. aurata*'nın kas dokusunda en yüksek düzeyde bulunduğunu ayrıca *D. labrax* ve *M. cephalus* 'da kasta en düşük ağır metalleri biriktirdiğini bilmişlerdir. En yüksek Zn, Fe ve Cu konsantrasyonları *M. cephalus*'un karaciğerinde, en yüksek Cd ve Pb konsantrasyonları *M. cephalus*'un solungaç dokusunda belirlemişlerdir. Özellikle ilkbaharda her bir tür için yüksek Zn seviyeleri ölçülmüş; *D. labrax* ve *M. cephalus* için ilkbaharda ve *S. aurata* için kışın yüksek seviyelerde Pb; ilkbaharda *S. aurata* ve kışın *M. cephalus* için insan tüketimi için yüksek Cd seviyeleri ölçüldüğünü bildirmişlerdir.

Turan ve ark. (2009), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), barbunya (*Mullus barbatus*) ve mezgit (*Merlangius merlangus*)'in kas dokularında ağır metal düzeylerini belirlemek amacıyla Akdeniz ve Karadeniz'de örneklemeler yapmış ve kas dokularında birikim yapan metalleri tespit etmeye çalışmışlardır. Akdeniz'de avlanan balık örneklerinde en yüksek ağır metal düzeyleri hamside Li (3.200 $\mu\text{g/g}$), mezgitte Cd (1.685 $\mu\text{g/g}$), barbunyada ise Cr ve Fe (1.893 $\mu\text{g/g}$ ve 21.901

$\mu\text{g/g}$) olarak; Karadeniz ise hamside Al, Mn ve Zn ($95.313 \mu\text{g/g}$, $1.390 \mu\text{g/g}$ ve $25.416 \mu\text{g/g}$, mezgitte Ni ($1.363 \mu\text{g/g}$), barbunyada Pb ($0.727 \mu\text{g/g}$) olarak tespit etmişlerdir.

Sağıroğlu (2009), yaptığı çalışmada lagos (*Epinephelus aeneus*)’da kas, deri, solungaç ve gonadlarında Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn birikimini belirlemek amacıyla 1 yıl süreyle ve 4 mevsimde İskenderun Körfezi’nden örnekleme yapmıştır. Balıkta metal birikim miktarları ve metal türlerinin mevsimsel değişiklik gösterdiğini ve dokular arasında farklılıklar olduğunu belirlemiştir. Metal birikimleri en fazla deride tespit edilirken, en az kas dokusunda tespit edilmiştir. Ayrıca Cr ve Zn metal birikimlerinin en fazla gonadda, solungaçlarda ise en fazla Mn en yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada avlanan lagosun kas dokusunda biriken ağır metal miktarının, tketelebilir sınırlar içinde olduğunu bildirmiştir.

Yılmaz, (2009) Köyceğiz Gölü’nde yaptığı çalışmada topan kefal örneklerinde kas, karaciğer dokuları ile solungaçlarda Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerinin miktarları araştırmıştır. Çalışmada, balıkların kas dokularında Cu 6.34 , Zn 98.6 , Cd 0.12 ve Pb 0.43 mg/kg , karaciğer dokularında Cu 749.76 , Zn 402.61 , Cd 3.32 ve Pb 0.78 mg/kg ; solungaçlarda ise Cu 5.68 , Cd 176.93 , Zn 0.37 ve Pb 1.96 mg/kg düzeyinde olduğunu bildirmiştir. En fazla Cu, Zn ve Cd karaciğer dokuda saptanırken, Pb ise solungaçlarda saptanmıştır.

Yabanlı ve ark. (2013), Bafa Gölü’nden elde ettikleri levreklerde Cu, Cd ve Pb elementlerinin miktarlarını tespit ettikleri çalışmada kas dokularında Cu 0.61 , Cd 0.05 , Pb 0.23 mg/kg ; karaciğerde Cu 1.09 , Cd 0.02 , Pb 0.25 mg/kg ; solungaçlarda Cu 0.48 , Cd 0.04 , Pb 0.34 mg/kg olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

Damodharan ve Reddy (2013), yaptıkları çalışmada Hindistan Uppanar Nehri’nin aşağı ve yukarı kesimlerinden, kuraklık ve yağışın olduğu dönemlerde 56 adet topan kefalinde Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerinin düzeylerine bakmışlardır. Kurak mevsimde nehrin yukarı kesiminden yakalanan kefallerde Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerini sırasıyla ortalama 0.04 , 14.09 , 0.01 ve 0.055 mg/kg , aşağı kesimde ise 0.18 , 16.26 , 0.01 , 0.19 mg/kg olarak belirtmişlerdir. Yağışın olduğu dönemde ise nehrin yukarı kısmından yakalanan kefallerde oranlar 0.02 , 3.11 , 0.002 , 0.02 mg/kg ; aşağı kesimde ise 0.13 , 8.32 , 0.01 , 0.10 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Krishna ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada Hindistan, Machilipatnam Sahili’nden avlanan topan kefalinde karaciğer ve kas dokularında Cu, Zn, Cd elementlerinin miktarlarını belirlemişlerdir. Kas dokularında Cu 25.21 , Zn 101.83 , Cd ise 6.07 mg/kg iken karaciğerde bu oranlar sırasıyla 378.56 , 527.60 ve 9.13 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Aydın-nen ve ark. (2015), Eylül 2010 ile Mayıs 2011 tarihleri arasında Bafa Gölü’nde yaptıkları çalışmada topan kefal balıklarında ağır metal miktarlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, kas dokularında Cu 1.18 , Zn 16.01 , Cd 0.02 ve Pb 0.73 mg/kg karaciğerde ise Cu 190.62 , Zn 160.31 , Cd 0.59 ve Pb 0.57 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Bayhan ve Ünübol Aypak (2016), Büyük Menderes Nehri’nin Deltası’nda yakalanan kefallerde kas dokularında ve karaciğerde biriken metal düzeyini tespit etmişlerdir. Kas dokularında

biriken Cu, Zn ve Cd miktarları sırasıyla ortalama 25.21, 101.83, 6.07 mg/kg; karaciğerlerinde ise 378.56, 527.60, 913 mg/kg olarak bulunmuştur. Buna göre en fazla metal birikiminin karaciğerde olduğu bildirilmiştir.

Makedonski ve ark. (2017), Bulgaristan'ın Karadeniz kıyılarından yakaladıkları 6 adet topan kefalinde Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerinin miktarını kas dokuda sırasıyla ortalama 0.34, 5.2, 0.012 ve 0.05 mg/kg; solungaçlarda ise 0.96, 7.3, 0.013 ve 0.07 mg/kg bulmuşlardır. Sonuç olarak topan kefalinde solungaçlarda metal birikiminin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Öner ve Metli (2021), yaptıkları çalışmada, Bafa Gölü'nde Cu, Zn, Fe, Pb ve Cd ağır metallerinin en çok avlanan topan kefalın (*Mugil cephalus*) fileto, gonat, karaciğer ve solungaçlarında birikim miktarlarını belirlemişlerdir. Metal düzeyi karaciğer ve solungaçlarda daha fazla tespit edilirken, kas dokuda birikimin daha az olduğunu bildirmişlerdir. Cu, Zn ve Fe en fazla karaciğerde iken en düşük kas dokuda, Cd miktarı en fazla karaciğer en düşük gonat ve Pb ise en fazla gonat en düşük solungaçlarda tespit edilmiştir. Kas doku örneklerinin %16'sında Cd, %68'inde Pb miktarlarının yüksek olarak belirlendiği ve bu değerlerin tüketilebilirlik seviyesinin üzerinde olduğunu belirlemişlerdir.

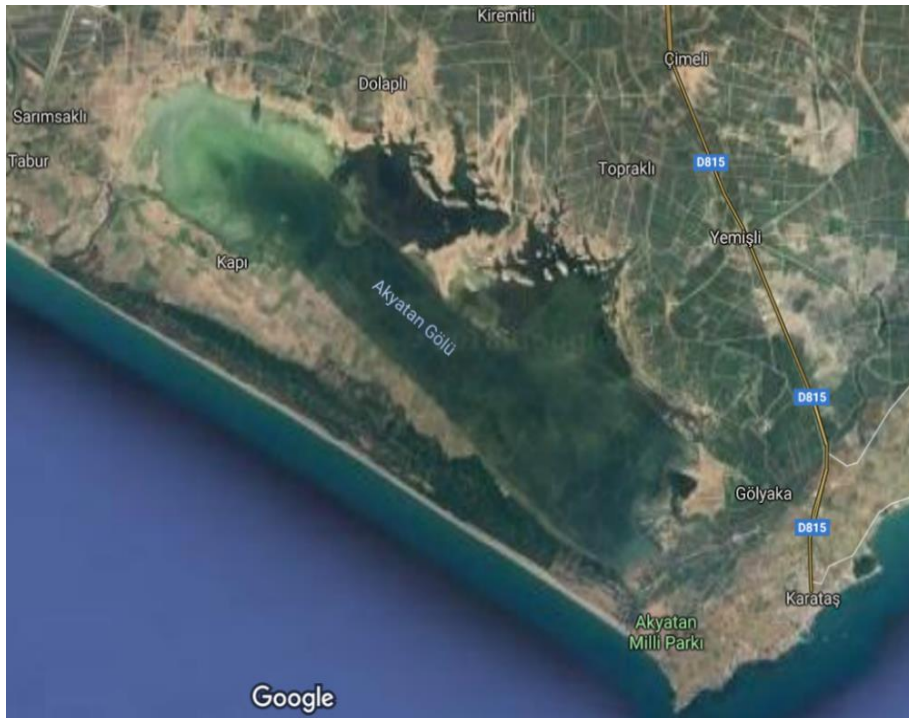
3. MATERYAL VE METOT

3.1.Çalışma sahası

Akyatan Lagünü Türkiye'nin en büyük lagünüdür. Seyhan ve Ceyhan Deltası sulak alan sistemlerinin ekolojik olarak en önemli bileşenlerinden biridir. Adana ili, Karataş ilçesi sınırları içerisinde yer alır. Kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan bir eksen üzerinde üçgen bir şekle sahiptir. Uzunluğu yaklaşık 17 km'dir. En geniş bölümü yaklaşık 4 km'dir. Adana iline 48 km, Karataş ilçesine 3 km mesafededir. 360 40' 16'' Güney enlemleri ile 350 08' 08'' Batı, 320 22' 30'' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil3.1) (<https://www.dogaarastirmalari.org.tr>).

Alanı; 1824 ha'ı orman, ortalama 4745 ha'ı bulan açık su yüzeyi, 1143 ha'ı kumul, 1055 ha'ı kamışlık, 2768 ha'ı çamur düzlüğü, 1604 ha'ı bataklık olmak üzere toplam 13.304 ha'dır (Çizelge 3.1). Akyatan Lagünü'ndeki koruma statüleri tarih ve dayanakları Çizelge 3.2 de verilmiştir (<https://www.dogaarastirmalari.org.tr>).

Akyatan Lagünü, Akdeniz'in su düzeylerinin değişmeye başladığı 4. dönemin sonunda (10.000 yıl önce) oluşmaya başladı. Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin yataklarından taşmasıyla geniş bir bataklık oluşmuş; bataklık, zamanla kumların kıyıda oluşturduğu kordonla denizden ayrılarak bugünkü görünümünü almıştır. Yaz boyunca lagünü besleyen suların azalması ve yüksek buharlaşma nedeniyle lagün alanı çok küçülmüştür. Suyun çekildiği alanlarda özellikle batı ve kuzeybatı ucunda geniş çamur düzlükleri oluşmuş ve yaz sonuna doğru tamamen kurumıştır. Özellikle batısındaki (Kapıköy yakınlarında) bazı adalar suyun çekilmesiyle karayla birleşmiştir (<https://www.dogaarastirmalari.org.tr>).



Şekil 3.1. Akyatan Lagünleri (<https://earth.google.com/web>)

Çizelge 3.1. Akyatan Lagünü Alanı ve Statüleri (<https://www.dogaarastirmalari.org.tr>)

Lagün	Alan (ha)	Koruma Statüsü
Orman	1055	Tabiatı Koruma Alanı(1993) Doğal Sit Alanı(1994) Ramsar Alanı(1998)
Kumul	1824	
Kamışlık	1055	
Çamur düzlüğü	2768	
Bataklık	1604	
Açık su yüzeyi	4745	
Toplam	13304	

Çizelge 3.2. Akyatan Lagünü'ndeki Koruma Statüleri (<https://www.dogaarastirmalari.org.tr>)

	Koruma Statüsü	Kapsadığı Alan	Yıl/Tarih/ RG	Dayanağı
Geçmişteki Durum	Su Kuşları ve Turaç Koruma ve Üretim Sahası	Akyatan Lagünü, kumul tespit ve ağaçlandırma sahası ile lagünü çevreleyen sazlık alanın 500 m içinde kalan bölge, toplam 15304 ha.	1986	3167 sayılı kara avcılığı kanunu
	Akyatan Lagünü yaban hayatı koruma sahası	Alan sınırları değişmedi, toplam 15304 ha.	1987	3167 sayılı kara avcılığı kanunu
Güncel Durum	Akyatan Lagünü yaban hayatı geliştirme sahası	Alan sınırları değişmedi, toplam 15304 ha.	16.10.2005 tarih ve 25968 sayılı RG	4915 sayılı kara avcılığı kanunu
	Akyatan Lagünü I	Lagün ve çevresi	11.3.1997	Kültür ve tabiat

Lagünle deniz arasında genişlikleri 2–4 km. ve yükseklikleri 25 m. yi bulan Türkiye'nin en büyük kumullarıdır. Kumullar, güçlü rüzgârların etkisiyle her yıl 1–2 m iç kısımlara doğru taşınarak tarım alanlarını ve lagünleri tehdit ettiği için 1972–1985 yılları arasında Adana Orman Müdürlüğü tarafından bir kumul ağaçlandırması yapılmıştır (WWF, 2008)

Kumul tepeleri arasında yer yer birkaç sıra halinde deniz seviyesinin altında oluklar (çukurlar) bulunmaktadır. Bunlar yağışlı dönemlerde suyla dolmakta ve kumulların kuzeydoğusunda hiç kurumayan ve ekolojik açıdan önemli tatlı su birikintileri ve bataklıkları oluşmuştur.

Lagün, güneydoğudan çıkan 2 km'lik dar bir kanalla denize bağlanmaktadır (Şekil 3.3). Lagünde suların yüksek olduğu dönemlerde kanal vasıtasıyla lagünden denize, düşük olduğu dönemlerde ise denizden lagüne doğru su akışı olmaktadır. Bu nedenle lagün suyundaki tuzluluk

mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Kışın ve ilkbaharda, drenaj kanalları ile taşınan sular ve yağışların etkisi ile lagün suyu tatlılaşmakta, yazın ise yüksek buharlaşma ve denizden lagüne olan su girişi nedeniyle tuzluluk artmaktadır. Ayrıca, tuzluluk denize bağlantının olduğu ve batı kesimde daha yüksek, sızıntı ve drenaj sularının etkili olduğu kuzey kesimlerde ise daha düşük seviyelerdedir (<http://www.turkiyesulakalanlari.com/akyatan-lagunu-adana/>).



Şekil 3.2. Dalyan ile Deniz arasındaki bağlantı kanalından bir görüntü (Orijinal 2019).

3.2. Materyal

3.2.1. Has Kefal (*Mugil cephalus* Linnaeus, 1758)

Mugilidae familyasının üyelerinden olan, has kefal balığı (*Mugil cephalus* Linnaeus,1758) Teleostei sınıfının Mugiliformes takımına ait bir türdür (Şekil 3.3).

Vücudu torpil şeklinde, yanlardan hafif yassı, iri pullarla kaplı, çift sırt yüzgeçli ve iri pullarla örtülü olan kefallerin kuyruk yüzgeçleri çataldır. Tropikal ve ılıman bölgelerin az tuzlu ve tatlı kıyusal sularda yayılım gösteren ekolojik açıdan önemli balıklardır (Nelson, 1994;). %60 tuzluluğa sahip lagünlerde ve tatlı sularda, sıcaklığı 3⁰C ile 35⁰C arasındaki sıcaklıkta yaşayabilen katadrom (üreme göçü) balıklardır. Besinlerini yumuşakçalar, bitkisel organizmalar, eklem bacaklılar ve çürümekte olan organik maddeler oluşturmaktadır (Güner, 2008).



Şekil 3.3. Has Kefal (*Mugil cephalus* Linneaus, 1758)(Orijinal)

3.2.2. Levrek (*Dicentrarchus labrax* Linneaus, 1758)

Moronidae familyasının üyelerinden olan levrek (*Dicentrarchus labrax* Linneaus,1758) Osteichthyes sınıfının Perciformes takımına ait bir türdür (Şekil 3.4).



Şekil 3 4. Levrek (*Dicentrarchus labrax* Linneaus, 1758)(Orijinal)

Vücutları yanlardan hafif yassı, derisi ktenoid; ense ve yanaklar ise sikloid pullarla kaplıdır. Göz kemiğinin ve solungaç kapağının üzerinde siyah lekeler vardır. Boyları 50 cm ile 1 mt arasında

olup, 12 kg ağırlığa kadar ulaşabilir. Tuzlu sularda daha çok yayılım gösterirler, tatlı sularda büyürler ancak üreyemezler. 2⁰ C ile 32⁰ C arası sıcaklıklarda yaşarlar. Zooplankton, eklem bacaklılar ve küçük balıklarla beslenirler. Kumlu, çamurlu sığ biyotoplarda, sıcaklığa ve tuzluluğa karşı gösterdiği toleransı ile nehir ağızlarında lagünlerde yaşayan balık türüdür (Alpbaz, 2005).

3.3. Örneklerin Temini

Proje kapsamında, Nisan 2019 ile Mayıs 2020 tarihleri arasında mevsimsel olarak lagünde bulunan kooperatiften örnekler satın alınarak veya avcılıkla temin edilmiştir. Örneklemeler 2020 yılının Mayıs ayına kadar mevsimlik (Temmuz, Ekim, Ocak, Nisan) periyotlarla gerçekleşmiş ve her mevsim için 18 adet (9 adet has kefal - 9 adet levrek) balık örneği temin edilmiştir. Avcılıkta, farklı ağ göz genişliklerine sahip teknik özelliklere sahip (20, 24, 28, 32, 36, 38mm) uzatma ağları kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan uzatma ağlarında ağ göz genişliği dışındaki tüm parametreler (renk, ip kalınlığı, halat numarası gibi) sabit tutulmuştur. Yakalanan balıklar taze olarak buz içerisinde Su Ürünleri Fakültesi araştırma laboratuvarına getirilerek analizler yapılana kadar -18 °C de muhafaza edilmiştir. Uzatma ağı operasyonlarında lagündeki tekneler kullanılmıştır.

3.4. Örneklerin Değerlendirilmesi

Metal analizleri UNEP/FAO/IAEA/IOC (1984) tarafından uygulanan metoda göre yapılmıştır. Balıkların total boy (1 mm) ve total ağırlıkları (0.01g hassasiyet) ölçümleri yapılarak farklı boy gruplarından kas dokularından 5 g örnekler alınmıştır. Alınan örnekler porselen krozelerde 105°C'de 24 saat süreyle kurutulduktan sonra her bir örnekten 0.1g (kuru ağırlık) alınıp ısıya dayanıklı cam erlenlere konulup; üzerine derişik nitrik asit (4 mL) ve Perklorik asit (2 mL) ilave edilerek ve tüm doku parçalanana kadar 150°C'de hotplate üzerine konularak yakılmıştır. Örneklerdeki makro (Na, Mg, P, K, Ca), iz (eser) element (Fe, Cu, Zn) ve potansiyel toksik ağır metal düzeyleri (Cd, Pb, Cr, As) düzeyleri (µg/g dw) tespit edilmiştir.

Tamamen berrak bir hal alan numunelerdeki metal düzeylerini belirlemek için ICP-MS (Agilent, 7500ce, Japonya) kullanılmıştır. ICP-MS çalışma koşulları ise: Radyo frekansı (RF) (W), 1500; Plazma gaz akış hızı (L/min), 15; Yardımcı gaz akış hızı (L/ min), 1; Taşıyıcı gaz akış hızı (L/ min), 1.1; Sprey haznesi T (°C), 2; Numune derinliği (mm), 8,6; Numune giriş hızı (mL/dak), 1; nebülizör pompası (rps), 0.1; Çıkarıcı mercecek (V), 1.5 mg/g dw. Metal analizlerinin belirlenmesi için Yüksek Saflıkta Çoklu Standart (Charleston, SC 29423) kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrileri için standart çözeltiler, makro ve eser elementlerin ve potansiyel toksik metallerin seyreltilmesi ile hazırlanmıştır. Toksik metaller için 1-50 ppb (0.001-0.050 mg/L) aralığında, makro ve iz elementler için 1-50 ppm (1 ila 50 mg/L) aralığındaki standart çözeltileri hazırlanmıştır.

Metal analizleri, kuru örnekler üzerinden yapılmış olup; ICP-MS analizleri sonucunda elde edilen değerlerin FAO, Türk Gıda Kodeksi ve AB tarafından belirlenen limit değerler ile

karşılaştırabilmesi amacıyla nem içerikleri doğrultusunda yaş ağırlık ve kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Eşey, total boy ve total ağırlıklara belirlenen metal düzeyleri arasında fark olup olmadığının ANOVA tabii tutularak istatistiki açıdan 0.001, 0.05 ve 0.01 güven aralıklarında önemli olup olmadıkları tespit edilmiştir.

3.5. Tüketici risk değerlendirmeleri

Tüketici risk değerlendirmeleri balık tüketiminden (haftada 1, 3 ve 5 gün) kaynaklı olası tüketici risklerini belirlemek için tahmini haftalık alım (Estimated Weekly Intake, EWI), hedef tehlike oranı (Target hazard quotient, THQ) ve yaşam boyu kanser riski (The Lifetime Cancer Risk, CR) hesaplamaları yapılmıştır. Yetişkin ve çocuk tüketicilerin her biri için ayrı ayrı EWI, THQ ve CR hesaplamaları yapılmıştır. Yetişkinler için vücut ağırlığı 70 kg, yaşam süresi ise 70 yıl (USEPA, 2000), çocuklar için vücut ağırlığı 32 kg, yaşam süresi 7 yıl (USEPA, 2014) olarak kullanılmıştır.

Hesaplamalar yapılırken incelenen tüm metaller için enstrümental analiz sonuçları doğrudan kullanılmışken, As elementi için farklı bir dönüşüm faktörü uygulanmıştır. Dokularda bulunan As elementinin önemli bir kısmı organik formda olduğu için inorganik formlar kadar toksik etki göstermemektedirler (Castro-González, ve Méndez-Armenta, 2008). Bundan dolayı As düzeyinin tüketici için olası risk hesaplamaları yapılırken önceki çalışmalarda da (EFSA, 2009; Andaloro ve ark., 2012; Copat ve ark., 2013; Traina ve ark., 2019) uygulandığı gibi toplam As konsantrasyonunun % 3'ü kullanılmıştır.

Tüketici risk değerlendirmeleri kapsamında EWI (1), THQ (2), TTHQ (3) ve CR (4) hesaplamaları aşağıdaki formüller kullanılarak yapılmıştır.

$$EWI = (C_M \cdot IR) / BW \quad (1)$$

CM: Balık kas dokularındaki metal düzeyi,

IR: Tüketim oranı (Ingestion rate),

BW: Tüketicinin vücut ağırlığı.

TUİK verilerine göre (TUİK, 2022) Türkiye'deki su ürünleri tüketimi (IR) 0.178 kg/kişi/gün'dür. EWI değerleri WHO/FAO ve EFSA tarafından bildirilen Geçici Haftalık Alım Tolerans (PTWI) limitleri ile karşılaştırılmıştır. Metallerin referans dozu (RfD) ile metallere maruz kalma arasındaki oran Hedef Tehlike Oranını (THQ) ifade etmektedir. THQ; tüketiciler açısından vücuda alınan metallerin konsantrasyonlarının kanserojen olmayan etki risklerini de ifade etmektedir.

THQ hesaplamaları USEPA (2019) tarafından bildirilen formüle göre yapılmıştır.

$$THQ = [(EF \cdot ED \cdot IR \cdot CM) / (RfD \cdot BW \cdot AT)] \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

EF: Maruz kalma sıklığı,

ED: Maruz kalma süresini (Yetişkinler için 70 yıl, çocuklar için 7 yıl),

IR: Tüketim miktarını, CM: Balıkların ularındaki metal konsantrasyonunu

RfD: Oral referans doz (Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Al, Cr, As, Cd ve Pb elementleri için sırasıyla; 0.7, 0.04, 0.3, 0.14, 5.10⁻³, 1.00, 3.10⁻³, 3.10⁻⁴, 1.10⁻³ ve 4.10⁻³,

BW: Vücut ağırlığı,

AT: Kanserojen olmayan ortalama süreyi (356 gün/yıl x ED).

Total THQ ya da HI (Tehlike İndeksi) olarak ifade edilen değer, araştırılan tüm elementlerin toplam THQ değerlerinin ile hesaplanır.

$$\sum \text{THQ (TTHQ)} = \text{THQ1} + \text{THQ2} + \dots + \text{THQn} \quad (3)$$

Total THQ değerinin 1'den büyük olması tüketici açısından kanserojen olmayan sağlık risklerinin olduğunun göstergesidir. Yaşam boyu kanser riski (CR) hesaplamaları USEPA (2019) tarafından belirlenmiş olan formüle göre hesaplanmıştır. CR değerlerinin >10⁻⁵ olması, tüketilen gıdanın tüketici için kanserojen etki riskinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

$$\text{CR} = [(\text{EF} \cdot \text{ED} \cdot \text{IR} \cdot \text{CM} \cdot \text{CsF}) / (\text{BW} \cdot \text{AT})] \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Yaşam boyu kanser riski hesaplamalarında, EWI THQ formüllerinin yanı sıra farklı olarak CsF (cancer slope factor) değeri kullanılmaktadır. Hesaplamalarda USEPA (2019) tarafından bildirilmiş CsF değerleri (As, Pb, Cr ve Cd için sırasıyla 1.5, 8.5. 10⁻³, 0.5 ve 6.3) kullanılmıştır. Metal düzeyi araştırmalarında mevsimler arası önemli farklılıkları belirlemek için ANOVA kullanılmıştır. Tüm analizler 3 tekrarlı yapılmıştır.

Örnekleme esnasında lagün suyunda abiyotik çevre faktörlerden sıcaklık, pH, tuzluluk, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu ölçümleri YSI marka çoklu ölçüm aleti kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Akyatan Lagünü'nde Mayıs 2019-Mayıs 2020 tarihleri arasında mevsimlik olarak Temmuz, Ekim, Ocak ve Nisan aylarında yapılan abiyotik çevresel koşullardan sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu ile ölçümlerin yapıldığı ortalama derinlik değerleri Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1'de de görüldüğü gibi çalışma zamanı diliminde Şekil 3.1'de verilen Akyatan Lagünü'nün derinliklerinin 0.2 m ile 0.41 m arasında değiştiğini ve ortalama derinliğin 0.27 olduğu saptanmıştır. Sıcaklık en düşük Ocak 2020'de 6.5°C, en yüksek sıcaklık Temmuz 2019'da 30.36°C ve genel ortalama sıcaklık 19.21 (± 8.9166) °C olarak saptanmıştır. Tuzluluk, en düşük 3.3 ppt Ocak 2020, en yüksek 19.51ppt Nisan 2020'de ve ortalama 12.50 (± 3.165) ppt olarak belirlenmiştir. ÇO miktarı en yüksek Ocak 2020 de 12.5 mg/L olarak ölçülürken en düşük Temmuz 2019 7.25 olarak ölçülmüştür. Yapılan pH ölçümleri sonucunda ise genel ortalama pH değeri 9.3975 (± 0.03) olarak belirlenmiş olup; Akyatan Lagünü'nün mevsimsel olarak yapılan abiyotik çevresel faktörlerinin değerlerinin incelenmesi sonucunda ilgili alanın su rezervuarının hafif bazik yapıda olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.1. Akyatan Lagünü'nde abiyotik çevresel koşullardan sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu ile ölçümlerin yapıldığı ortalama derinlik değerleri

Aylar	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (ppt)	Derinlik (m)	pH	OD(%)	ÇO(mg/L)
Tem.19	30.36	13.18	0.24	9.15	103.86	7.25
Eki.19	16.64	13.93	0.2	9.27	86.89	7.77
Oca.20	6.5	3.35	0.41	10.08	103.94	12.5
Nis.20	23.36	19.51	0.26	9.09	125.83	8.75
Genel Ortalama	19.215	12.4925	0.2775	9.3975	105.13	9.0675
Stsapma	3.5	3.165	0.01	0.03	10.985	0.75
Min	6.5	3.35	0.2	9.09	86.89	7.25
Max	30.36	19.51	0.41	10.08	125.83	12.5

Çalışma alanında dört mevsimde elde edilen has kefalve levrek balık örneklerinin boy ve ağırlıkları Çizelge 4.2 verilmiştir.

Çizelge 4.2'den de anlaşıldığı gibi 36 adet levrek örneklerin total boy 24.1 ile 33.3 cm arasında ağırlıkları 142.2 ile 363.93 g arasında değişim göstermektedir. İlgili türün ortalama total boy ve total ağırlıkları ise sırasıyla 28.1388 (± 2.3535) cm ile 251.5261 (± 54.29198) g olarak hesaplanmıştır. 36 adet has kefal örneklerinin total boyları 20.5 ile 36.1 cm arasında, ağırlıkları 75.07 ile 409.09 g arasında değişim göstermektedir. İlgili türün ortalama total boy ve total ağırlıkları ise sırasıyla 29.1028(± 3.8499) cm ile 250.2630(± 87.6322) g olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.2. Has kefal ve levrek örneklerinin mevsimsel ortalama boy ve ağırlıkları

MEVSİM	ÖRNEK	LEVREK		KEFAL	
		TOTAL BOY (cm)	TOTAL AĞIRLIK (g)	TOTAL BOY (cm)	TOTAL AĞIRLIK (g)
Sonbahar	Ortalama	28.9888888	293.4077778	31.38888889	313.0988889
	Stsapma	2.83700742	16.3075326	3.798501166	25.95156809
	Min.	24.6	265.94	24.8	287.54
	Mak.	32.3	314.9	36.1	356.4
Kış	Ortalama	27.8222222	242.0344444	29.42222222	240.5644444
	Stsapma	1.8464681	47.68992323	3.330832395	92.65707395
	Min.	25.8	201.66	25	126.38
	Mak.	32	351.44	35.3	409.09
İlkbahar	Ortalama	29	265.0655556	28.42222222	214.55
	Stsapma	2.33398800	61.7879764	2.968491948	65.75520265
	Min.	26.3	201.1	25	139.16
	Mak.	33.3	363.93	33.5	308.06
Yaz	Ortalama	26.7444444	205.5966667	27.74444444	234.7311111
	Stsapma	6.51209560	73.28650889	7.191298353	99.52015976
	Min.	24.1	142.2	20.5	75.07
	Mak.	29.6	282.45	36.1	384.04
Yıl	G. Ortlama	26.6693453	243.3375669	27.74648248	241.7855662
	Stsapma	6.73132647	74.95435821	7.42016862	97.86923672
	Min.	1.8464681	16.3075326	2.968491948	25.95156809
	Max	33.3	363.93	36.1	409.09

Kas dokusunda belirlenen metal düzeylerinin mevsimsel ve genel olarak hesaplanan ortalama, standart sapma, minimum ile maksimum değerleri has kefal bireyleri için Çizelge 4.3 ve levrek bireyleri için Çizelge 4.4’de verilmiştir

Örneklerin eşey, toplam boy ve toplam ağırlıkları ile belirlenen kuru ağırlık da metal düzeyleri (dw) arasında yapılan ANOVA testinde has kefallerde sadece Pb ile total boy, levreklerde ise Cu, Fe ve As total boy istatistiki olarak 0.05 güven aralığında önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bilindiği gibi balıklarda boy artışı yani balık büyüdükçe metallerin seviyelerini kas doku vb. organlarında artış göstermesi biyolojik olarak açıklanabilir.

Has kefal örneklerinin kas dokularında kuru ağırlıkta metal düzeyleri ortalama değerleri ve standart sapmaları sırasıyla Ca 963.99 ± 194.82 , K 16052.64 ± 3858.4 , Mg 1375.81 ± 212.102 , Na 2265.4 ± 813.4 , Cu 1.1108 ± 0.4821 , Fe 35.548 ± 158.38 , Zn 33.275 ± 107.05 , As 2.675 ± 0.821 , Cd 0.01 ± 0 , Cr 0.27 ± 0.37 , Pb 0.45 ± 0.49 $\mu\text{g/g}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3- Ek 3).

Çizelge 4.3’de belirtildiği gibi İlkbahar mevsiminde en fazla Ca 4570.3, Mg 3515.46, Na 9323.6 ve Cd 0.02; Kış mevsiminde K 22756.72, As 8.05 ve Pb 4.21; Sonbahar mevsiminde Cu 2.16, Fe 516.33, Zn 357.51 ve Cr 1.53 µg/g olduğu belirlenmiştir. Mevsimsel olarak ortalama değerlere bakıldığında Ca 1415.2, Mg 1957.7, Na 2819.0 ve Cu 1.4349 düzeylerinin ilkbahar mevsiminde; K 17843.03, Fe 71.064 ve Zn 55.341 düzeylerinde sonbahar mevsiminde, Cr 0.36 ve Pb 0.84 µg/g düzeylerinde kış mevsiminde en yüksek değerlerdedir. As ise tüm mevsimlerde yaklaşık aynı değerde olduğu saptanmıştır.

Levrek örneklerinin kas dokularında kuru ağırlıkta metal düzeylerinin ortalama değerleri ve standart sapmaları sırasıyla Ca 885.17± 377.75, K 17170.38 ±4256.117, Mg 1351.08± 190.185, Na 2867.55±1026.51, Cu 1.345±0.87, Fe 18.09±17.83, Zn 48.699 ±31.954, As 3.056±4.361, Cd 0.033±0.032, Cr 1.67±0.3 ve Pb 0.38±0.38 µg/g olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4- Ek 4).

Mevsimsel olarak metallerin en yüksek değerleri Kış mevsiminde Ca 1842.3, K 24209.73 ve Na 4852.35; Yaz Cu 5.05, Fe 85.42, Zn 111.03, Cd 0.109 ve Cr 1.67; Sonbahar As 21.58 ve Pb 1.8; İlkbahar mevsiminde ise Mg 1729.23 µg/g olduğu belirlenmiştir. Mevsimsel olarak ortalama değerlere bakıldığında ise, Ca 1031.4, K 21088.72 ve Mg 1491.75 Kış mevsiminde; Na 3744.95 İlkbahar mevsiminde; Cu 1.981, Fe 38.16 ve Zn 90.554 Yaz mevsiminde; As 7.725, Cd 0.026 ve Pb 0.54, Sonbahar mevsiminde; Cr yaz mevsiminde 0.38 düzeyinde en yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır.

Akyatan Lagününden elde ettiğimiz has kefal ve levrek balıklarının tüketiminden kaynaklı olası sağlık risklerinin değerlendirilmesi amacıyla Tahmini Haftalık Alım (EWI), Hedef Tehlike Oranı (THQ) ve Yaşam boyu kanser riski (CR) hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar, yetişkin ve çocuk tüketicilerin haftada 1, 3 ve 5 gün söz konusu balıkları tüketmeleri olasılıkları doğrultusunda yapılmıştır.

Has kefallerin ve levreklerin EWI değerleri Çizelge 4.5 (Ek 5) ve 4.6 (Ek 6)’de verilmiştir.

Cu, Fe, Zn, (JECFA, 2010), As (EFSA, 2009) ve Cd (EFSA, 2011) elementleri için otoriteler tarafından belirlenen PTWI değerleri sırasıyla 3500, 5600, 300-1000 aralığı, 2000, 15 ve 2.5 (µg/kg) şeklindedir.

Bu kapsamda Cu, Fe, Zn, As ve Cd elementleri için PTWI limitlerinin birey vücut ağırlıkları göz önünde bulundurularak yetişkinlerde sırasıyla; 245000, 392000, 147000-490000 aralığı, 1050 ve 175 (µg/kg); çocuklarda sırasıyla 112000, 179200, 67200-224000 aralığı, 480 ve 80 olduğu hesaplanmıştır.

Hesaplanan EWI değerlerinin PTWI düzeyleri ile karşılaştırılabilen Cu, Fe, Zn, As ve Cd elementleri bakımından limitlerin altında olduğu ve bu balıkların tüketiminde bu metallerin haftalık alım tolerans limitleri açısından herhangi bir risk oluşturmadığı belirlenmiştir.

Metal kirleticilerine maruz kalınması durumunda olası sağlık risklerini doğrudan ve kesin bir şekilde ortaya koymasa da potansiyel sağlık risklerinin belirlenmesi amacıyla THQ değeri önemli bir parametredir. İncelenen söz konusu balıklarda kas dokularında ölçülen metallerin miktarları

kullanılarak hesaplanan THQ düzeyleri has kefaller için Çizelge 4.7 ve levrek için Çizelge 4.8'da verilmiştir.

Çizelge 4.3. Has Kefal Hedef Tehlike Oranı (THQ) (G: Haftada yenen gün, Y: Yetişkin, Ç: Çocuk)

		Hedef Tehlike Oranı (THQ)									
		G	Cu	Fe	Zn	Cr	Cd	Pb	As	TTHQ	
Kış	Y	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.15
İlkbahar	Y	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.17
Yaz	Y	5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.05
		3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.23
Sonbahar	Y	5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	5	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05
		3	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11

Çizelge 4.4. Levrek Hedef Tehlike Oranı (THQ)

		Hedef Tehlike Oranı (THQ)									
		G	Cu	Fe	Zn	Cr	Cd	Pb	As	TTHQ	
Kış	Y	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.14
İlkbahar	Y	5	0.00	0.00	0.01	0.00	NC	0.00	0.01	NC	
		3	0.00	0.00	0.00	0.00	NC	0.00	0.01	NC	
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	NC	0.00	0.00	0.00	NC
	C	5	0.00	0.00	0.01	0.00	NC	0.01	0.02	NC	
		3	0.00	0.00	0.01	0.00	NC	0.00	0.01	NC	
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	NC	0.00	0.12	NC	
Yaz	Y	5	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	
		3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	C	5	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07
		3	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.04

		1	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.09
Sonbahar	Y	5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	0.06
		3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	C	5	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.09	0.12
		3	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.06	0.07
		1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.60

K:Kış; İ:İlkahar; Y:Yaz; S:Sonbahar; Y:Yetişkin; C:Çocuk, G: Haftada yenen gün

THQ>1 olması; metal tüketiminin tüketici açısından risk teşkil ettiğini ortaya koymaktadır. Has kefallerde Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi Cu, Fe, Zn, Cr, Cd, Pb ve As balık örneklerinin kas dokularında THQ düzeyleri 0.00 ile 0.23 arasında değişim göstermekte olup; en yüksek değer As elementinde 0.23 ile yaz mevsiminde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8’de ise levreklerin örneklerinin kas dokularında THQ düzeyleri 0.00 ile 0.59 arasında değişim göstermekte ve en yüksek değer yine As elementinde 0.59 ile sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir.

Ancak incelenen tüm metallere ait THQ değerlerinin tehlikeli eşiğin (>1) altında olduğu belirlenmiştir.

Has kefal ve levrek balıklarından vücuda alınan metallere kaynaklı olası kanserojen risklerin değerlendirilmesi kapsamında Cr, As, Cd ve Pb metalleri için CR değeri hesaplanmış ve Çizelge 4.9 (Ek 7) ile Çizelge 4.10 (Ek 8)’de verilmiştir.

Sağlıklı insanlarda yaşam boyu kanser riski (CR) değerinin bu eşik değerin (<10⁻⁵) altında olması beklenmektedir. Has kefallerde CRPb ve CRCd seviyeleri yetişkinler ve çocuklar için haftalık alınan gün sayılarına göre herhangi bir tehlike arz etmediği belirlenmiştir. CRCr ve CRAs de yetişkinler için haftada alınan gün sayılarında herhangi bir risk oluşturmamakta olup; çocuklar için ise CRCr sonbahar da haftada 5 gün ile kış da haftada 3 ve 5 gün alımlarında >10⁻⁵ olarak belirlenmiş olup, risk teşkil ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.10’da levreklerde CRPb herhangi bir risk oluşturmamaktadır. CRCd, CRCr ve CRAs değerleri >10⁻⁵ olarak belirlenmiştir. CRCr yetişkinlerde yazın haftada 5 gün, çocuklarda Kış, yaz ve sonbaharda haftada 5 ile 3 gün, ilkbaharda haftada 5 gün tüketilmesi yaşam boyu kanser risk seviyesinin artırmaktadır. CRAs yetişkinlerde sonbaharda haftada 5 ile 3 gün, çocuklarda kış, ilkbahar ve yaz hafta da 5 gün, sonbaharda haftada 5 ile 3 gün tüketiminde yaşam boyu kanser riski artmaktadır. CRCd ise yetişkinlerde yazın haftada 5 ile 3 gün, çocuklarda kış haftada 5 gün, ilkbahar, yaz ve sonbaharda haftada 5 ile 3 gün tüketiminde CR düzeyinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Has kefallerde CRAs, CRPb ve CRCd, levreklerde CRPb (>10⁻⁵) tehlike arz etmediği, has kefallerde çocuklar için ise CRCr sonbahar da haftada 5 gün, kış da haftada 3 ve 5 gün alımlarında >10⁻⁵ olarak belirlenmiştir. Levreklerde CRCd, CRCr ve CRAs değerleri >10⁻⁵ olarak belirlenmiştir. Bu metallerin özellikle çocuklarda haftada 5 ve 3 gün alımlarında Risk değerinin üstünde olduğu saptanmıştır.

İnsanlar için en önemli besin kaynaklarından biri de balıklardır. İçerdiği protein, yağ asitleri ve mineral madde miktarı türden türe değişim göstermektedir. Balıklarda en önemli mineral maddeler P, Mg, Ca, K, Na gibi elementlerdir. İncelenen balıklarda Ca ve Mg miktarı has kefalde biraz daha yüksek, K ve Na ise levrekte daha yüksek bulunmuştur. Bu minerallerden K balıkta sıvı ve elektrolit dengesi, Ca kanın pıhtılaşmasını, kas kasılmalarının önlenmesi ve kemik-diş oluşumunda, Na kalp atış ritminin düzenlenmesi ve vücut su dengesinin sağlanması, Mg vücudun enerji deposu gibi temel görevlerde rol oynarlar (Akyurt, 1994). Yapılan bu çalışmada mineral değerleri, diğer çalışmaların altında veya üstünde olabilir. Bu farklılık balık türüne, beslenme biçimine, büyüklüğüne, cinsi olgunluk yaşına, ortamın fiziko-kimyasal parametrelerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Bu çalışma da bulduğumuz sonuçlar ile daha önce çalışılan türlerle ilgili çalışmalar has kefaller için Çizelge 4.11 (Ek 9)'de ve levrekler için Çizelge 4.12 (Ek 10)'de verilmiştir.

İncelenen has kefal balıklarının kas dokularında iz elementlerden Cu ilkbaharda en yüksek düzeylerde bulunurken, Fe ve Zn ise sonbahar mevsiminde yüksek bulunmuştur. Levrekte ise bu üç iz element yaz mevsiminde yüksek bulunmuştur. Manaşırılı ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada da iz elementlerin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Dural ve ark., (2007) ise daha çok birikimin ilkbahar ve kış mevsiminde olduğunu bildirmişlerdir. Bu farklılığın oluşması balığın biyolojisine, coğrafi konuma, iklimsel faktörlere bağlı olabilir. Özellikle tarımsal girdilerin olması, bahar mevsiminde rüzgâr ve yağmur gibi faktörlerin etkisiyle, ortamda iz element miktarının artmasına ve bu kas dokuda birikmesine neden olmuştur.

Akyatan Lagünü'nden yakalanan has kefal balığında kas dokuda biriken metal düzeyleri incelendiğinde Cu içeriği en az bu çalışmada tespit edilirken (1.1108) diğer çalışmalarda daha yüksek bulunmuştur (Canlı ve Atlı, 2003; Yılmaz, 2009;. Bayhan ve Ünübol, 2016). Levrekte ise Cu miktarı 1.345 olarak belirlenmiştir. Yılmaz (2005) yaptığı çalışma verisi ile benzerlik göstermektedir. Cu alaşımları özellikle sanayi ve endüstrileşmenin çok yoğun olduğu bölgelerde birçok amaç için kullanılan metallere biridir. Genelde doğada sülfürlü ve oksit şeklinde bulunan Cu, kimyasal özelliğinden dolayı doğaya hava yolu ile salınım sağlarlar. Aynı zamanda da suda çözünerek geniş bir alanda yayılım gösteren bir metaldir (Kartal, 2004). Çalışmamızın yapıldığı bölgeye de hava ve tarım arazilerinde kullanılan gübreler yoluyla Cu girişi olabileceği düşünülebilir.

Fe has kefalde 33.275 ve levrekte 18.09 olarak belirlenmiş olup; has kefal, Canlı ve Atlı (2003) yaptığı çalışma ile benzerlik gösterirken, levrekte ise yapılan çalışmalarda en düşük değerlerinin bu çalışmada olduğu gözlenmiştir. Fe dünyada en fazla olan elementlerden biri olduğundan her ortamda karşımıza çıkan bir metaldir. Suya girişi özellikle İskenderun Körfezi'nden dolayı olabilir.

Zn has kefalde 33.275 olarak bulunmuş, Kuzey Akdeniz ve İskenderun Körfezi'nde yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Kalay ve ark., 1999; Canlı ve Atlı, 2003; Yılmaz, 2005). Levrekte ise bu değer 48.69 olup, Yılmaz (2005)'in yaptığı çalışmayla benzerlik göstermesine

rağmen diğer çalışmalarda bu değer oldukça düşük belirlenmiştir (Sunlu ve Egemen, 1998; Yazkan ve ark., 2002; Dalman ve ark., 2006). Çevrede ve canlıda bulunan, biyolojik olaylarda rol oynayan Zn endüstriyel alanda çok fazla kullanıldığından, doğada tüm sanayi atıklarının yapısında bulunur ve yer altı ve yerüstü karışırlar (Köse, 2007; Thomas ve ark., 1988). Zn seviyesinin yüksek çıkmasının nedeni, tarımsal arazilerden giren gübre kalıntısı ile kirlenmesi ve İskenderun Körfezi'nin etkisi altında olması olabilir.

Toksik ağır metallere As, Cd, Cr ve Pb her iki türde de tespit edilmiştir. As kas dokuda birikimi levrekte daha yüksek olmakla birlikte has kefalde yaz mevsiminde yüksek, levrekte sonbahar mevsiminde yüksek bulunmuştur. As, doğada mikroorganizmaların biyolojik aktiviteleri ve erozyon gibi doğal olaylar ile organik maddelerin parçalanması sonucu ortaya çıkan ve doğada bol miktarda bulunan bir metaldir (Duker ve ark., 2005). Yarı metalik bir özelliği vardır, belirgin şekilde toksik ve kanserojendir ve yaygın olarak oksitler veya sülfürler formunda veya demir, sodyum, kalsiyum, bakır vb. tuzları halinde bulunur (Singh ve ark., 2007). As aynı zamanda pestisitlerin, doğal mineral birikintileri ve kimyasalların doğaya rastgele atılmasından dolayı sulara kadar ulaşabilmektedir (Mazumder, 2008). Çalışmamızda As çıkmasının sebepleri belirtilen nedenler olabilir.

Cd çalışmamızda levrekte daha az, has kefalde daha fazla tespit edilmiş olup, diğer yapılan çalışmalardan daha düşük düzeyde belirlenmiştir (Kalay ve ark., 1999; Canlı ve atlı, 2003). Dural (2004) Akyatan Lagünü'nde yaptığı tez çalışmasında bu değerlerin üzerinde veriler elde etmiştir. Cd endüstriyel alanda özellikle pillerin yapımında, PVC gibi materyallerin ısıya karşı dayanıklılığının artırılmasında ve demir ve çelik ile kaplanamayan bazı malzemelerin kaplanmasında kullanılan çok toksik bir metaldir (USGS, 1997). Çevreye yayılan Cd toprakta yıllarca kalabilir ve böylece bitkinin yapısına katılarak, bitkilerde yavaş yavaş birikime neden olurlar. Besin zinciri yoluyla tüm canlılara ulaşan Cd insanlara kadar ulaşır (Satarug ve ark., 2011).

Diğer çalışmalar ile kıyaslandığında has kefalde 0.27 değeri ile Cr bizim çalışmamızda en düşük seviyede iken, Kalay ve ark., (1999) Kuzeydoğu Akdeniz'de bu değeri 1.24-1.35 arasında bulmuşlardır. Levrekte ise bu değer 0.3 olarak belirlenmiştir. Cr da doğada çok yaygın olan elementlerden biri olup, sucul ortama atıklar ile ulaşır.

Pb has kefalde 0.45 ve levrekte 0.38 tespit edilirken, Dural (2004)'de yaptığı çalışmada aynı alanda bu değerlerin kefalde 0.80, levrekte 0.53 ve daha yüksek olduğu görülmektedir. Pb doğada canlılar ve çevre için endüstri kaynaklı bir kirlenici olarak bilinmektedir ve eşit miktarlarda hem hava hem de gıda kaynaklı bu metale maruz kalabilirler (Järup, 2003).

Araştırmalar sonucunda türler arasında ve mevsimsel olarak metal değerleri arasındaki farklılık türlerin büyüme ortamlarının farklı olmasına, ortamın fiziko-kimyasal özelliklerinin değişim göstermesine, balık besin kompozisyonlarında bulunan metal içeriklerine ve su ortamında bu metallere davranışlarına bağlı olabilir.

Tüketici sağlığı risk değerlendirmeleri açısından EWI değerlerinin, EFSA (2009, 2011) ve FAO/WHO (JECFA, 2011) tarafından belirlenen PTWI değerlerinin aşılmamış olması bu balıkların Türkiye'deki tüketiciler için haftalık alım düzeyleri açısından risk teşkil etmediğini göstermiştir.

İncelenen tüm metallere ait THQ değerlerinin tehlikeli eşiğin (>1) altında olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde THQ ve ΣTHQ değerlerinin <1 olarak belirlenmesi de tüketici açısından kanser dışı sağlık problemlerinin ortaya çıkma olasılığının düşük olduğunu göstermiştir. Ancak bu durumun balıklarda belirlenen metal konsantrasyonlarından ziyade, ülkemizdeki oldukça düşük su ürünleri ve balık tüketiminden kaynaklandığı söylenebilir.

USEPA, (2000) metal alımına maruz kalma sonucunda ortaya çıkabilen yaşam boyu kanser riski (CR) 10^{-5} düzeyinin üzerinde olması, sağlıklı bir insanın kansere yakalanma olasılığının (100.000'de 1) artacağını bildirmektedir. Mevcut çalışmada has kefal ve levrek tüketiminden kaynaklı Cr, As ve Cd düzeylerinin kanser riskini arttırabileceği belirlenmişken, Pb değerlerinin yaşam boyu kanser riski açısından tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir. Kıyılarımızda ya da diğer Akdeniz ülkelerinde has kefal ve levrek balıklarında THQ ve CR hesaplamalarının yapıldığı bir araştırma bulunmamıştır. Ancak Loaiza ve ark., (2018) tarafından Peru'da yapılan çalışmada; *Octopus mimus* ve Köşker (2020) Mersin Körfezi'nde *Octopus vulgaris*'in dokularındaki metal düzeylerine göre hesaplanan THQ değerleri ve ile benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Yine aynı araştırmacıların hesapladığı CR değerleri de bu çalışma ile benzer şekilde olup As, Cd ve Cr elementlerinin CR açısından risk teşkil ettiği ve kanser riskini arttırdığı bildirilmiştir. Bu metallerin özellikle çocuklarda haftada 5 ve 3 gün alımlarında risk değerinin üstünde olduğu saptanmıştır

Cd, çoğunlukla böbreklerde (böbrek fonksiyon bozukluğuna yol açan) ve kemiklere uzun süre maruz kaldıktan sonra toksik etkiler açığa çıkarken, aşırı miktarda Pb, nörotoksisite gelişimi, yetişkinlerde sistolik kan basıncı ve kronik böbrek hastalığının prevalansı üzerine olumsuz etkilere neden olabilir (EFSA, 2013).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, Akyatan Lagününden ilkbahar, yaz, kış ve sonbahar mevsiminde elde edilen has kefal ve levrek balık örneklerinin özellikle insan tüketimin de öncelikli olan kas dokularındaki makro (Na, Mg, P, K, Ca), iz (eser) element (Fe, Cu, Zn) ve potansiyel toksik ağır metal düzeyleri (Cd, Pb, Cr, As) belirlenmiştir.

Her iki tür balıkta da bireylerin eşey, toplam boy ve toplam ağırlıkları ile belirlenen kuru ağırlık metal düzeyleri (dw) arasında has kefallerde sadece Pb ile total boy, levreklerde ise Cu, Fe ve As ile Total boy istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bilindiği gibi balıklarda boy artışı yani balık büyüdükçe metallerin seviyelerini kas doku vb. organlarında artış göstermesi biyolojik olarak kaçınılmazdır.

Balıklar da türsel baz da kendi içlerinde mevsimsel ortalama ve genel ortalama metal düzeyleri arasında istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ancak balıklar her ne kadar aynı ortamdan elde edilmiş olsalar da türsel baz da kas dokularında metal düzeyleri farklı bulunmuştur. Bunun asıl sebebi ise her türün kendine özgü bir yaşam döngüsü, beslenme farklılığı, fizyolojik özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Belirlenen bu metal düzeyleri kullanılarak özellikle insan besini olarak, bulunduğumuz coğrafik konumda oldukça tüketilen has kefal ve levrek balıkların dan kaynaklı olası sağlık risklerinin değerlendirilmesi amacıyla Tahmini Haftalık Alım (EWI), Hedef Tehlike Oranı (THQ) ve Yaşam boyu kanser riski (CR) hesaplamaların yapılmıştır.

Tüketici sağlığı risk değerlendirmeleri açısından EWI değerlerinin, PTWI değerlerinin aşılmamış olması bu balıkların Türkiye'deki tüketiciler için haftalık alım düzeyleri açısından risk teşkil etmediğini göstermiştir.

Benzer şekilde THQ ve Σ THQ değerlerinin < 1 olarak belirlenmesi de tüketici açısından kanser dışı sağlık problemlerinin ortaya çıkma olasılığının düşük olduğunu göstermiştir.

Mevcut çalışmada has kefal ve levrek tüketiminden kaynaklı Cr, As ve Cd düzeylerinin özellikle çocuklarda haftada 5 ile 3 gün tüketilmesi kanser riskini arttırabileceği belirlenmişken, Pb değerlerinin yaşam boyu kanser riski açısından tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir.

Bu durumun Akyatan Lagününde yoğun olarak gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler başta olmak üzere, denizcilik faaliyetleri, kentsel atıklar vb. (Külcü ve ark., 2014; Köşker ve ark., 2019) antropojenik etkilerden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda tüketici sağlığı ve ekosistem sürekliliği açısından bölgedeki su ürünleri türleri üzerinde metal kirliliği çalışmalarının arttırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acarlı, D., Kara, A., Bayhan, B., Çoker, T., 2009. Homa Lagünü'nden (İzmir Körfezi, Ege Denizi) Yakalanan Türlerin Av Kompozisyonu ve Av Verimi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 26(1):39-47.
- Ağcasulu, Ö., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akyol, B., 2022. Akyatan Lagünü (Karataş-Adana)'nde gümüşü havuz balığı (*Carassius gibelio* Bloch, 1982) populasyon dinamiği parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Akyurt, İ., 1994. Balık beslemede mineraller. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(3):445-453.
- Alpbaz, A., 2005. Su ürünleri yetiştiriciliği, Alp yayınları. İzmir
- Andaloro, F., Romeo, T., Renzi, M., Guerranti, C., Perra, G., Consoli, P., Focardi, S.E., 2012. Alteration of potential harmful elements levels in sediments and biota from the central Mediterranean Sea (Aeolian Archipelago) following an episode of intense volcanic activity. Environmental monitoring and assessment, 184(7), 4035-4047.
- Anonim, 2013. Sulak alanlar. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye
- ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry), 2017. Priority List of Hazardous Substances. Atlanta, Georgia, USA.
- Aydın-Önen, S., Küçüksezgin, F., Koçak, F., Açık, S., 2015. Assessment of heavy metal contamination in *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), and surface sediments of Bafa Lake (Eastern Aegean), Environmental Science and Pollution Research, 22:8702–8718.
- Bayhan, T., Ünübol Aypak, S., 2016. Büyük Menderes Deltası'ndan Avlanan Kefal ve Levreklerde Cu, Zn Ve Cd Düzeylerinin Belirlenmesi Ve Metallotiyonin İle İlişkisinin Araştırılması. Gıda, 41(5), 359-366.
- Canlı, 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(1), 129-136.
- Canpolat, Ö., Çalta, M., 2001. Keban Baraj Gölü'nden (Elazığ) yakalanan *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843)'de bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 263-268.
- Castro-González, M.I., Méndez-Armenta, M., 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. Environmental toxicology and pharmacology, 26(3), 263-271.

- Copat, C., Bella, F., Castaing, M., Fallico, R., Sciacca, S., Ferrante, M., 2012. Heavy metals concentrations in fish from Sicily (Mediterranean Sea) and evaluation of possible health risks to consumers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(1):78-83.
- Çevik, F., Polat, S., Dural, M., 2008. Akyatan ve Tuzla lagünlerinin (Adana, Türkiye) fitoplanktonu ve mevsimsel değişimi. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 2(1):19-29.
- Dalman, Ö., Demirak, Balcı, A., 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 95: 57-162.
- Damodharan, U., Reddy, M.V., 2013. Heavy metal bioaccumulation in edible fish species from an industrially polluted river and human health risk assessment, *Archives of Polish Fisheries*, 21:19-27.
- Del Valls, T.A., Blasco, J., Sarasquete, M.C., Forja, J.M., Gomez-Parra, A., 1998. Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish *Sparus aurata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 41:157-167.
- Demir Yetiş, A., Selek, Z., 2009. Akyatan lagününde tuzluluk ve bazı kirlilik düzeylerinin saptanarak coğrafi bilgi sistemi destekli dağılımlarının belirlenmesi. *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(1).
- Duker, A.A., Carranza, E.J.M., Hale, M., 2005 Arsenic geochemistry and health. *Environment International*, 31:631-641.
- Dural, M., Göksu, M.Z.L., Özak, A.A., 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food chemistry*, 102(1):415-421.
- Dural, M., Göksu, M.Z.L., 2004. Çukurova bölgesindeki Akyatan, Tuzla ve Çamlık Lagünlerinde (Adana/Türkiye) ağır metal araştırması. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dural, M., Lugal Göksu, M. Z., Özak, A. A., Derici, B., 2006. Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Dicentrarchus labrax* L, 1758, *Sparus aurata* L, 1758 and *Mugil cephalus* L, 1758 from the Camlik Lagoon of the Eastern Cost of Mediterranean (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 118(1):65-74.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2009). Scientific Opinion on arsenic in food. *EFSA Journal*, 7(10), 1351.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2011). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA Journal*, 9(2), 1975.
- EFSA (2013). Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on lead in food. *EFSA Journal*, 8 (4), 1570.
- Freedman, B., 1995. *Environmental Ecology, The Ecological Effects of Pollution, Disturbance and Other Stresses*, Academic Press.

- Gilabert, J., 2001. Seasonal plankton dynamics in a Mediterranean hypersaline coastal lagoon: the Mar Menor. *Journal of Plankton Research*, 23(2):207-218.
- Güner, U., 2008. Essensiyel elementler ile toksik olan ağır metallerin canlılar üzerindeki etkileri. Toksikoloji Ders Notları. Trakya Üniversitesi.
<https://earth.google.com/web>
<http://www.turkiyesulakalanlari.com/akyatan-lagunu-adana/>
https://www.dogaarastirmalari.org.tr/services/Services.php?action=downloadSiteReportFile&id=70&language=tr&action_type=Show
http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/wwf_turkiye_ramsar_alanlari_degerlendirme_raporu.pdf.
- Järup, L., 2003. Hazards of heavy metal contamination. *Brit. Med. Bull.*, 68: 167-182.
- JECFA, 2010. Joint FAO/WHO Expert committee on food additives. Seventysecond meeting. Rome, 16–25 February 2010. Summary and conclusions. JECFA/72/SC. Food and Agriculture Organization of the United Nations World Health Organization. Issued 16th March 2010
- JECFA, 2011. Evaluation of certain food additives and contaminants: Seventyfourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series no. 966. Rome, Italy
- Kalay, M., Ay, Ö., Canli, M., 1999. Heavy Metal Concentrations in Fish Tissues from the Northeast Mediterranean Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 63, 673–681.
- Karadavut, U., Geçit, H.H., Sermenli, T., Erdoğan, C., Sezer, N., 1998. Amik ovası koşullarında yetiştirilen bakla (*Vicia faba* L.) bitkisinin bitkisel özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. 2. Sebze Tarımı Sempozyumu (28-30 Eylül 1998), 216-221, Tokat.
- Kartal A., 2006 Diyabetli hastalarda planlı eğitim programının sağlık inancına ve diyabet yönetimine etkisinin incelenmesi. Doktora tezi. Ege Üniversitesi. İzmir.
- Köşker, A. R., Ozogul, F., Ayas, D., Durmus, M., Ucar, Y., 2019. Elemental composition of pufferfish species from Northeastern Mediterranean Sea. *Environmental monitoring and assessment*, 191(6), 334.
- Köşker, A.R., 2020. Ahtapotun (*Octopus vulgaris*) metal düzeylerinin değerlendirilmesi: sağlık riskleri tahmini. *Su Ürünleri Dergisi*, 37(3):1-1.
- Köse, E., 2007. Enne Barajı'nda yaşayan balıklarda ağır metal birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Krishna, P.V., Madhusudhana Rao, K., Swaruparani, V., 2014. Heavy metals concentration in fish *Mugil cephalus* from Machilipatnam Coast and Possible Health Risks to Fish Consumers, *British Biotechnology Journal*, 4(2):126-135.
- 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 and Oceanography* 3(2): 2. DOI: 10.4172/2324-8661.1000127

- Loaiza, I., De Troch, M., De Boeck, G., 2018. Potential health risks via consumption of six edible shellfish species collected from Piura–Peru. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 159, 249-260. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.05.005
- Lopes, M.R.M., Bicudo, C.E.D., Carla Ferragut, M., 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. In *Aquatic Biodiversity II* (pp. 235-247). Springer, Dordrecht.
- Loureiro, S., Newton, A., Icely, J., 2006. Boundary conditions for the European Water Framework Directive in the Ria Formosa lagoon, Portugal (physico-chemical and phytoplankton quality elements). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(3):382-398.
- Makedonski, L., Peycheva, K., Stancheva, M., 2017. Determination of heavy metals in selected black sea fish species, *Food Control*, 72:313-318.
- Manaşlı, M., Mavruk S., Yeldan H., Avşar, D., 2015. Trace element Fe Cu and Zn accumulation in the muscle tissues of *Saurida undosquamis Pagellus erythrinus* and *Mullus barbatus* in the Iskenderun Bay Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(5):1601-1606.
- Mazumder, G., 2008. Chronic arsenic toxicity & human health. *Indian Journal of Medical Research*, 128(4):436–447
- Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Gines, R., Izquierdo, M.S., 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oil: A timecourse study on the effect of a re-feeding period with a %100 fish oil diet. *Aquaculture* 248:121-134.
- Nassouhi, D., Ergönül, M.B., Fikirdeşici, Ş., Karacakaya, P., Atasagun, S., 2018. Ağır metal kirliliğinin biyoremediasyonunda sucul makrofitlerin kullanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 14(2):148-165.
- Nelson, J.S., 1994. *Fishes of the world*, 3rd edn. Wiley, New York
- Öner, S., Metli, M., 2015. Bafa Gölü’nden avlanan topan kefal (*mugil cephalus*, linnaeus, 1758) türü balıklarda ağır metal düzeyinin belirlenmesi. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14(1):65-70.
- Rainbow, P.S., Phillips, D.J., 1993. Cosmopolitan biomonitors of trace metals. *Marine pollution bulletin*, 26(11):593-601.
- Rashed, M.N., 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. *Environment international*, 27(1):27-33.
- Sağiroğlu, B., 2009. İskenderun Körfezi'nde avlanan lagos (*Epinephelus aeneus*) dokularında ağır metal birikim düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Satarug, S., Garrett, S.H., Sens, M.A., Sens, D.A., 2011. Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Ciência & Saúde Coletiva* 16(5):2587–2602.
- Singh, N., Kumar, D., Sahu, A., 2007. Arsenic in the environment: effects on human health and possible prevention. *Journal of Environmental Biology*, 28(2 Suppl):359–365.

- Sönmez, M.E., Aytuk, C., 2014. Akyatan Lagünü çevresinde arazi kullanımındaki değişimlerin zamansal incelenmesi ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinin belirlenmesi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1(1):25-39.
- Srivastava, V.C., Mall, I.D., Mishra, I.M., 2006. Characterization of mesoporous rice husk ash (RHA) and adsorption kinetics of metal ions from aqueous solution onto RHA. Journal of hazardous materials, 134(1-3):257-267.
- Sunlu, U., 1994. SÜFA Dalyanı ve Ege Denizi'nin farklı bölgelerindeki kirlenme durumu ile bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal düzeylerinin araştırılması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. İzmir.
- Sunlu, U., Egemen, O., Kaymakci, A., 1998. Trace metals in Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (L. 1758) and in surficial sediments from Urla-Iskele-Izmir, Turkey.
- Taşni, B., 2017. Baraküda (*Sphyraena sphyraena* linnaeus, 1758), kupez (*Boops boops* linnaeus, 1758), levrek (*Dicentrarchus labrax* linnaeus, 1758) ve çipurannın (*Spaurus aurata* linnaeus, 1758) mevsimsel biyokimyasal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Taylan, Z.S., Özkoç, H.B., 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2), 17-33.
- Thomas, A.J., Bunker, V.W., Hinks, U., Sodha, N., Mullee, M.A., Clayton, B.E., 1988. Energy, protein zinc and copper status of twenty-one elderly in patients: analyzed dietary intake and biochemical indices. British Journal of Nutrition, 59(2):181-191.
- Topçuoğlu, S., Kırbasoğlu, Ç. ve Güngör, N., 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997–1998. Environment International, 27(7):521-526.
- Traina, A., Bono, G., Bonsignore, M., Falco, F., Giuga, M., Quinci, E. M., Sprovieri, M., 2019. Heavy metals concentrations in some commercially key species from Sicilian coasts (Mediterranean Sea): potential human health risk estimation. Ecotoxicology and Environmental Safety, 168:466-478.
- Turan, C., Dural, M., Öksüz, A., Öztürk, B., 2009. Levels of Heavy Metal in Some Commercial Fish Species Captured from the Black Sea Mediterranean Coast of Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 82:601-604.
- TÜİK, 2022. Su Ürünleri İstatistikleri <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> (Erişim tarihi: 01.07.2022)
- UNEP/FAO/IAEA/IOC, 1984 Reference Methods for Marine Pollution Studies. UNEP, 1, 11-21.
- USEPA, 2000. Risk-based concentration table. United States Environmental Protection Agency Philadelphia, PA.
- USEPA, 2014. Surface water standards and guidance. Washington, DC: Water quality standards handbook.

- USEPA, 2019. Regional screening levels (RSLs) equations. <https://www.epa.gov/risk/regional-screeninglevels-rsls-equations>.
- USGS., 1997. Minerals yearbook cadmium. U. S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Yaz, N., Dias, J. M., Leitaó, P., Martins, I., 2005. Horizontal patterns of water temperature and salinity in an estuarine tidal channel: Ria de Aveiro. *Ocean Dynamics*, 55(5):416-429.
- Yabanlı, M., Coşkun, Y., Öz, B., Yozukmaz, A., Sel, F., Öndeş, S., 2013. Bafa Gölü'nden elde edilen levreklerde (*Dicentrarchus Labrax*) ve göl suyunda ağır metal içeriğinin belirlenmesi, balık/halk sağlığı açısından durum değerlendirmesi. *Bornova Veteriner Bilimleri Dergisi*, 35(49):15-23.
- Yabanlı, M., Katalay, S., Yozukmaz, A., İnanan, B.E., 2015. Comparative study of heavy metals and selenium accumulation in the digestive gland and gills of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) caught in Izmir Bay (Turkey). *Turkish Journal of Biochemistry*, 40(2):140-148.
- Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükcü, M., 2002. Antalya Körfezinde avlanan bazı balık türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26:1309-1313.
- Yılmaz, 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(3):277-281
- Yılmaz, A.B., 2005. Comparison of heavy metal levels of Grey mullet (*Mugil cephalus* L.) and sea bream (*Sparus aurata* L.) caught in Iskenderun Bay (Turkey). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29:257-262.
- Yılmaz, F., 2009. The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) inhabiting Köycegiz Lake-Mugla (Turkey), *Turkish Journal of Science & Technology*, 4(1):7-15.
- Yılmaz, A.R.I., Derinöz, B., 2011. Bir sulak alan nasıl yönetilmez? kültürel ekolojik perspektif ile Marmara Gölü (Manisa) örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9(1): 41-60.
- Yipel, M., 2012. Akdeniz Antalya Körfezi'nde avlanan barbunya (*Mullus barbatus*, linnaeus, 1758), kefal (*Mugil cephalus*, linnaeus, 1758) ve yeşil kaplan karidesi (*Panaeus semisulcatus*, de haan, 1844) türlerinde bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Lale KAYA. İlk, orta ve lise eğitimini Adana’da tamamladı. 2005 yılında başladığı Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi’nden 2009 yılında mezun oldu ve 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nde başladığı yüksek lisansına devam etmektedir. 2013 yılında göreve başladığı Adana Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı’nda Su Ürünleri Mühendisi olarak görevini sürdürmektedir.



EKLER

Ek 1: Kefallerde Yaş Ağırlık Metal Analizi (µg/g)

		Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	As	Cd	Cr	Pb
K	KK1	185,13	3412,28	253,79	571,8	0,24	1,67	2,47	0,41	ND	0,06	0,97
	KK2	78,94	3801,68	284,72	584,46	0,12	0,98	2,02	0,32	ND	0,03	0,05
	KK3	126,56	956,44	60,34	147,6	ND	ND	ND	0,02	ND	0,04	0,04
	KK4	434,98	4167,2	331,32	622,75	0,15	3,18	3,19	0,56	0	0,04	0,09
	KK5	241,64	5380,65	400,56	770,4	0,22	8,91	1,77	1,92	ND	0,14	0,21
	KK6	319,28	5282,17	338,46	880,53	0,38	8,81	11,61	0,32	ND	0,12	0,22
	KK7	181,34	5290,94	379,55	859,58	0,19	3,65	1,76	0,55	ND	0,07	0,04
	KK8	335,24	3873,43	331,85	516,54	0,13	2,22	1,79	0,56	ND	0,05	0,04
	KK9	146,35	3581,34	249,94	511,86	0,08	1,62	2,4	0,32	ND	0,19	0,07
IB	IBK1	242,99	4978,25	613,37	849,16	0,32	4,33	5,04	0,61	0	0,03	0,06
	IBK2	398,38	4957,25	356,64	888,89	0,28	3,87	3,77	1,3	ND	0,04	0,07
	IBK3	980,78	4656,89	331,85	624,43	0,31	2,92	4,35	0,86	0	0,03	0,04
	IBK4	35,62	3044,36	219,31	260,65	0,15	4,63	2,97	0,22	0	0,05	0,06
	IBK5	188,53	3865,63	289,91	756,85	0,51	7,78	6,39	0,49	ND	0,04	0,08
	IBK6	119,06	3596,71	253,15	468,15	0,35	6,86	5,4	0,36	ND	0,04	0,04
	IBK7	426,11	4022,01	702,68	716,19	0,35	7,33	6,95	0,77	ND	0,09	0,11
	IBK8	419,12	3489,56	869,02	969,91	0,34	7,93	5,27	0,59	ND	0,04	0,04
	IBK9	147,66	3182,58	506,52	490,44	0,42	3,83	5,99	0,52	0	0,02	0,02
Y	YK1	ND	2867,29	215,04	281,8	0,23	9,52	7,1	0,43	ND	0,07	0,06
	YK2	ND	3123,4	271,08	720,82	0,24	9,96	6,88	2	ND	0,05	0,05
	YK3	ND	2758,21	291,39	733,81	0,18	4,56	6,13	0,54	ND	0,02	0,06
	YK4	ND	1739,74	158,6	246,44	0,31	5,92	6,72	0,56	ND	0,06	0,04
	YK5	223,6	2534,03	225,91	345,69	0,29	7,19	7,42	0,45	ND	0,03	0,03

S	YK6	119,2	2727,58	218,1	332,1	0,4	8,29	6,76	0,83	ND	0,06	0,07
	YK7	ND	2986,12	243,9	336,53	0,19	4,01	6,18	0,8	0	0,06	0,04
	YK8	ND	2492,4	238,15	284,57	0,19	5,29	22,44	1,37	ND	0,03	0,07
	YK9	173,27	3008,46	259,69	346,05	0,26	4,27	9,61	0,81	0	0,04	0,05
	SK1	128,08	4979,73	312,08	531,24	0,48	5,03	2,71	0,28	ND	0,07	0,08
	SK2	71,13	4101,03	277,67	269,24	0,25	4,14	2,88	0,34	ND	0,02	0,03
	SK3	169,62	2779,79	236,84	263,24	0,11	2,05	2,83	0,31	ND	0,05	0,14
	SK4	64,94	4216,18	305,73	327,91	0,14	3,02	3,58	0,35	ND	0,03	0,07
	SK5	184,53	5093,66	336,09	499,99	0,21	4,27	6,08	0,53	ND	0,05	0,09
SK6	167,21	3903,6	285,14	835,01	0,31	115,3	79,83	0,6	0	0,2	0,12	
SK7	83,25	4219,32	279,9	302,85	0,24	4,16	5,03	0,22	0	0,26	0,41	
SK8	78,11	2930,66	172,41	254,38	0,14	2,14	3,44	0,61	ND	0,02	0,02	
SK9	127,21	3807,38	266,06	420,82	0,2	2,83	5,08	0,45	ND	0,02	0,05	

Ek 2:Levreklerde Yaş Ağırlık Metal Analizi (µg/g)

		Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	As	Cd	Cr	Pb
K	KL1	285,26	6720	470,05	991,78	0,01	1,11	2,5	0,38	ND	0,13	0,1
	KL2	272,9	5536,1	391,09	845,54	0,11	1,34	3,87	0,24	0,01	0,07	0,09
	KL3	351,03	6754,1	495,96	1319,5	0,18	1,8	3,09	0,39	0,01	0,13	0,06
	KL4	125,79	6311,1	425,12	1003,7	0,06	0,07	2,45	0,68	ND	0,04	0,09
	KL5	445,78	4955,2	424,26	977,05	0,66	0,14	3,15	0,34	ND	0,03	0,07
	KL6	264,59	5278,5	389	907,09	0,44	1,72	3,92	0,78	0	0,09	0,07
	KL7	526,17	5981,7	424,99	1385,8	0,35	3,75	2,36	0,33	ND	0,09	0,07
	KL8	235,09	6506,8	426,79	1042	0,36	1,34	4,29	0,79	0	0,13	0,08
	KL9	185,97	7129,8	456,28	1066	0,16	1,18	3,17	0,81	ND	0,06	0,06
IB	IBL1	261,08	6443	401,03	1311,1	0,35	5,34	15,42	0,41	ND	0,03	0,11
	IBL2	143,19	6070,6	334,95	855,26	0,26	3,25	6,62	0,73	ND	0,03	0,05
	IBL3	285,29	6277,4	430,16	1070,7	0,25	2,74	7,39	0,43	ND	0,06	0,08
	IBL4	381,03	5354,6	414,16	979,13	0,35	3,87	12,88	0,45	ND	0,04	0,07
	IBL5	360,93	5631,9	415,89	1233,6	0,42	2,83	11,48	0,32	ND	0,22	0,19
	IBL6	160,57	4908,8	345,83	1021,5	0,72	10,61	11,97	0,45	ND	0,05	0,03
	IBL7	128,68	6397,1	441,83	957,9	0,54	3,76	7,98	0,61	ND	0,02	0,02
	IBL8	222,36	2249,8	505,97	1389,8	0,6	3,25	10,48	0,44	ND	0,06	0,05
	IBL9	180,7	7057,1	422,47	998	0,43	3,27	11,66	0,41	ND	0,09	0,04
Y	YL1	ND	4561,5	400,93	532,75	0,48	5,01	29,88	0,16	0,02	0,04	0,06
	YL2	ND	4563,3	402,05	565,62	0,34	5,62	25,65	0,18	ND	0,03	0,05
	YL3	ND	4847,1	416,22	556,67	0,43	5,99	26,93	0,29	ND	0,1	0,06
	YL4	156,49	4811,3	396,29	478,36	0,53	11,49	32,85	0,47	ND	0,49	0,24
	YL5	75,41	4287,5	395,73	440,58	0,4	9,92	25,87	0,41	0,03	0,08	0,09
	YL6	ND	3745,1	330,11	465,69	0,32	6,14	22,55	0,22	ND	0,04	0,02
	YL7	ND	4457,6	382,19	403,04	0,64	25,25	21,83	0,18	0,01	0,13	0,1

	YL8	365,36	3908,2	426,79	723,73	1,46	10,31	26,52	0,44	ND	0,03	0,5
	YL9	ND	2375,2	207,75	220,49	0,58	19,93	25,74	0,38	ND	0,06	0,08
S	SL1	ND	4949,2	336,45	766,21	0,21	1,92	14,19	4	0	0,09	0,15
	SL2	ND	3195,2	348,59	789,91	0,53	2,84	9,91	0,74	ND	0,03	0,07
	SL3	ND	4115,8	388,74	545,59	0,37	6	10,71	2,21	0,01	0,09	0,52
	SL4	ND	3633,5	302,69	590,81	0,13	2,67	11,66	6,43	ND	0,15	0,15
	SL5	252,7	4901,2	421,16	1100,7	0,13	6,79	15,95	0,33	0,02	0,04	0,11
	SL6	ND	3568,4	298,09	550,45	0,34	2,18	17,92	1,69	ND	0,08	0,05
	SL7	ND	3904,7	311,73	614,48	0,37	3,93	22,5	4,02	ND	0,1	0,1
	SL8	ND	4738,3	414,05	587,79	0,22	5,06	14,29	0,74	ND	0,14	0,05
	SL9	ND	4012,3	386,08	777,38	0,29	6,14	31,64	0,29	0	0,06	0,21

Ek 3.**Çizelge 4.3.** Mevsimlere göre has kefal kas dokusundaki metal düzeyleri ($\mu\text{g/g dw}$)

		Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	As	Cd	Cr	Pb
Sonbahar	Ort.	525.31	17843.03	1220.71	1832.8	1.0286	71.064	55.341	1.833	0.01	0.35	0.49
	Stsap	183.24	3506.714	208.687	805.13	0.4815	157.49	106.95	0.649	0	0.36	0.48
	Min.	298.17	10926.84	821.789	1034.8	0.415	8.052	11.142	0.961	ND	0.07	0.12
	Max.	821.59	22678.79	1496.37	3739.4	2.16	516.33	357.51	2.91	0.01	1.13	1.79
Kış	Ort.	1016	17504.1	1291.52	2670.8	0.8158	16.689	14.611	2.422	0.01	0.36	0.84
	Stsap	512.85	5340.327	408.934	850.54	0.3482	12.057	12.581	2.128	0	0.24	1.22
	Min.	351.46	4347.464	274.276	670.9	0.351	4.344	7.42	0.089	ND	0.13	0.16
	Max.	2096.3	22756.72	1677.39	3697.1	1.557	37.305	47.264	8.05	0.01	0.9	4.21
İlkbahar	Ort.	1415.2	17040.57	1957.7	2819	1.4349	23.397	21.901	2.688	0.01	0.18	0.24
	Stsap	1235.1	2776.235	860.194	780.06	0.3382	7.1549	4.7328	1.164	0	0.08	0.11
	Min.	176.8	14116.34	1088.4	1293.5	0.761	13.595	14.622	1.099	ND	0.09	0.11
	Max.	4570.3	21700.33	3515.46	3923.6	1.93	32.091	29.581	5.03	0.02	0.37	0.47
Yaz	Ort.	770.23	11822.85	1033.3	1738.8	1.1311	28.947	39.173	3.757	0.01	0.21	0.23
	Stsap	221.58	1378.758	111.27	635.55	0.3195	9.3004	22.862	1.912	0	0.08	0.05
	Min.	ND	8461.758	771.409	1198.6	0.747	17.858	24.76	1.999	ND	0.07	0.13
	Max.	1057.7	13295.3	1177.33	2964.9	1.75	43.791	102.55	7.902	0.01	0.31	0.31
Genel	Ort.	963.99	16052.64	1375.81	2265.4	1.1108	35.548	33.275	2.675	0.01	0.27	0.45
	Stsap	194.82	3858.47	212.102	813.4	0.4821	158.38	107.05	0.821	0	0.37	0.49
	Min.	ND	4347.464	274.276	670.9	0.351	4.344	7.42	0.089	ND	0.07	0.11
	Max.	4570.3	22756.72	3515.46	3923.6	2.16	516.33	357.51	8.05	0.02	1.13	4.21

Ek 4.**Çizelge 4.4.** Mevsimlere göre Levrek kas dokusundaki metal düzeyleri ($\mu\text{g/g dw}$)

		Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	As	Cd	Cr	Pb
Sonbahar	Ort.	881.41	14098.09	1221.26	2410.99	0.987	14.32	56.669	7.725	0.026	0.3	0.54
	Stsap	0	2193.045	167.195	612.152	0.416	6.196	22.705	6.761	0.026	0.12	0.47
	Min.	ND	10875.53	999.633	1845.9	0.452	6.717	33.72	1.002	0.006	0.11	0.17
	Max.	881.41	17347.27	1468.98	3839.11	1.817	23.69	110.78	21.58	0.069	0.5	1.8
Kış	Ortl.	1031.4	21088.72	1491.75	3647.6	0.901	4.81	11.059	1.817	0.017	0.3	0.26
	Stsap	406.93	2239.043	92.2301	580.468	0.679	3.57	2.5142	0.771	0.008	0.13	0.05
	Min.	419.44	16645.08	1379.5	2982.5	0.039	0.226	8.162	0.855	0.005	0.1	0.2
	Max.	1842.3	24209.73	1678.39	4852.35	2.217	13.14	15.161	2.827	0.028	0.47	0.34
İlkbahar	Ort.	806.12	19243.18	1416.33	3744.95	1.51	15.06	36.514	1.637	ND	0.23	0.24
	Stsap	284.02	4476.827	144.701	531.533	0.553	8.92	8.6846	0.434	ND	0.19	0.16
	Min.	441.76	7688.908	1201.39	3067.65	0.866	9.495	23.761	1.09	0	0.06	0.08
	Max.	1270.1	23777.19	1729.23	4749.88	2.669	39.48	50.473	2.628	0	0.74	0.65
Yaz	Ort.	684.79	14251.54	1274.98	1666.65	1.981	38.16	90.554	1.043	ND	0.38	0.46
	Stsap	429.59	2232.706	201.471	437.952	1.154	23.21	10.314	0.411	ND	0.47	0.5
	Min.	ND	8618.34	753.815	800.037	1.127	16.84	73.859	0.526	0.019	0.09	0.08
	Max.	1271.3	16259.95	1485	2518.2	5.095	85.42	111.03	1.585	0.109	1.67	1.75
Genel	Ort.	885.17	17170.38	1351.08	2867.55	1.345	18.09	48.699	3.056	0.033	0.3	0.38
	Stsap	377.75	4256.117	190.185	1026.51	0.87	17.83	31.954	4.361	0.032	0.27	0.38
	Min.	ND	7688.908	753.815	800.037	0.039	0.226	8.162	0.526	0.005	0.06	0.08
	Max.	1842.3	24209.73	1729.23	4852.35	5.095	85.42	111.03	21.58	0.109	1.67	1.8

Ek 5.**Çizelge 4.5. Has Kefal Tahmini Haftalık Alım (EWI) düzeyleri**

Tahmini Haftalık Alım (EWI)													
		G	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	Cr	Cd	Pb	As
K	Y	5	418.00	7290.69	536.52	1114.73	0.35	7.12	6.20	0.15	0.00	0.35	0.03
		3	179.14	3124.58	229.94	477.74	0.15	3.05	2.66	0.06	0.00	0.15	0.01
		1	59.71	1041.53	76.65	159.25	0.05	1.02	0.89	0.02	0.00	0.05	0.00
	C	5	914.38	15948.38	1173.63	2438.48	0.76	15.58	13.56	0.33	0.00	0.77	0.07
		3	391.88	6835.02	502.98	1045.06	0.32	6.68	5.81	0.14	0.00	0.33	0.03
		1	130.63	2278.34	167.66	348.35	0.11	2.23	1.94	0.05	0.00	0.11	0.01
İ	Y	5	603.36	7300.30	844.88	1228.78	0.62	10.09	9.41	0.08	0.00	0.11	0.03
		3	258.58	3128.70	362.09	526.62	0.26	4.33	4.03	0.03	0.00	0.05	0.01
		1	86.19	1042.90	120.70	175.54	0.09	1.44	1.34	0.01	0.00	0.02	0.00
	C	5	1319.84	15969.40	1848.18	2687.95	1.35	22.08	20.58	0.17	0.00	0.23	0.08
		3	565.65	6844.03	792.08	1151.98	0.58	9.46	8.82	0.07	0.00	0.10	0.03
		1	188.55	2281.34	264.03	383.99	0.19	3.15	2.94	0.02	0.00	0.03	0.01
Y	Y	5	315.77	4943.36	432.77	739.92	0.47	12.04	16.16	0.09	0.00	0.10	0.05
		3	135.33	2118.58	185.47	317.11	0.20	5.16	6.93	0.04	0.00	0.04	0.02
		1	45.11	706.19	61.82	105.70	0.07	1.72	2.31	0.01	0.00	0.01	0.01
	C	5	690.74	10813.60	946.68	1618.57	1.02	26.33	35.35	0.19	0.00	0.21	0.10
		3	296.03	4634.40	405.72	693.67	0.44	11.28	15.15	0.08	0.00	0.09	0.04
		1	98.68	1544.80	135.24	231.22	0.15	3.76	5.05	0.03	0.00	0.03	0.01
S	Y	5	219.07	7348.86	504.17	755.60	0.42	29.15	22.73	0.15	0.00	0.21	0.02
		3	93.89	3149.51	216.07	323.83	0.18	12.49	9.74	0.06	0.00	0.09	0.01
		1	31.30	1049.84	72.02	107.94	0.06	4.16	3.25	0.02	0.00	0.03	0.00
	C	5	479.21	16075.63	1102.86	1652.87	0.93	63.77	49.73	0.32	0.00	0.45	0.05
		3	205.37	6889.56	472.66	708.37	0.40	27.33	21.31	0.14	0.00	0.19	0.02
		1	68.46	2296.52	157.55	236.12	0.13	9.11	7.10	0.05	0.00	0.06	0.01

K:Kış; **İ:**İlkahar; **Y:**Yaz; **S:**Sonbahar; **Y:**Yetişkin; **C:**Çocuk, **G:** Haftada yenen gün

Ek 6.**Çizelge 4.6.** Levrek Tahmini Haftalık Alım (EWI) düzeyleri

Tahmini Haftalık Alım (EWI)													
		G	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	Cr	Cd	Pb	As
K	Y	5	549.17	11253.00	796.16	1945.44	0.48	2.54	5.87	0.16	0.01	0.14	0.03
		3	235.36	4822.71	341.21	833.76	0.20	1.09	2.52	0.07	0.00	0.06	0.01
		1	78.45	1607.57	113.74	277.92	0.07	0.36	0.84	0.02	0.00	0.02	0.00
	C	5	1201.31	24615.94	1741.59	4255.65	1.04	5.55	12.85	0.34	0.02	0.31	0.06
		3	514.85	10549.69	746.40	1823.85	0.45	2.38	5.51	0.15	0.01	0.13	0.03
		1	171.62	3516.56	248.80	607.95	0.15	0.79	1.84	0.05	0.00	0.04	0.01
İ	Y	5	433.17	10277.45	757.15	2002.23	0.80	7.94	19.56	0.12	NC	0.13	0.03
		3	185.64	4404.62	324.49	858.10	0.34	3.40	8.38	0.05	NC	0.06	0.01
		1	61.88	1468.21	108.16	286.03	0.11	1.13	2.79	0.02	NC	0.02	0.00
	C	5	947.56	22481.93	1656.26	4379.89	1.75	17.36	42.78	0.27	NC	0.29	0.06
		3	406.10	9635.11	709.83	1877.09	0.75	7.44	18.33	0.11	NC	0.12	0.02
		1	135.37	3211.70	236.61	625.70	0.25	2.48	6.11	0.04	NC	0.04	0.01
Y	Y	5	365.45	7659.95	684.90	894.75	1.06	20.33	48.51	0.20	0.04	0.24	0.02
		3	156.62	3282.84	293.53	383.46	0.45	8.71	20.79	0.09	0.02	0.10	0.01
		1	52.21	1094.28	97.84	127.82	0.15	2.90	6.93	0.03	0.01	0.03	0.00
	C	5	799.41	16756.14	1498.22	1957.26	2.31	44.46	106.1	0.45	0.08	0.54	0.04
		3	342.61	7181.20	642.09	838.83	0.99	19.06	45.47	0.19	0.03	0.23	0.02
		1	114.20	2393.73	214.03	279.61	0.33	6.35	15.16	0.06	0.01	0.08	0.01
S	Y	5	463.86	7550.22	654.21	1289.68	0.53	7.65	30.34	0.16	0.01	0.29	0.13
		3	198.80	3235.81	280.38	552.72	0.23	3.28	13.00	0.07	0.01	0.12	0.05
		1	66.27	1078.60	93.46	184.24	0.08	1.09	4.33	0.02	0.00	0.04	0.02
	C	5	1014.69	16516.10	1431.08	2821.18	1.16	16.74	66.37	0.35	0.03	0.63	0.27
		3	434.87	7078.33	613.32	1209.08	0.50	7.18	28.45	0.15	0.01	0.27	0.12
		1	144.96	2359.44	204.44	403.03	0.17	2.39	9.48	0.05	0.00	0.09	0.04

K:Kış; **İ:**İlkahar; **Y:**Yaz; **S:**Sonbahar; **Y:**Yetişkin; **C:**Çocuk, **G:** Haftada yenen gün

Ek 7.**Çizelge 4.9.** Has Kefal Yaşam Boyu Kanser Riski (CR) düzeyleri

CR	G	CR_{Cr}		CR_{As}		CR_{Cd}		CR_{pb}	
		<u>Y</u>	<u>C</u>	<u>Y</u>	<u>C</u>	<u>Y</u>	<u>C</u>	<u>Y</u>	<u>C</u>
K	5	7.68E-06	1.68E-05	4.65E-06	4.65E-05	0.00E+0	0.00E+0	3.05E-07	6.68E-07
	3	4.61E-06	1.01E-05	2.79E-06	6.10E-06	0.00E+0	0.00E+0	1.83E-07	4.01E-07
	1	1.54E-06	3.36E-06	9.30E-07	2.03E-06	0.00E+0	0.00E+0	6.10E-08	1.34E-07
İ	5	3.94E-06	8.63E-06	5.34E-06	5.34E-05	0.00E+0	0.00E+0	9.17E-08	2.01E-07
	3	2.37E-06	5.18E-06	3.21E-06	7.01E-06	0.00E+0	0.00E+0	5.50E-08	1.20E-07
	1	7.89E-07	1.73E-06	1.07E-06	2.34E-06	0.00E+0	0.00E+0	1.83E-08	4.01E-08
Y	5	4.36E-06	9.53E-06	7.28E-06	7.28E-05	0.00E+0	0.00E+0	8.29E-08	1.81E-07
	3	2.62E-06	5.72E-06	4.37E-06	9.55E-06	0.00E+0	0.00E+0	4.97E-08	1.09E-07
	1	8.72E-07	1.91E-06	1.46E-06	3.18E-06	0.00E+0	0.00E+0	1.66E-08	3.63E-08
S	5	7.47E-06	1.63E-05	3.45E-06	3.45E-05	0.00E+0	0.00E+0	1.78E-07	3.90E-07
	3	4.48E-06	9.81E-06	2.07E-06	4.52E-06	0.00E+0	0.00E+0	1.07E-07	2.34E-07
	1	1.49E-06	3.27E-06	6.89E-07	1.51E-06	0.00E+0	0.00E+0	3.56E-08	7.80E-08

K:Kış; İ:İlkahar; Y:Yaz; S:Sonbahar; Y:Yetişkin; C:Çocuk, G: Haftada yenen gün

Ek 8.**Çizelge 4.10.** Levrek Yaşam Boyu Kanser Riski (CR) düzeyleri

CR	G	CR_{Cr}		CR_{As}		CR_{Cd}		CR_{Pb}	
		<u>Y</u>	<u>C</u>	<u>Y</u>	<u>C</u>	<u>Y</u>	<u>C</u>	<u>Y</u>	<u>C</u>
K	5	7.99E-06	1.75E-05	4.43E-06	4.43E-05	5.88E-06	1.29E-05	1.22E-07	2.66E-07
	3	4.79E-06	1.05E-05	2.66E-06	5.81E-06	3.53E-06	7.72E-06	7.30E-08	1.60E-07
	1	1.60E-06	3.50E-06	8.85E-07	1.94E-06	1.18E-06	2.57E-06	2.43E-08	5.33E-08
İ	5	6.23E-06	1.36E-05	3.97E-06	3.97E-05	NC	NC	1.13E-07	2.47E-07
	3	3.74E-06	8.17E-06	2.38E-06	5.21E-06	NC	NC	6.77E-08	1.48E-07
	1	1.25E-06	2.72E-06	7.94E-07	1.74E-06	NC	NC	2.26E-08	4.94E-08
Y	5	1.04E-05	2.27E-05	2.55E-06	2.55E-05	2.35E-05	5.15E-05	2.12E-07	4.63E-07
	3	6.23E-06	1.36E-05	1.53E-06	3.35E-06	1.41E-05	3.09E-05	1.27E-07	2.78E-07
	1	2.08E-06	4.54E-06	5.10E-07	1.12E-06	4.71E-06	1.03E-05	4.23E-08	9.26E-08
S	5	8.09E-06	1.77E-05	1.91E-05	1.91E-04	8.83E-06	1.93E-05	2.49E-07	5.44E-07
	3	4.86E-06	1.06E-05	1.15E-05	2.51E-05	5.30E-06	1.16E-05	1.49E-07	3.26E-07
	1	1.62E-06	3.54E-06	3.82E-06	8.36E-06	1.77E-06	3.86E-06	4.97E-08	1.09E-07

K:Kış; İ:İlkahar; Y:Yaz; S:Sonbahar; Y:Yetişkin; C:Çocuk, G: Haftada yenen gün

Ek 9.**Çizelge 4.11.** Has Kefalde (*Mugil cephalus*) Yapılan Çalışmalarda Kas Dokularındaki Metal Düzeyleri

Alan	Metaller (Ortalama Değer) (mg/kg)											Yazar
	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	As	Cd	Cr	Pb	
Kuzeydoğ u Akdeniz					2.74- 6.15	61. 1- 73. 4	23.5- 30.9		0.86	1.2 4- 1.3 5	5.44- 7.33	Kalay ve Ark., 1999
Antalya Körfezi					0.51- 3.66		3.17- 11.36		0.0- 0.13		0.0- 2.05	Yazkan ve Ark., 2002
Kuzeydoğ u Akdeniz	-				4.41	38. 71	37.39		0.66	1.5 6		Canlı ve Atl, 2003
İskenderun Körfezi					1.45	7.0 28	38.23			1.4 6	7.45	Yılmaz, 2005
Köyceğiz Gölü					6.34		98.6		0.12		0.43	Yılmaz, 2009
Bafa Gölü					1.18		16.01		0.02		0.73	Aydın- Önen, 2015
Büyük Menderes Deltası					25.21		101.83		6.07			Bayhan ve Ünübol, 2016
Akyatan Lagünü	963. 99	16052 .64	137 5.8	226 5.4	1.110 8	35. 55	33.275	2. 68	0.01	0.2 7	0.45	Bu Çalışma

Ek 10.**Çizelge 4.12.** Levrek Balığında (*Dicentrarchus labrax*) Yapılan Çalışmalarda Kas Dokularındaki Metal Düzeyleri

Alan	Metaller (Ortalama Değer) (mg/kg)											Yazar
	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Zn	As	Cd	Cr	Pb	
Homa Dalyanı ve Ege Denizi					0.49-0.78	5.156.03	5.02-5.87		0.10-0.19		0.53-0.79	Sunlu ve Egemen,1998
Antalya Körfezi					0.51-3.66		3.17-11.36		0.00-0.13		0.00-2.05	Yazkan ve ark., 2002
Karadeniz					1.01	30.0-61.0	25.70-44.20		0.02-0.24	0.06-0.84	0.05-0.60	Topaloğlu ve ark., 2002
İskenderun Körfezi					1.39	66.38	47.25			1.71	10.02	Yılmaz, 2005
Güllük Körfezi					0.1	38.71	0.5-7.2		0.01-0.04		0.02-0.4	Dalman ve ark., 2006
Bafa Gölü					0.61			0.24	0.05	0.04	0.3	Yabanlı ve ark., 2013
Bafa Gölü					1564.1			50.74	714.29	15.69	185.48	Yabanlı ve ark., 2015
Akyatan Lagünü	885.17	17170.38	1351.08	2867.6	1.345	18.09	48.699	3.056	0.033	0.3	0.38	Bu Çalışma