T.C.
HAKKARİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

HAKKÂRİ-VAN KARAYOLUNDA (TÜRKİYE) ÖLÜ BULUNAN YIRTICI KUŞ TÜRLERİNİN TÜYLERINDEKİ BAZI METAL (OİD) DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Özgür ÖZDEMİR

Tez Danışmanı:
Dr. Öğr. Üyesi Erkan AZİZOĞLU

HAKKARİ
2023

T.C.
HAKKARİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
HAKKARİ

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Özgür ÖZDEMİR tarafından hazırlanan ‘’Hakkâri-Van Karayolunda (Türkiye) Ölü Bulunan Yırtıcı Kuş Türlerinin Tüylerındeki Bazı Metal(oid) Düzeylerinin Belirlenmesi’’ başlıklı tez, 23.08.2023 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :	Prof. Dr. Özdemir ADIZEL	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	
Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Metin ERTAŞ	Hakkari Üniversitesi	
Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Erkan AZİZOĞLU	Hakkari Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu yüksek lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun ……Sayılı kararıyla ……. tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN

Enstitü Müdür V.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

23/08/2023

İmza

Özgür ÖZDEMİR

ÖZET

Hakkâri-Van Karayolunda (Türkiye) Ölü Bulunan Yırtıcı Kuş Türlerinin Tüylerindeki Bazı Metal(oid) Düzeylerinin Belirlenmesi

Özgür ÖZDEMİR
Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Erkan AZİZOĞLU
2023, 53 s.

Çalışmamızda, Van ve Hakkâri il sınırları içerisinde yer alan karayolunda araç çarpması sonucu ölen yırtıcı kuş türlerinin birincil, ikincil uçma tüyleri ve göğüs tüylerinde bazı metal(oid) düzeyleri belirlenmeye çalışıldı.

Çalışma Nisan 2021- Mayıs 2022 tarihleri arasında, ilkbahar ve sonbahar göç dönemlerini de kapsayacak şekilde gerçekleştirildi. Çalışma istasyonları kuşların ürediği ve yoğun kullandığı güzergahlar göz önünde bulundurularak seçildi. Ayrıca yol boyu gözlemler yapılarak 2 yırtıcı kuş takımına (Accipitriformes, Strigiformes) ait 3 familyadan (Accipitridae, Falconidae, Strigidae) toplanmış 11 türe ait 19 karkasın birincil, ikincil uçma tüyleri ve göğüs tüylerindeki As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn miktarları ölçülmüştür. Karkas tüylerinde en yüksek birikim oranına sahip metal(oid)ler Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd şeklinde çıkmıştır. Cd değerleri Strigidae ve Falconidae familyalarında standart altı kaldığından okunmamıştır. Sadece Accipitridae familyasında okunmuştur. İstatistiksel analizlerde R programıyla ANOVA, Kruskal-Wallis, Hochberg teslerine göre familyalar karşılaştırılmıştır. Falconidae ve Accipitridae familyaları arasında Cu metali ortalamaları açısından anlamlı bir fark vardır. As, Ni, Cr ve Pb metal(oid)leri değerlendirildiğinde tür grupları arasında bir farklılık görülmemektedir. Zn metalinde gruplar arası fark olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, Biyoindikatör, Ekotoksikoloji, Kazalar, Tüy

ABSTRACT

Determination of Some Metal(oid) Levels in Feathers of Birds of Prey Found Dead on the Hakkari-Van Highway (Turkey)

Özgür ÖZDEMİR
M.Sc. Thesis, Department of Biology
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Erkan AZİZOĞLU
2023, 53 p.

In this study, it was tried to determine some metal(oid) levels in primary, secondary flight feathers and breast feathers of raptor species that died on the highway within the borders of Van and Hakkari provinces.

The study was carried out between April 2021 and May 2022, to cover the spring and autumn migration periods. The workstations were selected considering the routes where birds breed and use intensively. In addition, 19 carcasses belonging to 11 species were collected from 3 families (Accipitridae, Falconidae, Strigidae) belonging to 2 predatory bird species (Accipitriformes, Strigiformes) by making observations along the road. After that, the amounts of As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn in their primary, secondary flight feathers and breast feathers were measured. The metal(oid)s with the highest accumulation rate in the carcass feathers was found as Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd. Cd values could not be read because they were substandard in the families Strigidae and Falconidae. It was only read in the Accipitridae family. Moreover, families were compared according to ANOVA, Kruskal-Wallis and Hochberg tests with the R program in statistical analysis. There is a significant difference in Cu metal averages between Falconidae and Accipitridae families. However, when As, Ni, Cr and Pb metal(oid)s are evaluated, there is no difference between species. Also, it seems that there is a difference between groups in Zn metal.

Key Words: Heavy metals, Bioindicator, Ecotoxicology, Accidents, Feather

ÖNSÖZ

Ülkemizin hızla sanayileşmesinden ötürü inorganik kirleticiler olan metal(oid)ler özellikle yırtıcı kuşlar gibi besin piramidinin tepesinde olan tüketicilerde normal seviyelerin üzerinde görülmeye başlanmıştır. Bu çalışmada Van-Hakkâri bölgesinde yaşayan yırtıcı kuşların tüylerinde ölçülen metal(oid) değerlerinin familya ve tür düzeylerinde ilişkisi incelenmiştir.

Çalışma süresi boyunca, her türlü ilgi ve yardımı esirgemeyen danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erkan AZİZOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarımızda katkılarını esirgemeyen Uzm. Biyolog Zehra ÖZTÜRK'e, yüksek lisans eğitimi konusunda beni cesaretlendiren Prof. Dr. Özdemir ADIZEL'e, istastiksel analizlerde yardımcı olan Dr. Rıdvan KARA'ya ve çalışma süreci boyunca yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması T.C. Hakkari Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen FM22LTP6 numaralı ''Hakkâri-Van Karayolunda (Türkiye) Ölü Bulunan Yırtıcı Kuş Türlerinin Tüylerındeki Bazı Metal(oid) Düzeylerinin Belirlenmesi'' projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Özgür ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
ÖNSÖZ v
İÇİNDEKİLER vi
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
ÇİZELGELER DİZİNİ x
1.GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 4
3. MATERYAL VE YÖNTEM 19
3.1. Çalışma Alanının Özellikleri 19
3.2. Kullanılan Alet ve Malzemeler 19
3.3. Tüy Örneklerinin Toplanması 20
3.4. Materyallerin Analize Hazırlanması 20
4. BULGULAR 23
4.1. Familyalara Göre Metal(oid) Seviyelerinin Karşılaştırılması 23
4.2. Türlere Göre Metal(oid) Seviyelerinin karşılaştırılması 28
4.3. Tüy Tiplerine Göre Metal(oid) Seviyelerinin karşılaştırılması 31
4.4. İstatistiksel Analiz 31
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 35
KAYNAKLAR 39
ÖZGEÇMİŞ 53

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Ag:	Gümüş
Al:	Alüminyum
As:	Arsenik
Be:	Berilyum
°C:	Santigrat derece
Cd:	Kadmiyum
Co:	Kobalt
Cr:	Krom
Cu:	Bakır
Fe:	Demir
g:	Gram
Hg:	Cıva
HNO_3:	Nitrik asit
H_3NO :	Hidrojen peroksit
K:	Potasyum
kg:	Kilogram
L:	Litre
Li:	Lityum
mg:	Miligram
Mg:	Magnezyum
Mn:	Manganez
Mo:	Molibden
µg:	Mikrogram
Ni:	Nikel
Pb:	Kurşun
ppm:	Milyonda bir birim
Sb:	Antimon
Se:	Selenyum
Zn:	Çinko

Kısaltmalar

ANOVA:	Tek yönlü varyans analizi
ICP-OES:	İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometrisi
ICP-MS:	İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometrisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Van-Hakkâri Karayolu Lokasyon Haritası 19

Şekil 3.2. a) Tüy örneklerinin steril kilitli poşetlerde saklanması, b) Kurutulmaya bırakılmış tüy örnekleri, c) Etüvde bekletilen tüy örnekleri, d) Kurutulmuş tüy örneklerinin tartılması 21

Şekil 3.3. a) Isıtıcı tabla üzerinde ısıtma işlemi, b) Asitle ısıtılan örneklerin filtre kâğıdı ile süzülmesi, c) Analiz için hazırlanmış örnekler, d) Örneklerdeki metal(oid) düzeylerini belirleyen ICP-OES cihazı 22

Şekil 4.1. Familyaların tüy tiplerine göre metal(oid) seviyelerinin dağılım frekansları 27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan tüy örneklerinin ait olduğu türler 23
Çizelge 4.2. Familyalara ait metal(oid) seviyeleri ortalamaları (µg/g)..... 23
Çizelge 4.3. Türlerin birincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyeleri ve familya düzeyinde metal(oid) seviyesi ortalamaları (µg/g)..... 24
Çizelge 4.4. Türlerin ikincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyeleri ve familya düzeyinde metal(oid) seviyesi ortalamaları (µg/g)..... 25
Çizelge 4.5. Türlerin göğüs tüylerindeki metal(oid) seviyeleri ve familya düzeyinde metal(oid) seviyesi ortalamaları (µg/g)..... 26
Çizelge 4.6. Türlerin birincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyelerinin karşılaştırılması (µg/g) 28
Çizelge 4.7. Türlerin ikincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyelerinin karşılaştırılması (µg/g) 29
Çizelge 4.8. Türlerin göğüs tüylerindeki metal(oid) seviyelerinin karşılaştırılması (µg/g)..... 30
Çizelge 4.9. Tüy Tiplerindeki ortalama metal(oid) seviyeleri (µg/g)..... 31
Çizelge 4.10. Familyalarda Cu metali ortalamalarının Hochberg testi ile karşılaştırılması 32
Çizelge 4.11. Cr ve Pb metalleri grup ortalamalarının Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmesi..... 32
Çizelge 4.12. As, Ni, Cr ve Pb için Kruskal-Wallis testi sonuçları 33
Çizelge 4.13. Cu ve Zn için Anova testi sonuçları 33
Çizelge 4.14. As için Anova testi sonuçları..... 33
Çizelge 4.15. Ni, Cr, Pb, Cu, Zn grup ortalamalarının Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmesi..... 34

1.GİRİŞ

Ağır metaller çevremizde çok düşük konsantrasyonlarda bulunan doğal bileşenlerdir ve sürekli olarak volkanik aktivite veya kayaların aşınması gibi doğal kaynaklardan çevreye salınmaktadır. Ayrıca, endüstriyel süreçler ve bazı tarımsal faaliyetler, tatlı su ekosistemlerine birçok metalin taşınmasını büyük ölçüde artırmıştır. Bu nedenle ağır metal kirliliği son yıllarda önemli bir sorun haline gelmiştir. Çoğu organizma bu metallere belirli düzeyde maruz kaldığında potansiyel olarak zarar görmektedir (Güven, 1999). Ağır metaller büyük ölçüde endüstriyel atıklar, organik atıklar, çöp yakma ve enerji üretimi yoluyla çevreye dağılır (Agarwal, 2005). İlaçların, zirai kimyasalların, plastiklerin ve pillerin imalatı, farklı endüstrilerden gelen arıtılmamış atık suların deşarjı ağır metal kirliliğine neden olur (Raihan vd., 1995). Cıva (Hg), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb), nikel (Ni), kobalt (Co) ve çinko (Zn) gibi metaller, ekosistemin flora ve fauna bileşenleri için oldukça toksiktir (Burger ve Gochfeld, 1997).

Ülkemizin de hızla sanayileşmesi ve her geçen gün artan trafik yoğunluğu, canlıların birçok kirleticiye maruz kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır (Munzuroğlu ve Gür, 2000). Ağır metaller, inorganik kirleticiler grubuna aittir ve ekolojik sistemde yayılımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler daha fazladır. Birçok çalışma, endüstriyel ve şehirleşme alanında önde gelen ülkelerdeki yoğun insan aktivitesinin neden olduğu kirlilikten söz etmektedir (Nriagu 1989; Arora vd., 2008; Markowski vd., 2013; Nardiello vd., 2019). Başlıca antropojenik metal kaynakları arasında endüstriyel emisyonlar, atık sular, madencilik ve döküm işlemleri, araç egzoz dumanları, boyalar, katı atık yakma ve belediye atık su deşarjı gibi süreçler yer almaktadır (Wei ve Yang 2010; Xia vd., 2011; Mohanraj vd., 2004).

Metal ve metaloidlerin, ekosistemin devamlılığı açısından önem arz eden fauna ve flora bileşenleri üzerinde toksik etkilerinin olduğu bilinmektedir. (Burger and Gochfeld, 1997; Raza vd.,2017). Metal(oid)lerin doğal çevreye salınımı insan ve hayvan sağlığı üzerinde potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Özellikle doğal ekosistemlerdeki birikimi ve uzun süre kalıcılıkları büyük bir endişe kaynağıdır

(Burger, 1993; Winder vd., 1997; Stankovic vd., 2014), (Mansouri vd., 2012; Klaassen, 2013; Zhang vd., 2018; Metcheva vd., 2010).

Ağır metaller çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme nedeni oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadır. Örneğin Pb, Cd, Cr gibi ağır metaller, organizmalarda daha düşük konsantrasyonlarda bile toksik madde görevi görebilir (Dauwe vd., 2005; Dökmeci, 2005; Shahbaz vd., 2013).

Ekosistem sağlığının devamlılığı için temsili olan gösterge türlerin seçilmesi önemlidir (Mansouri vd., 2012). Metal kirleticilerin seviyelerini ölçmek için toplanan ve analiz edilen flora ve fauna üyeleri önemli biyoindikatör araçlardır (Stankovic vd., 2014). Yaban hayatının önemli canlıları arasında yer alan kuşlar, çevresel metal kirliliğinin belirlenmesinde yararlı biyoindikatörlerdir (Mukhtar vd., 2020). Bu canlı grubunun hareket kabiliyetlerinin oldukça yüksek olması ve farklı trofik seviyelerde beslenmesi, kirleticiye olan maruziyetini arttırmaktadır (Zamani-Ahmadmahmoodi vd., 2009; Abdennadher vd., 2011). Kuşların kirleticiye olan maruziyeti giderek artan bir sorundur, çünkü mevcut kuş türlerinin %13'ünden fazlası küresel tehdit altındadır ve %1,9'u antropojenik kaynaklı kirlilik, özellikle de metal kirliliği nedeniyle tehdit altındadır (IUCN, 2020)

Kuşlar ağır metalleri su, besin ve yaşadığı habitalardan alarak, yüksek konsantrasyonlar da doku ve organlarında biriktirirler. Ayrıca kuşların ağır metalleri doku, yumurta, yumurta kabuğu, dışkı ve tüylerinde depolayarak vücutlarından uzaklaştırdıkları da bilinmektedir (Burger, 1996; Movalli, 2000; Battaglia, vd., 2005; Durmuş, vd., 2018).

Ekotoksikolojik çalışmalarda farklı taksonlara ait kuş tüyleri birçok çalışmada kullanılmıştır (Abdullah vd., 2015; Ansara-Ross vd., 2013; Yamaç vd., 2019; Kushwaha, 2016; Manjula vd., 2015; Rubio vd., 2016; Zarrintab vd., 2016). Tüylerin bu nedenli örneklenmesi ve analiz edilmesinde; i) bazı metalleri diğer vücut organlarına nazaran daha fazla miktarda biriktirmesi (As), ii) ağır metallerin vücut içerisinden atılımında önemli rol oynaması (Hg, As, vb), iii) kolay

örneklenmesi (canlı, ölü veya müze örnekleri) ve iv) nesli tükenmekte olan canlılara yönelik inceleme şansı sunması gibi durumlar önemli rol oynamaktadır.

Kuşlar ve diğer hayvanlar birçok antropojenik etki sonucu zarar görmektedirler. Günümüzde ulaşım ağları da bu etkiler arasında önemli bir yer tutmaktadır (Adızel ve Azizoğlu, 2018). Ulaşım ağları çevremizin önemli bir bölümünü oluşturmakta ve yaban hayatı üzerinde olumsuz etkileri yol şeritleri dışında 1-3,5 km kadar uzanmaktadır (Reijnen ve Foppen, 1995: Reijnen vd., 1995; Reijnen vd., 1996; Forman vd., 2002, Benitez-Lopez vd., 2010). Yolları kuş türlerinden, yırtıcı (Forman, 2000; Dean ve Milton 2003), ötücü (Kuruksallayanlar, tarla kuşları, örümcek kuşları vb.; Erritzoe vd., 2003, Husby ve Husby 2014) ve karga türleri beslenme amacıyla kullanmaktadır. Ayrıca çıplak topraklarda, ekili kenar boşluklarında ve yol yüzeylerinde avlanmak için tünekler olarak çalılar, ağaçlar ve elektrik hatları kuşları cezbetmekte ve bu habitatları üreme amaçlı kullanmaktadır (Ceresa vd., 2012, Morelli, 2013). Karayollarını kullanan kuş türleri araçlar yaklaştığında genellikle korktuğundan veya avını bırakmak istemediklerinden dolayı davranışsal hatalar sergilemektedirler. Bu da Dünya çapında yollarda araba çarpmaları nedeniyle yılda birkaç milyon kuşun ölümüne sebep olmaktadır (Husby, 2016). Bundan dolayı çalışmamızda ekotoksikolojik izleme için Hakkâri-Van karayolunda bulunan karkasların tüy örnekleri kullanılmıştır.

Çalışmamızın amacı, kaza sonucu ölen kuş türlerinin tüylerinde biriktirdikleri As, Cu, Pb, Ni, Cr, Cd, Zn gibi metal(oid)lerin düzeylerini karşılaştırmaktır. Ayrıca türlerin çevresel kirlilikten nasıl etkilendiği ve türler arasındaki metal(oid) düzeylerinin farklılıkları ortaya konulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yüzyılda, hızlı kentleşme ve endüstriyel faaliyetler doğal kaynakları hızla tüketmekte ya da geri dönüşümsüz olarak ortadan kaldırmaktadır. Endüstriyel atıkların artışı, toprak ve su kaynaklarının giderek kirlenmesine yol açmaktadır. Biyosferin kirlenmesine neden olan kirleticilerin başında gelen metal(oid)ler ekolojik bir sorun haline gelmiştir (Jamal vd. 2013). Literatürlere bakıldığında biyoizleme çalışmalarında özellikle çevre kirliliğin ekosistemler üzerindeki etkisi için kuş türleri biyogösterge türler olarak kullanılmıştır. Son yıllarda çok sayıda çalışmada, çevresel ağır metal maruziyetinin kuşlar üzerindeki etkileri ve riskleri değerlendirilmiştir (Scheuhammer, 1987; Burger, 1996; Movalli, 2000; Battaglia vd., 2005; Kim ve Koo, 2007; Ansara-Ross vd., 2013; Raza vd., 2017; Durmuş vd., 2018; Pena-Lastra vd., 2019).

Burger ve Gochfeld (1993), Çin'de (Hongkong, Szechuan) yürüttükleri çalışmada büyük ak balıkçıl (*Ardea alba*), gece balıkçılı (*Nycticorax nycticorax*), küçük ak balıkçıl (*Egretta garzetta*) ve sığır balıkçılı (*Bubulcus ibis*) türlerinin göğüs tüylerinde ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Bütün ağır metaller karşılaştırıldığında yetişkin büyük ak balıkçılların, genç bireylere kıyasla daha yüksek oranda metal ve metalloid biriktirdiğini tespit edilmiştir. Cr (Krom) haricinde, Çin Szechuan'daki genç bireyler arasında metal seviyelerinde belirgin bir fark oluşmamıştır. İncelenen tüm metaller için Hong Kong'daki genç bireyler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Büyük akbalıkçılların diğer yavrulardan kurşun seviyeleri daha düşük, gece balıkçıllarının kurşun seviyeleri daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Hem Hong Kong hem de Szechuan'daki kuşlar için kurşun seviyeleri dünyadaki en yüksek seviyeler arasında ve bu durum kurşunlu benzinin sürekli kullanımına atfedilmiştir.

Burger vd. (1994), Amerika'da yaptıkları çalışmada buz dalgıcı (*Gavia immer*) türünün tüylerindeki cıva, kurşun, kadmiyum, selenyum, bakır, krom ve manganez konsantrasyonlarını yaş farklılıkları açısından karşılaştırmıştır. Yetişkinler (20245 ppb), yavru bireylere (9677 ppb) göre daha yüksek cıva seviyelerine gözlenmiş ancak diğer elementler için yaşa bağlı farklılıklar gözlenmemiştir. Az sayıda bile olsa yavru bireylerin dişileri erkeklere göre daha

yüksek cıva seviyelerine sahipken yetişkinler için böyle bir fark olmadığını tespit edilmiştir.

Burger ve Gochfeld (1997), araştırmalarında Endonezya'da yaşayan Sığır balıkçılı (*Bubulcus ibis*), küçük ak balıkçıl (*Egretta garzetta*), ve Ortanca balıkçıl (*Egretta intermedia*) türlerinin farklı yuvalama ve tüneme alanlarında aldıkları tüy öneklerindeki ağır metal konsantrasyonunu incelemiştir. Hg (Civa) ve Mn (Manganez) konsantrasyonları, Sulawesi'ye kıyasla Bali'deki sığır balıkçıllarında daha yüksek çıkmış ancak bunun dışında önemli bir fark olmadığını belirtilmiştir. Bali'de yuva yapan üç akbalıkçıl türü arasında Pb, Cd ve Hg açısından önemli farklılıklar gözlenmiştir. Boyut ve trofik seviyeye göre Cd ve Hg konsantrasyonları böcek yiyen sığır balıkçıllarında en düşük, balık yiyen ortanca balıkçıllarda en yüksek konsantrasyonlarda çıktığını, sığır balıkçıllarında da diğer iki türe göre önemli ölçüde daha düşük Pb konsantrasyonları görüldüğü tespit edilmiştir. Sığır balıkçıllarının ikincil uçma tüyleri, göğüs ve üçüncül tüylere göre daha yüksek Cd ve Hg seviyelerine sahipken Mn seviyeleri daha düşük çıktığı söylenmiştir.

Dauwe vd. (2000), Belçika'da farklı habitatlardaki büyük baştankara (*Parus major*) ve mavi baştankara (*Cyanistes caeruleus*) türlerinin dışkı ve tüylerindeki Zn, Cu, Pb, Cd, As seviyelerini ölçmüştür. Kirliliğin yoğun olduğu bölgede yaşayan büyük baştankara ve mavi baştankaralara ait dışkı örneklerinin daha yüksek konsantrasyonlarda As, Cd, Cu ve Pb içerdiği saptanmıştır. Zn konsantrasyonlarının, her iki tür için de alanlar arasında farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Tüylerin ise kirlilik olan sahada referans bölgeye göre daha yüksek Pb konsantrasyonları biriktirdiği, büyük baştankara yavrularının tüylerindeki Zn seviyeleri, referans bölgede kirli bölgeye göre daha yüksek olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hem dışkıda hem de tüylerdeki metal seviyelerinde büyük ve mavi baştankaralar arasında türler arası bir fark görülmemiştir.

Movalli (2000), Pakistan'da yaptığı çalışmada, bıyıklı doğan (*Falco biarmicus*) türüne ait 57 canlı ve 5 ölü bireyden aldığı göğüs tüyü örneklerinde kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), cıva (Hg), kobalt (Co), selenyum (Se), çinko (Zn), ve krom (Cr) konsantrasyonlarını analiz etmiştir. Konsantrasyonlar hem erkekler ve dişiler arasında hem de gençler ve yetişkinler arasında önemli ölçüde farklılık göstermemiştir. Ancak Pb, Hg, Co, Cr, için bölgeler arasında farklılık göstermiştir.

Ayrıca Pb konsantrasyonu ile bit yumurtalarının oluşumu arasında önemli bir ilişki bulunmuştur. Pb varlığının kuşa parazit direnci sağladığı ortaya konulmuştur.

Boncompagni vd. (2003), yürüttükleri çalışmada Pakistan'daki üç sulak alanda yumurta ve tüy örneklerinde As, Cd, Cr, Pb, Hg, Mn, Se ve Zn konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Kirlenmenin fazla olduğu alandaki toprakta Cr ve Se seviyeleri alarm verici konsantrasyonlarda bulunmuştur. Yumurtalardaki Se düzeyi balıkçıl üremesini etkileyebilecek düzeyde çıkmıştır. Üç sulak alan arasındaki farklar varsayılandan daha az belirgin ölçülmüştür. Aynı bölgedeki ak balıkçıl türleri yumurtalarında belirli elementlerin konsantrasyonu açısından farklılıklar görülmüştür.

Martinez-Lopez vd. (2004), İspanya'da yaptıkları çalışmada küçük kartal (*Hieraaetus pennatus)*, şahin (*Buteo buteo*) ve çakır (*Accipiter gentilis)* türlerinin tüylerinde ve kanlarında bulunan kurşun seviyelerini incelemişlerdir. En yüksek değer 1,66 mg/kg Pb varlığıyla küçük kartal türünde çıkmıştır. Kuşlarda davranışsal, fizyolojik ve beslenme bozukluklarının Pb varlığıyla ilgili olabileceğini söylemişlerdir.

Battaglia vd. (2005), İtalya'da yaptıkları çalışmada şahin (*Buteo buteo*) ve kukumav (*Athene noctua*) türlerinde karaciğer, böbrekler, pektoral kas, sternum kemiği ve tüylerde kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Kukumav kemiklerinde kadmiyum birikiminin kronik olduğunu söylemişlerdir. Ortalama kurşun içeriği daha düşük çıkmıştır.

Dauwe vd. (2005), Belçika'da yaptıkları çalışmada büyük baştankara (*Parus major*) türüne ait 10 bireyin doku, tüyler ve yumurtalarındaki metal konsantrasyonları (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. İç dokulardaki ağır metal konsantrasyonları en yüksek kemik (Cr, Ni, Pb, Zn), böbrek (Cd), karaciğer (Cu), kan (Al, As, Co, Hg) ve bağırsakta (Ag, Mn) çıkmıştır. Yumurta içeriklerinde Cr, Co, Cu, Mn, Ni ve Zn temel elementlerinin nispeten yüksek konsantrasyonları bulunmuştur. Yumurta kabukları iç doku konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında Ag, Al, As, Co, Cr ve Ni konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Yumurta içerikleri ve yumurta kabuklarındaki metal konsantrasyonları, iç dokulardaki ve tüylerdeki metal konsantrasyonları ile zayıf bir korelasyon göstermiştir; sadece kadmiyum ve kurşun için önemli bir pozitif korelasyon bulunmuştur.

Scheifler vd. (2006), araştırmalarında Fransa'nın Besancon şehrinde farklı habitatlarda yaşayan karatavuk (*Turdus merula*) türünün kan, tüy ve ana avlarından biri olan solucanlarda Pb konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Pb konsantrasyonları, solucanların farklı dokularında; karatavukların kanında, yıkanmış ve yıkanmamış en dış kuyruk tüylerinde ve göğüs tüylerinde belirlenmiştir. Solucanlardaki Pb konsantrasyonları farklı dokular arasında benzer seviyedeyken kentsel bireylerde kırsal olanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Şehirde yaşayan bireylerde kırsal kesimdekilere göre Pb konsantrasyonu daha yüksektir ve sırasıyla en dıştaki kuyruk tüyleri, göğüs tüyleri ve kandaki Pb seviyeleri verilmiştir (7.75 ± 4.50, 3.15 ± 1.77 ve 0.15 ± 0.09 μg/g). Şehirdeki karatavuklarda, yıkanmış ve yıkanmamış kuyruk tüylerindeki konsantrasyonlar kıyaslandığında yıkanmamış tüylerin toplam %37'sindeki Pb konsantrasyonunun dış kontaminasyonundan kaynaklandığı kalan %63'ün ise kentsel topraklardan gıda zinciri transferi ile geçen kalıcı Pb olduğu açıklanmıştır.

Burger vd. (2007), Alaska Adaları'nda yaptıkları çalışmada (Amchitka, Kiska) adalardaki üreme kolonilerinde bir alk türü olan güvercin alkının (*Cepphus columba)* tüylerinde As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg ve Se metal(oid)lerini analiz etmişlerdir. Üreme kolonilerinden alınan tüy örneklerindeki metal(oid) konsantrasyonları bölgesel farklılıklarına göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca türün erkek ve dişi bireylerinde farklılık gözlenmiş, dişilerin tüylerinde erkeklerden daha yüksek seviyelerde cıva ve selenyum bulunduğunu ifade edilmiştir. Güvercin alkleri ve onların avcıları için potansiyel olarak risk oluşturabilecek kadar yüksek olan cıva ve selenyum hariç, çoğu metalin seviyesi bilinen etki seviyelerinin altında çıktığı söylenmiştir.

Kim ve Koo (2007), yaptıkları incelemede gece balıkçılı (*Nycticorax nycticorax*) ve gri balıkçıl (*Ardea cinerea*) yavrularının diyet ve tüylerinin yanı sıra çevresel substratlarında (su ve tortu) Fe, Mn, Zn, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Sedimentteki Zn ve Cd konsantrasyonları yüksek iken Pb değerlerinin düşük olduğunu saptanmıştır. Tüylerdeki demir, bakır ve kurşun konsantrasyonları balıkçıl türleri arasında önemli ölçüde farklı çıkmıştır. Balıkçıl tüylerindeki Zn, Fe, Pb konsantrasyonları diğer balıkçıl araştırmaları tarafından bildirilen aralıklar içindeyken ancak Mn, Cu, Cd çok daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Zolfaghari vd. (2007), İran'ın Kuzeybatısındaki araştırmalarında 18 kuş türünün kuyruk tüylerindeki civa konsantrasyonlarını analiz etmişlerdir. Civa konsantrasyonlarının hem trofik düzey hem de taksonomik olarak ilişkili olduğunu değerlendirilmiştir.

Perez-Lopez vd. (2008), çalışmalarında yaşam alanlarının kirlenmesine ilişkin dolaylı bilgi sağlamak amacıyla, yaban hayatı rehabilitasyon merkezlerinden topladıkları hem gündüz hem de gece yırtıcı kuş türlerinin karaciğer örneklerinde Pb, Cd ve Zn ve As konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Gece yırtıcı kuşları Cd için eşik değerini (3 ppm) aştığı ve maksimum bir peçeli baykuşta (*Tyto alba*) 39 ppm gibi yüksek bir oran tespit edilmiştir.

Tsipoura vd. (2008), New Jersey'de yaptıkları çalışmada al kanatlı karatavuk (*Agelaius phoeniceus*), bataklık çıtkuşu (*Cistothorus palustris*) ve ağaç kırlangıcı (*Tachycineta bicolor*) türlerinin tüy, yumurta ve kan örneklerinde As, Cd, Cr, Pb ve Hg seviyelerini incelemişlerdir. Tüm türlerde Pb seviyelerinin yumurtalarda düşük, tüylerde daha yüksek ve kanda çok yüksek, Hg seviyelerinin ise biyolojik olarak zararlı kabul edilen eşik değerlerin altında olduğu belirtilmiştir. Yumurta ve kanda Cr seviyeleri nispeten yüksek iken literatürde bildirilenlere kıyasla tüylerde daha düşük çıkmıştır. Cd ve As seviyeleri, diğer çalışmalarda ölçülenlere kıyasla tüm dokularda ve incelenen tüm türlerde genellikle düşük seviyelerde ölçülmüştür.

Burger vd. (2009), Bering Denizi adalarında yaptıkları çalışmada adalarda üreyen buz rengi martı (*Larus glaucescens)* türünün yavru ve yetişkin bireylerinin yumurta ve tüy örneklerinde As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg ve Se konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Cd, Pb ve Hg seviyeleri yumurtalarda en düşük miktarlarda çıkmıştır. Yetişkin tüylerinde ise en düşük metal Se olarak ölçülmüştür. Sadece yetişkinler ve yeni doğan yavrular karşılaştırıldığında, yetişkinlerde Cd, Cr, Pb, Hg, yavru kuşlarda ise As, Mn, Se daha yüksek seviyelerde çıktığı rapor edilmiştir. Hem yetişkin hem de yavru buz rengi martıların tüylerinde Hg ile As, Cr ile Mn seviyeleri arasında önemli fark görülmüştür. Erkeklerin tüylerinde Cr ve Mn dişilere göre daha yüksek ölçülmüştür.

Hernandez ve Margalida (2009), İspanya'nın kuzeyinde ve Fransa'nın güneyinde yaptıkları çalışmada Pirene Dağları'ndaki sakallı akbaba (*Gypaetus*

barbatus) popülasyonundan kan, karaciğer ve kemik doku örnekleri alarak Pb maruziyetini incelemişlerdir. Yaş sınıfları arasında farklı beslenme alışkanlıklarına göre farklılıklar bulunmuştur. Bölgeler arasındaki avlanma uygulamalarındaki farklılıklarda (bazı bölgelerde av hayvanlarının karkasları ve sakatatları alınmaz) Pb konsantrasyonlarında farklılık görülmesine sebep olmuştur. Avcılar tarafından vurulan leşlerle beslenen akbabaların Pb miktarlarında artış yaşayacağı ve bunun türün geleceği için tehlike oluşturacağı belirtilmiştir.

Malik ve Zeb (2009), Pakistan Punjab'daki sığır balıkçıllarının (*Bubulcus ibis*) üç üreme kolonisinden aldıkları tüyler üzerinde yaptıkları incelemede tüylerdeki Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi metallerin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Ortalama Ca, Cd, Fe, Pb ve Mn konsantrasyonları üç çalışma sahası arasında (Chenab Nehri, Ravi Nehri ve Rawal Gölü Rezervuarı) önemli ölçüde farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Çalışma ayrıca yerel ağır metal kirliliğinin biyomonitörü olarak sığır balıkçılı tüylerinin kullanılabileceğini öne sürmüştür.

Hargreaves vd. (2010), Kanada'da yürüttükleri çalışmada kıyı kuşlarından taşçeviren (*Arenaria interpres*), gümüş yağmurcun (*Pluvialis squatarola*) ve perdeli cılıbıt (*Charadrius semipalmatus*) türlerine ait kan, tüy ve yumurta örneklerinde As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se ve Zn ağır metal düzeylerini incelemişlerdir. Hg haricinde esansiyel olmayan elementler, esansiyel olanlardan daha düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur. Kandaki maksimum Hg seviyeleri kuş türleri için toksikolojik seviyeye yaklaşırken diğer elementlerin bilinen toksikolojik eşiklerin çok altında çıktığı saptanmıştır.

Castro vd. (2011), İspanya'da yaptıkları çalışmada çakır *(Accipiter gentilis*), şahin (*Buteo buteo*) ve alaca baykuş (*Strix aluco*) türlerinde karaciğer, böbrek ve tüylerde Cd, Hg ve Pb konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yaş veya cinsiyete göre metal konsantrasyonlarında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Tüylerdeki ve böbrekteki kadmiyum seviyelerinin tüm türlerde anlamlı olarak ilişkili olduğu ($p < 0.01$ veya $p < 0.05$) görülmüştür.

Deben vd. (2012), Kuzey İspanya'da alaca baykuş (*Strix aluco*) ve çakır (*Accipiter gentilis*) türlerinde birincil uçma, ikincil uçma ve göğüs tüylerinden

alınan örneklerde ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Tüm tüy türlerinde yüksek derecede bireysel değişkenlik gözlenmiştir.

Frantz vd. (2012), çalışmalarında Paris'in kentleşmiş 7 bölgesinde belirledikleri kaya güvercini (*Columba livia)* türüne ait 91 bireyin tüylerinde Cu, Cd, Pb ve Zn seviyelerini incelemişlerdir. Tüm güvercin tüylerinde dört metalde tespit edilirken Cd değerinin diğer metallere göre (2 ile 90 kat oranında) daha yüksek seviyede çıktığı rapor edilmiştir.

Martinez vd. (2012), İspanya'da yaptıkları incelemede 20 şahin (*Buteo buteo*) ve 49 çakır (*Accipiter gentilis*) türünden aldıkları birincil uçma tüylerinin Hg konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çakır türünden kanadın iç kısmından dış kısmına doğru gidildikçe civa seviyesinde düşüş olduğu gözlenmiştir. Her iki türde de aynı bireyin kanatları arasındaki Hg konsantrasyonlarında genellikle hiçbir fark bulunamamıştır.

Costa vd. (2013), Portekiz'in farklı habitatlarında yaptıkları çalışmada baştankara türlerine ait bireylerin tüy ve dışkı örneklerinde metal(oid) (As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se ve Zn) konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Bölgeler arasında, aynı zamanda örnek alınan alanlar (tüy-dışkı) ve yaş sınıfları (yavru-yetişkin) arasındaki metal seviyeleri karşılaştırılmıştır. Yavru büyük baştankaraların (*Parus major*) dışkıları ve tüyleri farklı konsantrasyonlar göstermiş ayrıca her iki farklı habitatta benzer birikim kalıpları tespit edilmiştir. Sanayi bölgesinde civa konsantrasyonları ve kırsal alandaki arsenik konsantrasyonları önemli ölçüde yüksek çıkmıştır. Yetişkin dişilerdeki metal(oid) seviyeleri yavrulara kıyasla oldukça farklı sonuçlar vermiş ve bir kâğıt fabrikasının yakınında sadece nikel yüksek seviyede çıkmıştır. Metal seviyelerinin yavru büyük baştankaraların tüylerinde ve dışkılarında tutarlı bir model gösterdiği belirtilmiştir.

Nighat vd. (2013), Pakistan'ın Pencap bölgesinde yaptıkları çalışmada yırtıcı üç kuş familyasında (Accipitridae, Falconidae, Strigidae) metal(oid) konsantrasyonlarında farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. En yüksek birikim Falconidae familyasında ve kerkenez (*Falco tinnunculus*) türünde ortaya çıkmıştır.

Abbasi vd. (2015), Pakistan'ın farklı yörelerinde yaptıkları çalışmada 48 kuş türünün tüylerinde 9 ağır metal (Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Fe, Zn ve Mn) konsantrasyonunu ölçmüşlerdir. Tüylerde incelenen metallerin ortalama

konsantrasyonları Fe> Zn> Cu> Pb> Mn> Cr> Ni> Co> Cd şeklinde çıkmıştır. Genel olarak, metal konsantrasyonları etçil türlerde en yüksek seviyedeyken bunu omnivor ve böcekçil türler izlemiştir. Ayrıca metal konsantrasyonları, endüstriyel ve tarımsal faaliyet ve akış nedeniyle bazı bölgelerde yüksek çıkmıştır.

Kitowski vd. (2016), Polonya'nın doğusunda gerçekleştirdikleri çalışmalarında, toplanan altı yırtıcı kuş türünün karaciğerlerinde Pb, Cd, Ni, Cr ve Hg konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Sonuçlar, yüksek Hg ve Cr konsantrasyonlarının ötücü kuşlarla beslenmeyle doğrudan ilişkili olduğunu gösterilmiştir. Küçük memelileri besin kaynağı olarak yakalama konusunda uzmanlaşmış yırtıcı kuşların, diğer yırtıcı kuşlara kıyasla karaciğerlerinde daha yüksek Pb ve Cd konsantrasyonları içerdiği görülmüştür.

Dolan vd. (2017), Norveç ve İspanya'daki araştırmalarında çakır (*Accipiter gentilis*) türünün yavrularında tüy ve kan metal konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Bölgesel farklılıkların, kentleşmenin ve yuvalama alanlarına yakın tarımsal arazilerin etkisi, belirli analiz teknikleri kullanılarak araştırılmıştır. Zn (5,4 ± 1,5), Cd (0,00023 ± 0,0002) ve Hg (0,021 ± 0,01) için bulunan yüksek konsantrasyonlar dışında eser elementlerin çoğu literatürdeki kan toksisite eşiklerinin altında tespit edilmiştir. Tüylerdeki karşılık gelen ortalama konsantrasyonlar Zn, Cd ve Hg için sırasıyla 82,0 ± 12,4, 0,0018 ± 0,002 ve 0,26 ± 0,2 olarak bulunmuştur.

Zarrintab ve Mirzaei (2017), İran'ın İsfahan Eyaleti'ndeki çalışmalarında saksağan (*Pica pica*) türünün yumurtlama davranışı, yumurta kalitesi ve üreme performansı üzerine bazı ağır metal (Cd, Pb, Zn, Ni ve Cu) kontaminasyonlarının etkilerini incelemişlerdir. Yumurta içeriği ve yumurta kabuğunun yanı sıra dışkı ve tüyler de analiz edilmiştir. Yumurta içeriğinde Zn ve Pb konsantrasyonları daha yüksek ölçülürken, yumurta kabuğunda Cu ve Cd konsantrasyonları daha yüksek ölçülmüştür. Tüy ve dışkılardaki ağır metallerin çoğu birbirleriyle güçlü bir şekilde pozitif korelasyon göstermiştir. Yumurta kabuğu ve yumurta içeriğindeki tüm ağır metal seviyelerinde pozitif korelasyon olduğu (Cu hariç) saptanmıştır. Tuğla fırın sahasında toplanan numuneler, diğer sahalardan daha yüksek konsantrasyonlarda ağır metal biriktirmiştir.

Durmuş vd. (2018), Van bölgesinde yaptıkları çalışmada Van gölü martısı (*Larus armenicus*) tüylerinde ağır metallerden Mg, Zn, Cu, Mn, Li, Sn, Co ve Se

seviyelerini belirlemişlerdir. Çalışma alanlarının kentsel ve kırsal konumu nedeniyle farklı düzeyler tespit edilmiştir. En yüksek Mg, Zn, Mn, Cr ve Li seviyeleri şehrin çöp sahasının yakınındaki Sıhke göletinde belirlenirken; en düşük seviyeler, insan faktörünün en az olduğu Adır Adası'nda çıkmıştır. Akdamar Adası'ndan alınan örneklerde Co, Se ve Sn seviyeleri yüksek iken, en düşük seviyelerin Çarpanak Adası ve Sıhke göletinde olduğunu belirtmişlerdir.

Durmuş (2018), Türkiye'nin Van Gölü Havzası'nda karasal ve sucul ekosistemlerde yaşayan 10 farklı familyaya mensup 22 kuş türünün tüylerinde cıva (Hg) konsantrasyonlarını tespit etmiştir. Tüylerdeki cıva oranını kuş türlerinin beslenme durumu ve taksonomik sınıflandırmalarına göre belirlemiştir. Çalışmada Cıva seviyeleri 0,002 ± 0,007 mg / kg ve 2,700 ± 0,560 mg / kg kuru ağırlık aralığında tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyonlar arı şahini (*Pernis apivorus*), sakallı akbaba (*Gypaetus barbatus*) ve kızıl şahin (*Buteo rufinus*) türlerinde tespit edilirken en düşük cıva konsantrasyonu kaya kartalında (*Aquila chrysaetos*) tespit edilmiştir. Trofik seviye ve sistematik gruplar göz önüne alındığında örneklenen türlerde, ortalama cıva seviyesinin her ikisinde de istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir. Etçillerin cıva seviyesinin otçullardan daha yüksek olduğu söylenmiştir.

Seoane vd. (2018), İspanya'da yürüttükleri çalışmada Alaca baykuş (*Strix aluco)* türünün tüm birincil uçma tüylerinin şaftındaki As, Cd ve Pb konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Metal seviyelerinin karşılaştırmalarını sağlamak için birincil tüyün hangi şaftının kullanılması gerektiği araştırılmıştır. Şaftlar arası değişkenlik esas olarak As ve Cd konsantrasyonlarında çıkmıştır. As için, 5 numaralı birincil uçuş tüyünün şaftı (S5); Cd için, 2 numaralı birincil uçuş tüyünün şaftı (S2) ve Pb için, 8 numaralı birincil uçuş tüyünün şaftı (S8) en iyi sonucu vermiştir.

Gruz vd. (2019), Macaristan'daki çalışmalarında farklı yırtıcı kuş türlerinden tüy örnekleri toplayarak As, Cd, Pb, Hg seviyelerini incelemişlerdir. Ortalama değerler türler arasında değişkenlik göstermiştir. Konsantrasyonlar As için 0,29 ± 0,24 ile 0,40 ± 0,30 mg / kg; Cd için 0,09 ± 0,03 ve 0,20 ± 0,18 mg / kg, 1,15 ± 1,40 ile 2,30; Pb için ± 1,52 mg / kg ve Hg için sırasıyla 0,58 ± 0,31 ile 2,19 ± 1,25 mg / kg ölçülmüştür. Araştırmacılar, ölçülen değerlerin toksik metaller için

dikkate alınan eşik değerlerin üzerinde olmadığını, değerlerin Avrupa'daki benzer türlerde kaydedilen konsantrasyonlara uygun çıktığını rapor etmişlerdir Ayrıca, türlerin cinsiyet ve yaşa göre konsantrasyonları arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Liu vd. (2019), çalışmalarında IUCN verilerine göre nesli tükenme tehlikesi altında olan Nippon aynağı (*Nipponia nippon*) türünün tüy, yumurta kabuğu ve dışkı örneklerinde 11 ağır metali incelemişlerdir. Yabani bireylerde As, Cd ve Mn seviyeleri yüksekken kafes altındaki bireylerde Hg, Se ve Zn seviyeleri yüksek çıkmıştır. Türün tüy ve yumurta kabuğu, eser elementlerin çoğu için oldukça tutarlı bir gösterge sergilerken dışkıdaki hemen hemen tüm elementlerin konsantrasyonları da çevresel örneklerdeki (tortular veya topraklar) sonuçlarla tutarlılık göstermiştir. Tüylerde As, Hg, Mn ve Zn; yumurta kabuklarında ise Mn ve Zn konsantrasyonları yüksek çıkmıştır. Yabani bireylerin dışkılarında As, Cd, Cu ve Mn konsantrasyonları, kafes altındaki bireylerin dışkılarında ise Se ve Zn konsantrasyonları yüksek çıkmıştır.

Nergiz ve Şamat (2019), Hazar Gölü'nün yüzey sularında ve van gölü martısının (*Larus armenicus*) genç ve yetişkin bireylerinde bazı metal(oid) (Cd, Pb, Fe, Cr, Zn, Ni, As, Cu, Mn, Se) seviyelerini tespit etmişlerdir. Çalışmada yetişkin ve genç martı tüylerinde ağır metallerin ve iz elementlerinin biyoakümülasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p > 0.05$). En yüksek metal konsantrasyonları gençlerde ölçülmüştür. Pb ve Mn hariç tüm metallerin ortalama değerleri su kuşları için kabul edilebilir normal değer sınırları içinde çıkmıştır. Sudaki ağır metal konsantrasyonu sırasıyla; Fe> As> Zn> Ni> Cd> Cu> Cr> Pb> Mn> Se şeklindedir ve sudaki Cd, Cu, Zn ve Cr konsantrasyonları içme suyu için izin verilen seviyelerden daha yüksek bulunmuştur.

Pena-Lastra vd. (2019), Atlantik Adaları Galiçya Ulusal Parkında yapılan çalışmada gümüşi martı (*Larus michahellis)* kolonilerinde mikro besinler (Cu, Zn, Se, Co, Mo, Ni) ve toksik elementler (Cr, Cd, Hg, Pb, As, Ag) dahil olmak üzere eser elementlerin birikimi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Kuşlardan mide içi besin, dışkı, tüy ve yumurta örnekleri alınmış aynı zamanda bölgelerden toprak, bitki ve su örnekleri de toplanmıştır. Çoğu elementin dışkı ve besindeki konsantrasyonları, tüy ve yumurtalardaki konsantrasyonlarından daha yüksek

çıkmıştır. İç sulardaki kolonilerde bazı elementlerin (Co, As, Cd) konsantrasyonları denizel bölgelere göre daha yüksek ölçülmüştür.

Yamaç vd. (2019), yaptıkları çalışmada tehdit altındaki bir tür olan kara akbabanın (*Aegypius monachus*) tüylerindeki ağır metal seviyelerini ölçmüşlerdir. Tüyler, türün üreme alanları olan Sündiken ve Türkmenbaba dağlarından toplanmıştır. 43 farklı bireye ait tüylerdeki metal seviyelerini analiz etmek için ICP-OES kullanılmıştır. Cu dışındaki tüm ağır metal konsantrasyonları kanatlarda kalamustan daha yüksek çıkmıştır.

Yamaç vd. (2019), yaptıkları çalışmada tehdit altındaki bir tür olan küçük akbabanın (*Neophron percnopterus*) Kuzey Anadolu'da 10 farklı yuvasından aldıkları primer tüy örneklerinin ağır metal seviyelerini ölçmüşlerdir. İki bireyin As seviyesi eşik seviyenin üstünde bulunmuş ve tehlike altındaki türün kuluçka başarısını olumsuz yönde etkileyeceği söylenmiştir.

Copat vd. (2020), çalışmalarında, Sicilya'nın üç bölgesinde iz element kontaminasyon seviyesini belirlemeyi amaçlamışlardır. ICP-MS kullanarak kocagöz (*Burhinus oedicnemus*) türünden alınan örneklerden (aşınmış sırt tüyleri ve kan) ve topraktan Mn, Ni, Pb, Zn, Se ve V gibi iz elementlerin yanı sıra As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg iz elementlerin konsantrasyonları incelenmiş ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Jimenez vd. (2020), Çalışmalarında nesli tükenmekte olan dört Galapagos kuş türünün (*Spheniscus mendiculus, Phalacrocorax harrisi, Phoebastria irrorata ve Phoenicopterus ruber*) tüylerini analiz ederek ağır metal seviyelerini ve olası kökenlerini belirlemeye çalışmışlardır. Tüyler, non-invaziv prosedürler kullanılarak toplanmış ve cıva (Hg) için elektrokimyasal yöntemler, kurşun için spektroskopik yöntemler ağır metalleri ölçmek için kullanılmıştır. Pb ve Cd adaya yakın kökenli olmayan *Phoenicopterus ruber* tüylerinde tespit edilmiştir. Analiz edilen türlerin hiçbirinde Hg bulunmadığı belirtilmiştir.

Monclus vd. (2020), Pb ile ilgili 1983–2019 yılları arasında yırtıcı kuşlarla ilgili yapılan çalışmaları inceleyerek bir meta-analiz yapmışlardır. İncelemede dokulardaki en fazla kurşun miktarı zorunlu leş yiyen akbabalar ve bazen leş yiyen ak kuyruklu kartal (*Haliaeetus albicilla*), kaya kartalı (*Aquila chrysaetos*) ve şahin

(*Buteo buteo*) türlerinde görülmüştür. Av sezonlarında yırtıcı kuşlardaki ağır metal konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir.

Mukhtar vd. (2020), çalışmalarında yol kazaları neticesinde ölen kuş türlerinden ak göğüslü su yelvesi (*Amaurornis phoenicurus)* ve su tavuğu (*Gallinula chloropus*) türlerinin iç organları (kalp, karaciğer ve böbrek), tüyleri (birincil uçma ve göğüs) ve kemiklerini (sternum ve femur) metal(oid) konsantrasyonları bakımından değerlendirmişlerdir. Ağır metal birikiminin hedef dokuya göre değiştiği, değişkenlerin kuş türleri ve ağır metal ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Zn ve Cu her iki tür arasında konsantrasyon olarak en yüksek olmasına rağmen, çoğunlukla iç organlarda Cu, tüylerde As ve kemiklerde Pb biriktiği tespit edilmiştir.

Ndu vd. (2020), Meksika'nın Kuzey Körfezindeki çalışmalarında Doğu kahve rengi pelikan (*Pelecanus occidentalis carolinensis*) tüylerinde ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Civcivler ve yetişkinlerde cıva seviyelerinin farklı olduğu belirtilmiştir. Bölgesel farklılar ve farklı üreme kolonilerini cıva, kadmiyum, bakır, arsenik ve selenyum gibi ağır metaller bakımından karşılaştırılmıştır.

Panda vd. (2020), Hindistan'ın Odisha eyaletinde farklı sulak alan habitatlarında bulunan sığır balıkçılı (*Bubulcus ibis)* türünün tüy örneklerinde Pb konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Sekiz farklı balıkçılın yiyecek arama habitatlarından tüy, av ve tortu örnekleri toplamışlardır. Çalışmada farklı bölgelerdeki Pb konsantrasyonunun toprak (15.13-56.26 µg / g), av (0.21-55.76 µg / g) ve tüylerde (5.6-49.86 µg / g) önemli ölçüde değiştiği görülmüştür. Toprak ve avdaki en yüksek Pb konsantrasyonu Hirakud'da, tüy örneklerinde ise en yüksek Pb konsantrasyonu Talcher bölgesinde çıkmıştır.

Pandiyan vd. (2020), kıyı kuşları için tüy, besin, su ve tortudaki ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Çalışılan metaller arasında Hg, Cr, Pb ve Ni seviyeleri önemli ölçüde farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir ($p < 0.05$). Su ve tortuda Cd, Co, Pb, Hg, Ni ve Zn, besinlerinde Cd, Cu, Hg, Pb, Ni ve Zn metalleri önemli farklılık gösterdiğini söylemişlerdir ($p < 0.05$).

Solgi vd. (2020), Kuzey İrlanda'da üç tane su kuşu türünde tüylerdeki ağır metalleri incelemişlerdir. Çalışmalarında Boujagh Milli Parkı sulak alanından

sakarmeke (*Fulica atra),* çamurcun (*Anas crecca*) ve yeşilbaş ördek (*Anas platyrhynchos)* türlerinin göğüs tüylerindeki ağır metaller karşılaştırılmıştır. Pb, Cu ve Zn seviyeleri eşik değerin altında ve ölümcül olmadığı ve kuş türleri arasında metal konsantrasyonlarında önemli farklılıklar bulunmadığı söylenmiştir. En yüksek Pb ve Zn konsantrasyonları sakarmeke türünde gözlenmiştir. Ayrıca ağır metal konsantrasyonları göçmen kuşlara oranla yerel kuşlarda daha yüksek çıktığını bildirilmişt ir ($p<0.05$).

Alexe vd. (2021), yaptıkları çalışmada Tuna Deltası'nda üreyen ak kuyruklu kartal (*Haliaeetus albicilla*) bireylerinden 2012-2018 tarihlerinde toplanan tüy örneklerinde iki ağır metalin (Cr, Cd) ve bir metaloidin (As) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yavrular için krom konsantrasyonları 0,32 ila 1,33 mg/kg, yetişkin kuşlarda 0,68 ila 2,92 mg/kg arasında; gençlerde kadmiyum konsantrasyonları 0,007 ila 0,098 mg/kg, yetişkinlerde 0,036 ila 0,105 mg/kg; genç kuşlarda arsenik konsantrasyonları 0,17 ila 1,80 mg/kg, yetişkinlerde 0,57 ve 1,97 mg/kg olarak ölçülmüştür. Yavruların, yetişkinlere kıyasla daha düşük krom ve arsenik konsantrasyonlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Yavruların, yerel kaynaklardan beslendiklerinden dolayı çalışma alanındaki kirleticiler için yetişkinlere kıyasla daha iyi göstergeler olduğunu ifade edilmiştir.

Berenguer vd. (2021), çalışmalarında Güney Atacama'dan iki lokasyonda kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), bakır (Cu) ve çinkoya (Zn) maruziyeti değerlendirmek için yerel bir leş yiyici olan hindi akbabası türünün (*Cathartes aura)* birincil uçma tüylerini kullanmışlardır. Kıyı Atacama'daki ortalama konsantrasyonlar, Cd için 0,68±0,84 ppm; Pb için 1,97±2,01 ppm; Cu için 59,11±80,69 ppm; ve Zn için 107,96±51,00 ppm iken, İç kesimlerdeki ortalama konsantrasyonlar Cd için 0,55±0,42 ppm; Pb için 3,37±2,61 ppm; Cu için 91,66±77,74 ppm; ve Zn için 214,03±99,08 ppm. olarak bulunmuştur. Farklılığın sebebi madencilik faaliyetleriyle açıklanmıştır.

Borges-Ramirez vd. (2021), çalışmalarında San Francisco'da karga akbabası (*Coragyps atratus*) türü akbabalardan aldıkları pelet örneklerindeki mikroplastikler içerisinde bulunan ağır metalleri belirlemişlerdir. Yüksek miktarda Cu ve Zn'ye rastlanmıştır. Artan plastik tüketiminin dolaylı yoldan tehlikeli bir şekilde ağır metal kirliliğine sebep olduğu söylenmiştir.

Hurnikova vd. (2021), Slovakya'nın 3 ayrı bölgesinden 12 yırtıcı kuş türünden 80 bireyin karaciğer ve kaslarından alınan örneklerin arsenik, kadmiyum, krom, bakır, cıva, manganez ve kurşun değerlerini atomik absorpsiyon spektroskopisi kullanılarak analiz etmişlerdir. Farklı bölgelerden alınan örneklerin farklı miktarlarda metal biriktirdiğini gözlemişlerdir.

Ma vd. (2021), yırtıcı kuşların ne dereceye kadar Hg kontaminasyonuna maruz kaldığını değerlendirmek için, Kuzeydoğu Çin'den gündüz ve gece yırtıcılarından ikişer tür, ve bir yırtıcı ötücü kuş türünün tüylerinde Hg konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Tüy Hg konsantrasyonlarının 3,67 mg'dan fazla olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada en yüksek Hg oranı ötücü yırtıcı olan kahverengi örümcek kuşu (*Lanius cristatus*), en az Hg oranı ise gece yırtıcılarında ölçülmüştür.

Rodriguez-Alvarez vd. (2021), Kanarya Adalarında yapılan çalışmada kerkenez (*Falco tinnunculus*) türünün kas ve karaciğerlerinde B, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Li, Zn, Ni, Sr, V, Al, Cd, Pb içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonunda karaciğerde detoksifikasyondan ötürü fazla miktarda ağır metal bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Varagiya vd. (2021), Pakistan, Çin, Hong Kong, Hindistan, Güney Kore, İran ve Endonezya'da su kuşlarının tüy örneklerinde yapılmış ağır metal birikimi çalışmalarını 44 tür için analiz etmişlerdir. Çalışmada en yüksek düzeyde Cd, Pb, Cu ve As birikimi, sığır balıkçılı (*Bubulcus ibis*) ve küçük ak balıkçıl (*Egretta garzetta*) gibi balıkçıl türlerinde ortaya çıkmıştır. Cr, Ni ve Zn birikimi sırasıyla bataklık düdükçünü (*Tringa stagnatilis*), halkalı küçük cılıbıt (*Charadrius dubius*) ve küçük kumkuşu (*Calidris minuta*) gibi kuşlarda en yüksek seviyede olduğu ortaya konmuştur. Kara kuyruklu martının (*Larus crassirostris*), en yüksek Fe ve Se birikimine sahip olduğu bildirilmiştir.

Malvandi ve Shamabadi (2022), İran'da karayollarında araç çarpması dolayısıyla ölen şahin (*Buteo buteo),* kızıl şahin (*Buteo rufinus*), kerkenez (*Falco tinnunculus*), kulaklı orman baykuşu (*Asio otus*) gibi türlerde ağır metal konsantrasyonlarına bakmışlardır. Çalışmada yetişkin ve genç bireyler, gündüz ve gece yırtıcıları, farklı diyetlere sahip türler arasında metal konsantrasyonlarında önemli bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır.

Pandian vd. (2022), Hindistan'da balıkçıl türleriyle yaptıkları çalışmada gece balıkçılı (*Nycticorax nycticorax*) ve hint alaca balıkçılı (*Ardeola grayii*) türlerinde ağır metal içerikleri arasında önemli ölçüde farklılık tespit etmişlerdir ($p < 0.001$). Gece balıkçılı ağır metal birikim oranları Pb> Cr> As> Zn> Cu> Ni> Hg iken hint alaca balıkçılı için Pb> Cr> Ni> Zn> As> Cu> Hg olarak bulunmuştur.

Shehzad vd. (2022), Pakistan'da atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanarak 19 farklı kuş türünün ağır metal konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışmada buldukları ortalama konsantrasyonlar: Zn>Pb>Cr>Cu>Ni>Cd (104.89±22.39, 23.19±1.23, 15.68±3.50, 10.18±2.47, 5.38±1.50, 1.52±0.02 (µg/g)) olarak ifade edilmiştir. Özellikle kurşun ve krom konsantrasyonunun tolere edilebilir seviyelerden daha fazla olmasının çalışma alanındaki kuş faunasının azalmasına sebep olabileceğini söylemişlerdir.

Vizuete vd. (2022), İspanya'nın kuzeybatısında yaptıkları çalışmada yetişkin, yavru ve civciv gümüş martıların (*Larus michahellis*) karaciğer, böbrek ve tüylerinde cıva (Hg), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), selenyum (Se) ve arsenik (As) değerlerini ölçmüşlerdir. Kurşunun gümüş martı tüylerinde en çok biriken ağır metal olduğu tespit edilmiştir. Civa seviyesi ise ortalama 7,01±0,37 µg/g olarak bulunmuştur.

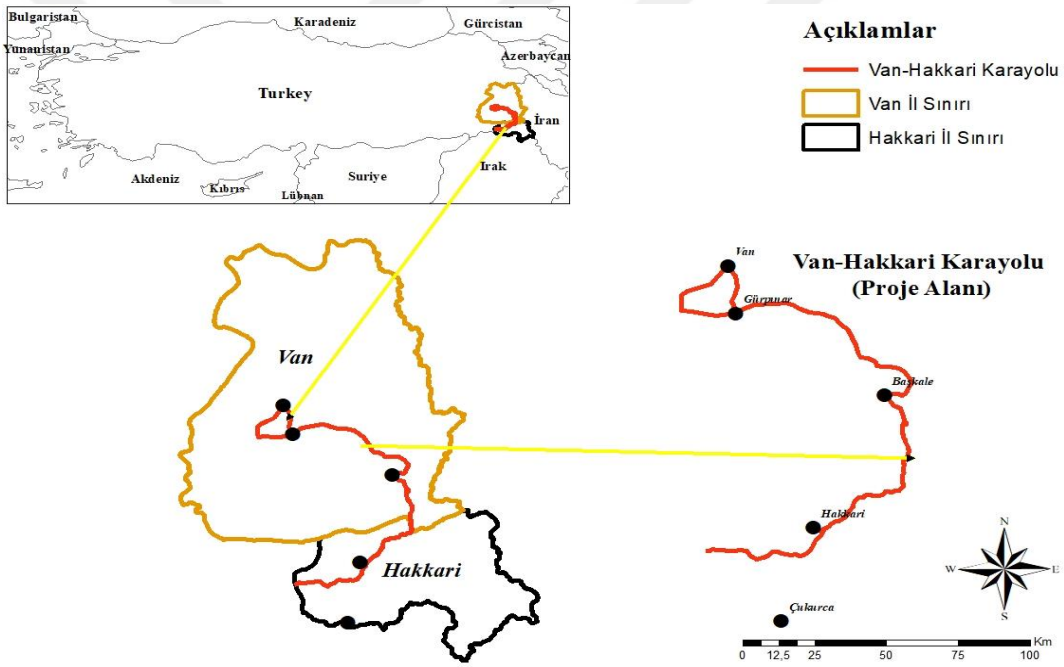
Yasmeen vd. (2022), Pakistan'da esaret altındaki akbaba türlerinden aldıkları tüy ve dışkı örneklerinden yaptıkları analizde Pb, Cr ve Cd gibi esansiyel olmayan metalleri en az konsantrasyonda ; esansiyel metaller Zn ve Mg en yüksek konsantrasyonda ölçmüşlerdir. Çalışmada, esaret altındaki akbabalara kontrollü bir yem verilmesine rağmen, tüy ve dışkı örneklerinde kaydedilen hem esansiyel hem de esansiyel olmayan metallerin daha yüksek seviyelerde olmasının yemin türünden kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanının Özellikleri

Arazi çalışmalarımız Hakkâri-Van il sınırları içinde yer alan karayolunda gerçekleştirilmiştir. Karayolu tek ve çift şeritli olmak üzere toplam uzunluğu 295 km'dir. Proje alanı olan karayolu Van merkezden başlayarak Gürpınar, Başkale, Hakkâri-Merkez ve Çukurca ilçelerinden geçmektedir (Şekil 3.1).

Çalışmamız yol kenarlarında metal(oid) kirliliğinin yoğun olabileceği yerler (Sanayi alanları, trafik yoğunluğunun olduğu yerler, katı atık tesisleri, yoğun tarımsal alanlar vb.) göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Ayrıca yola yakın kuşların toplu üreme alanları da dikkate alınmıştır.



Şekil 3.1. Van-Hakkâri Karayolu Lokasyon Haritası

3.2. Kullanılan Alet ve Malzemeler

Çalışmamızda mikropipet, pipet, beher, balon joje, analitik huni, erlen, puar, piset, whatman filtre kağıdı (no:42), alüminyum folyo, saat camı, çelik makas, petri kapı, falkon tüpleri, eppendorf tüpler, kilitli poşetler, elektronik hassas terazi, ısıtıcı tabla, santrifüj cihazı, etüv, derin dondurucu, çeker ocak, distile su cihazı, ICP-OES

cihazı, nitrik asit (%65 HNO_3), hidrojen peroksit (%30 H_2O_2), aseton ve deiyonize saf su kullanıldı.

3.3. Tüy Örneklerinin Toplanması

Örnekler toplanmadan önce Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul Başkanlığı'ından 23/12/2021 tarihli ve 202/12-02 sayılı karar ile Deney Hayvanları Etik Kurul Onayı alınmıştır. Arazi çalışmalarımızda yol kontrolü esnasında bulunan karkaslar etiketli plastik torbalara yerleştirilip güvenli ve sağlam bir şekilde muhafaza edilmeleri için buzlu soğutucularda tutulmuştur (Shahbaz vd., 2013). Karkaslardan toplanan tüyler tiplerine göre (birincil uçma, ikincil uçma ve göğüs tüyleri) ayrılıp steril, kilitli poşetlerde saklanmış ve analize kadar -20°C'de derin dondurucularda tutulmuştur (Şekil 3.2.a) (Mora, 2003; Shahbaz vd., 2013; Costa vd., 2013; Orłowski vd., 2010; Orłowski vd., 2019).

3.4. Materyallerin Analize Hazırlanması

Tüylere gevşek bir şekilde yapışan dış kontaminasyonu gidermek için tüyler aseton ile dönüşümlü deiyonize su içinde kuvvetli bir şekilde yıkanıp kurumaya bırakıldı (Şekil 3.2.b) (Burger ve Gochfeld, 1993; Dauwe vd., 1999; Mora, 2003; Burger vd., 2009; Frantz vd., 2012; Gruz vd., 2019). Ardından 24 saat boyunca 60°-80°C'de etüvde bekletildi (Şekil 3.2.c) (Hargreaves vd., 2010; Shahbaz vd., 2013; Yamaç vd., 2019; Nergiz ve Şamat, 2019).

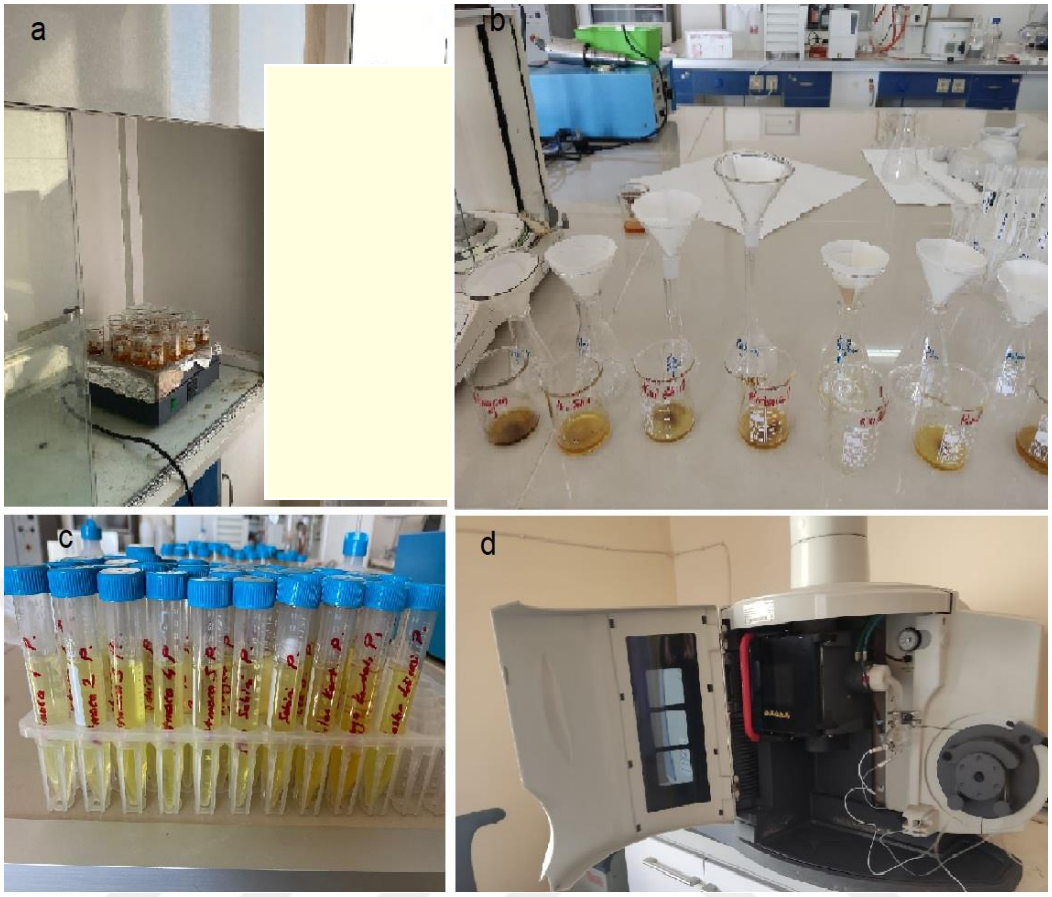
Kurutulan tüy örnekleri, paslanmaz çelik makasla küçük parçalara ayrıldı (Durmuş vd., 2018; Seoane vd., 2018). Küçük parçalara ayrılan tüylerin kuru ağırlıkları tartıldı (Şekil 3.2.d) (Shahbaz vd., 2013). Birincil uçma ve ikinci uçma tüylerinden 1 g (kuru ağırlık), göğüs tüylerinden 0,5 g (kuru ağırlık) alınarak cam çözündürme kaplarına konulup, üzerine Nitrik asit (%65 HNO_3), Hidrojen peroksit (%30 H_2O_2) karışımı ilave edilerek oda koşullarında bekletildi (Dauwe vd., 1999; Muralidharan vd., 2004; Burger vd., 2009; Hargreaves vd., 2010; Costa vd.,2013; Durmuş, 2018; Yamaç vd.,2019; Nergiz, 2019; Gruz vd., 2019; Panda vd.,2020). Daha sonra ısıtıcı tabla (hot-plate) üzerine alınan örnekler sıcaklığın kademeli olarak arttırılmasıyla duman rengi siyahtan beyaza dönüşene kadar buharlaştırıldı (Şekil 3.3.a) (Nergiz ve Şamat, 2019; Tuğyan ve Sungur, 2020). Sindirilen örnekler

Whatman filtre kâğıdı ile süzülüp (Şekil 3.3.b), soğutulduktan sonra numuneler deiyonize su ile seyreltilip falkon tüplerine alındı (Şekil 3.3.c) ve analize kadar -20°C'de saklandı (Dauwe vd., 1999; Ashkoo vd., 2020).

Tüm numuneler Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezindeki ICP-OES cihazında okutuldu (Şekil 3.3.d). Sonuçlar R istatistik yazılım programında ANOVA, Kruskal-Wallis ve Hochberg testleri kullanılarak karşılaştırıldı.



Şekil 3.2. a) Tüy örneklerinin steril kilitli poşetlerde saklanması, b) Kurutulmaya bırakılmış tüy örnekleri, c) Etüvde bekletilen tüy örnekleri, d) Kurutulmuş tüy örneklerinin tartılması



Şekil 3.3. a) Isıtıcı tabla üzerinde ısıtma işlemi, b) Asitle ısıtılan örneklerin filtre kâğıdı ile süzülmesi, c) Analiz için hazırlanmış örnekler, d) Örneklerdeki metal(oid) düzeylerini belirleyen ICP-OES cihazı

4. BULGULAR

Çalışmamızda Van-Hakkâri karayolunda ölü bulunan 2 yırtıcı kuş takımına (Accipitriformes, Strigiformes) ait 3 familyadan (Accipitridae, Falconidae, Strigidae) toplanmış 11 türün 19 bireyinin (Çizelge 4.1) birincil uçma, ikincil uçma tüyleri ve göğüs tüylerindeki As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn miktarları ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan tüy örneklerinin ait olduğu türler

Takım	Familya	Tür
Accipitriformes	Accipitridae	*Accipiter nisus*-Atmaca (5)
		Buteo buteo-Şahin (1)
		Buteo rufinus-Kızıl Şahin (2)
		Pernis apivorus-Arışahini (1)
		Circaetus gallicus-Yılan Kartalı (1)
		Aquila chrysaetos-Kaya kartalı (1)
		Circus macrourus-Bozkır Delicesi (1)
	Falconidae	*Falco tinnunculus*-Kerkenez (2)
		Falco subbuteo-Delice Doğan (2)
Strigiformes	Strigidae	*Asio otus*-Kulaklı Orman Baykuşu (2)
		Bubo bubo- Puhu (1)

4.1. Familyalara Göre Metal(oid) Seviyelerinin Karşılaştırılması

Strigiformes takımından Strigidae familyasına ait 2 türden 3 örneğin, Accipitriformes takımından Falconidae familyasına ait 2 türden 4 örneğin ortalama metal(oid) miktarları Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As şeklinde ölçülmüştür. Cd değerleri Strigidae ve Falconidae familyalarında standart altı kaldığından ölçülememiştir. Accipitridae familyasına ait 7 türden 11 örneğin ortalama metal(oid) miktarı ise Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd şeklindedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Familyalara ait metal(oid) seviyeleri ortalamaları (µg/g)

Familya	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Strigidae	0,17541	s.a.	0,25678	0,91189	0,24163	0,17994	13,07846
Falconidae	0,07100	s.a.	0,57767	1,49405	0,43766	0,25575	20,76431
Accipitridae	0,113	0,029	0,351	0,949	0,263	0,199	18,364

*s.a.: standart altında

Familyalara göre birincil uçma tüylerine ait metal(oid) seviyeleri karşılaştırıldığında Strigidae familyasında ortalama değerler Zn>Cu>Ni>Cr>Pb>As (15,43952; 1,37598; 0,36367; 0,31833; 0,22269; 0,17541 µg/g) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.1). Strigidae familyası birincil uçma tüylerinde Cd değerleri standart altında kalmıştır.

Falconidae familyasında birincil uçma tüyleri ortalama metal(oid) seviyeleri sırasıyla Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As (18,99524; 1,44059; 0,64251; 0,52011; 0,26899; 0,10306 µg/g) şeklindedir (Çizelge 4.3, Şekil 4.1). Cd değerleri tüm bireylerde standart altında kalmıştır. Ayrıca delice doğan türünün sadece bir bireyinde As, Ni, Pb ve Zn değerleri de standart altında kalmıştır.

Accipitridae familyasında birincil uçma tüyleri ortalama metal(oid) seviyeleri Zn>Cu>Ni>Cr>Pb>Cd>As (24,58515; 1,22630; 0,47358; 0,46670; 0,30263; 0,17774;0,04307 µg/g) sıralamasındadır (Çizelge 4.3, Şekil 4.1). Cd birincil uçma tüylerinde arışahini, şahin, kaya kartalı ve 2 birey kızıl şahinde standart altında kalmıştır.

Çizelge 4.3. Türlerin birincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyeleri ve familya düzeyinde metal(oid) seviyesi ortalamaları (µg/g)

Familya	Tür		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Strigidae	*Bubo bubo*- Puhu		0,0649	s.a	0,2736	1,3962	0,4815	0,2141	13,9436
	Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu		0,098	s.a	0,2008	0,9624	0,1139	0,174	9,827
	Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu		0,1083	s.a	0,4806	1,7694	0,4956	0,28	22,548
		ort.	0,0904		0,3183	1,376	0,3637	0,2227	15,4395
		Ss	0,0226		0,1452	0,4039	0,2164	0,0535	6,4911
Falconidae	*Falco tinnunculus-Kerkenez*		0,0637	s.a.	1,1543	2,1435	0,7583	0,3323	22,2302
	Falco tinnunculus-Kerkenez		0,1329	s.a.	0,979	1,983	0,5747	0,1744	15,4259
	Falco subbuteo-Delice Doğan		0,1126	s.a.	0,3457	1,5975	0,2274	0,3002	19,3297
	Falco subbuteo-Delice Doğan		s.a.	s.a.	0,091	0,0384	s.a.	s.a.	s.a.
		ort.	0,1031		0,6425	1,4406	0,5201	0,269	18,9952
		Ss	0,0356		0,5058	0,9625	0,2696	0,0835	3,4145
Accipitridae	*Accipiter nisus-Atmaca*		0,14	0,0002	0,353	1,044	0,1703	0,1893	13,1439
	Accipiter nisus-Atmaca		0,1208	0,0043	0,3052	0,7956	0,0811	0,1212	12,2522
	Accipiter nisus-Atmaca		0,2758	0,0175	0,5467	2,0059	0,9002	0,4013	28,1089
	Accipiter nisus-Atmaca		0,1445	0,0146	0,4475	1,6879	0,5753	0,4516	34,2585
	Accipiter nisus-Atmaca		0,1516	0,0017	0,3425	1,3436	0,0513	0,2879	18,3974
	Pernis apivorus-Arışahini		0,1413	s.a.	0,2483	0,9481	0,0907	0,0705	9,7881
	Buteo buteo-Şahin		0,0782	s.a.	0,2684	0,7539	0,1824	0,241	19,094
	Circaetus gallicus-Yılan Kartalı		0,2856	0,2252	0,1871	0,4167	0,6799	0,5092	36,6979
	Aquila chrysaetos-Kaya kartalı		0,064	s.a.	0,2481	0,5075	0,1051	0,1064	16,4687
	Circus macrourus-Bozkır Delicesi		0,5571	0,038	1,0801	1,877	1,7762	0,5306	17,8111
	Buteo rufinus-Kızıl Şahin		0,06	s.a.	0,7329	2,3932	0,7299	0,3905	38,0563
	Buteo rufinus-Kızıl Şahin		0,1142	s.a.	0,8407	0,9422	0,3404	0,3321	50,9449
		ort.	0,1777	0,0431	0,4667	1,2263	0,4736	0,3026	24,5851
		Ss	0,1394	0,0814	0,2798	0,6319	0,5051	0,1588	12,8317

*Ss: Standart sapma, Ort: Ortalama, s.a.: standartın altında

Familyalara göre ikincil uçma tüylerine ait ortalama metal(oid) seviyeleri karşılaştırıldığında Strigidae familyasında Zn>Cu>As>Cr>Ni>Pb (11,35398; 0,77686; 0,36918; 0,21587; 0,19981; 0,17560 µg/g) şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 4.4, Şekil 4.1). Strigidae familyasının tüm türlerinde Cd değerleri, kulaklı orman baykuşunun (*Asio otus*) bir bireyinde Ni değeri ikincil uçma tüylerinde standart altında kalmıştır.

Falconidae familyasında ikincil uçma tüyleri metal(oid) seviyeleri Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As (31,20191; 2,20885; 0,79662; 0,52168; 0,38212: 0,07416 µg/g) olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.4, Şekil 4.1). Cd değerleri tüm bireylerde standart altında kalmıştır. Ayrıca kerkenez türünün bir bireyinde As değeri standart altında kalmıştır.

Accipitridae familyasında ikincil uçma tüyleri metal(oid) seviyeleri Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd (22,38222; 1,03557; 0,39618; 0,23739; 0,16429; 0,11282;0,01485 µg/g) şeklinde analiz edilmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.1). Ayrıca atmaca ve arışahinin birer bireylerinde Ni değerleri standart altı kalmıştır. Cd sadece bozkır delicesi bireyinde ölçülmüştür.

Çizelge 4.4. Türlerin ikincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyeleri ve familya düzeyinde metal(oid) seviyesi ortalamaları (µg/g)

Familya	Tür		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Strigidae	*Bubo bubo*- Puhu		0,3692	s.a.	0,2159	0,7769	0,1998	0,1756	11,354
	Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu		0,0552	s.a.	0,2465	1,2686	s.a.	0,172	18,9074
	Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu		0,1082	s.a.	0,3075	1,9461	0,0855	0,1954	23,8371
		ort.	0,1775		0,2566	1,3305	0,1427	0,181	18,0328
		Ss	0,1681		0,0466	0,5871	0,0808	0,0126	6,2873
Falconidae	*Falco tinnunculus-Kerkenez*		0,0709	s.a.	0,4779	2,4488	0,4063	0,2269	26,1071
	Falco tinnunculus-Kerkenez		s.a.	s.a.	1,1822	2,3032	0,5003	0,3122	26,2883
	Falco subbuteo-Delice Doğan		0,0782	s.a.	0,3512	2,3822	0,1562	0,4354	23,1932
	Falco subbuteo-Delice Doğan		0,0733	s.a.	1,1751	1,7012	1,0239	0,554	49,2191
		ort.	0,0742		0,7966	2,2089	0,5217	0,3821	31,2019
		Ss	0,0037		0,3847	0,2976	0,316	0,1238	10,4745
Accipitridae	*Accipiter nisus-Atmaca*		0,0545	s.a.	0,1999	0,5356	0,0362	0,0926	8,4045
	Accipiter nisus-Atmaca		0,2307	s.a.	0,2077	0,7147	s.a.	0,0484	8,4886
	Accipiter nisus-Atmaca		0,0239	s.a.	0,5269	1,5677	0,5219	0,2276	24,9309
	Accipiter nisus-Atmaca		0,1985	s.a.	0,2547	0,8406	0,0532	0,1558	14,5686
	Accipiter nisus-Atmaca		0,061	s.a.	0,2417	0,8047	0,0347	0,1384	16,2615
	Pernis apivorus-Arışahini		0,0856	s.a.	0,1675	0,9118	s.a.	0,0548	15,7073
	Buteo buteo-Şahin		0,0684	s.a.	0,2713	0,4575	0,0027	0,1206	13,2402
	Circaetus gallicus-Yılan Kartalı		0,0829	s.a.	0,3049	1,7756	0,0809	0,1823	25,8185
	Aquila chrysaetos-Kaya kartalı		0,141	s.a.	0,5784	0,9324	0,2366	0,004	33,4593
	Circus macrourus-Bozkır Delicesi		0,1195	0,0149	0,6025	1,2113	0,6008	0,3737	20,5846
	Buteo rufinus-Kızıl Şahin		0,1591	s.a.	0,8303	1,7466	0,5731	0,3691	53,6258
	Buteo rufinus-Kızıl Şahin		0,1288	s.a.	0,5684	0,9284	0,2338	0,2044	33,4968
		ort.	0,1128		0,3962	1,0356	0,2374	0,1643	22,3822
		Ss	0,0618		0,2143	0,4455	0,2406	0,117	13

*Ss: Standart sapma, Ort: Ortalama, s.a.: standartın altında

Familyalara göre göğüs tüylerine ait metal(oid) seviyeleri karşılaştırıldığında Strigidae familyasında Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As (12,44188; 0,58282: 0,23615; 0,16143; 0,14154; 0,06661µg/g) olarak saptanmıştır (Çizelge 4.5, Şekil 4.1). Kulaklı orman baykuşuna ait bir bireyde As ve Ni değeri standart altında kalmıştır.

Falconidae familyasında göğüs tüyleri metal(oid) seviyeleri Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As (12,09580; 0,83270; 0,29388; 0,27119; 0,11615: 0,03555 µg/g) şeklinde ölçülmüştür (Çizelge 4.5, Şekil 4.1).

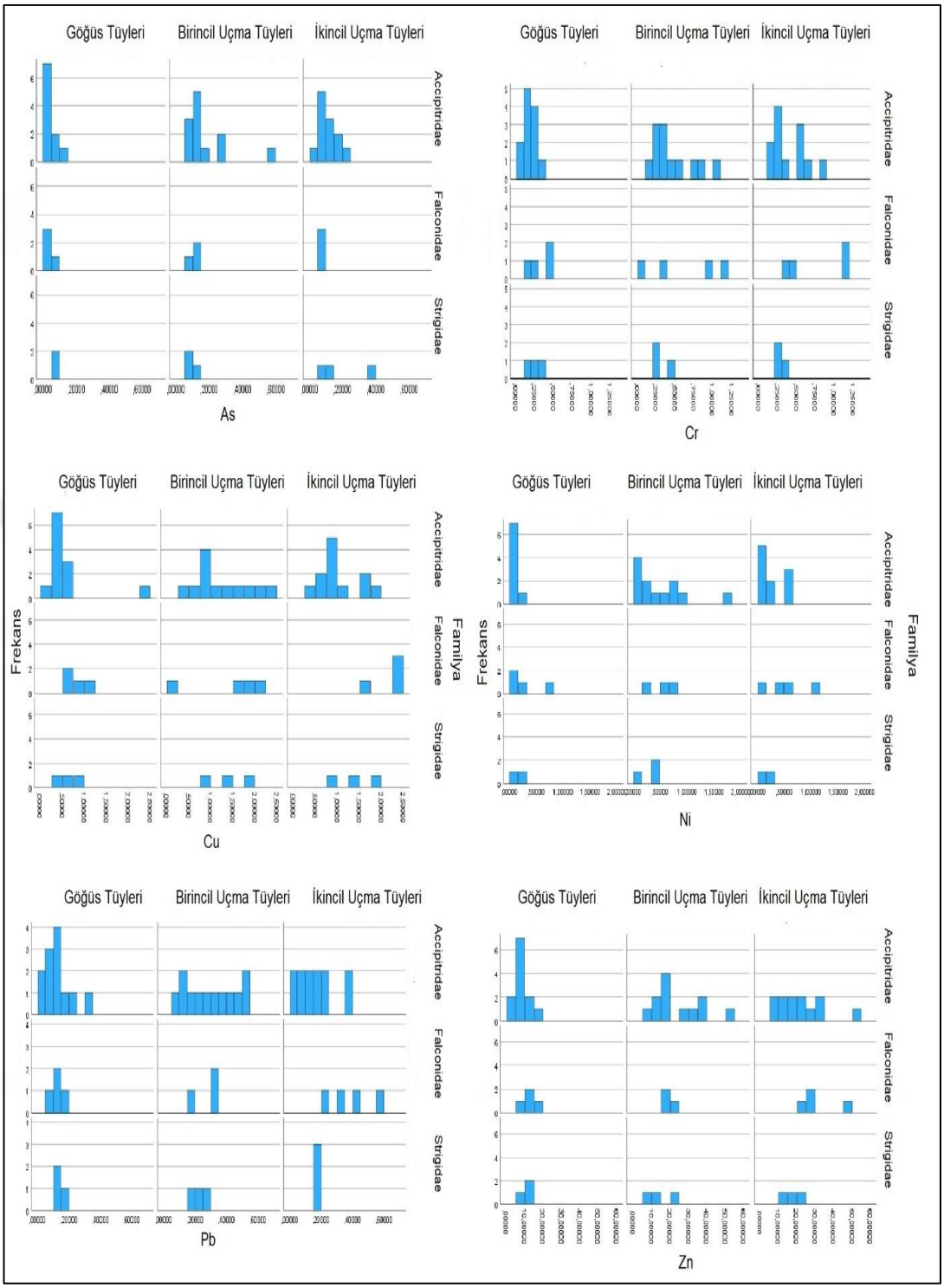
Accipitridae familyasında göğüs tüyleri metal(oid) seviyeleri Zn>Cu>Cr>Pb>Ni>As> (8,12532; 0,58282; 0,190; 0,13131; 0,07809; 0,04862 µg/g) şeklinde analiz edilmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.1). Ni değerleri kaya kartalı, yılan kartalı, bozkır delicesi ve kızıl şahinin bir bireyinde standart altı kalmıştır Bunun yanı sıra As arışahini ve atmaca türünün bir bireyinde standart altı kalmıştır.

Cd bütün türlerin göğüs tüylerinde standart altı kalmıştır.

Çizelge 4.5. Türlerin göğüs tüylerindeki metal(oid) seviyeleri ve familya düzeyinde metal(oid) seviyesi ortalamaları (µg/g)

Familya	Tür		As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Strigidae	*Bubo bubo*- Puhu		0,0789	s.a.	0,1872	0,5065	0,1553	0,1321	14,2934
	Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu		s.a.	s.a.	0,2173	0,4443	s.a.	0,1247	8,9982
	Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu		0,0543	s.a.	0,3039	0,7977	0,1675	0,1679	14,0341
		ort.	0,0666		0,2362	0,5828	0,1614	0,1415	12,4419
		Ss	0,0174		0,0606	0,1886	0,0086	0,0231	2,9852
Falconidae	*Falco tinnunculus-Kerkenez*		0,0243	s.a.	0,203	0,7768	0,106	0,0806	10,1972
	Falco tinnunculus-Kerkenez		0,0416	s.a.	0,4146	1,2302	0,2373	0,1168	14,6409
	Falco subbuteo-Delice Doğan		0,0563	s.a.	0,1545	0,6322	0,0617	0,1105	5,7749
	Falco subbuteo-Delice Doğan		0,0201	s.a.	0,4034	0,6917	0,6798	0,1568	17,7702
		ort.	0,0355		0,2939	0,8327	0,2712	0,1162	12,0958
		Ss	0,0167		0,1345	0,2716	0,2824	0,0313	5,2356
Accipitridae	*Accipiter nisus-Atmaca*		0,0467	s.a.	0,129	0,4304	0,0085	0,0718	8,7662
	Accipiter nisus-Atmaca		s.a.	s.a.	0,2452	0,3281	0,0779	0,1177	4,3282
	Accipiter nisus-Atmaca		0,1168	s.a.	0,2112	0,4387	0,2659	0,2464	6,6815
	Accipiter nisus-Atmaca		0,0392	s.a.	0,1775	0,702	0,0186	0,1385	9,9697
	Accipiter nisus-Atmaca		0,0486	s.a.	0,1428	0,353	0,0949	0,0672	5,1585
	Pernis apivorus-Arışahini		s.a.	s.a.	0,0945	0,6003	0,0229	0,03	4,5296
	Buteo buteo-Şahin		0,0378	s.a.	0,1958	0,4864	0,0681	0,1384	6,9816
	Circaetus gallicus-Yılan Kartalı		0,0729	s.a.	0,2523	2,2932	s.a.	0,3402	10,8148
	Aquila chrysaetos-Kaya kartalı		0,0041	s.a.	0,1734	0,3044	s.a.	0,051	5,8211
	Circus macrourus-Bozkır Delicesi		0,0286	s.a.	0,0715	0,2565	s.a.	0,1345	6,0765
	Buteo rufinus-Kızıl Şahin		0,0665	s.a.	0,2876	0,6162	0,0679	0,1966	18,0543
	Buteo rufinus-Kızıl Şahin		0,0252	s.a.	0,3092	0,2206	s.a.	0,0435	10,3219
		ort.	0,0486		0,1908	0,5858	0,0781	0,1313	8,1253
		Ss	0,0311		0,0743	0,5582	0,0821	0,0922	3,8554

*Ss: Standart sapma, Ort: Ortalama, s.a.: standartın altında



Şekil 4.1. Familyaların tüy tiplerine göre metal(oid) seviyelerinin dağılım frekansları

4.2. Türlere Göre Metal(oid) Seviyelerinin karşılaştırılması

Analiz sonuçlarına göre türlerin birincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyeleri karşılaştırıldığında en yüksek As, Cr, Ni, Pb (0,55708; 1,08007; 1,77624; 0,53059 µg/g) değerleri görülen tür bozkır delicesi (*Circus macrourus*) türü olmuştur. Cd (0,7658 µg/g) değeri en yüksek olan tür atmaca (*Accipiter nisus*) türüdür. Cu (2,063255 µg/g) değerinin en yüksek çıktığı tür kerkenez (*Falco tinnunculus*) ve en yüksek Zn (44,50057 µg/g) değeri ise kızıl şahine (*Buteo rufinus*) aittir (Çizelge 4.6)

Çizelge 4.6. Türlerin birincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyelerinin karşılaştırılması (µg/g)

Tür	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Bubo bubo- Puhu	0,0650	s.a.	0,2736	1,3962	0,4815	0,2141	13,9436
	n:2		n:2	n:2	n:2	n:2	n:2
Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu	0,1032	s.a.	0,3407	1,3659	0,3048	0,2270	16,1875
	n:2		n:2	n:2	n:2	n:2	n:2
Falco tinnunculus-Kerkenez	0,0983	s.a.	1,0667	2,0633	0,6665	0,2534	18,8280
	n:1		n:2	n:2	n:1	n:1	n:1
Falco subbuteo-Delice Doğan	0,1126	s.a.	0,2184	0,8179	0,2274	0,3002	19,3297
	n:5	n:1	n:5	n:5	n:5	n:5	n:5
Accipiter nisus-Atmaca	0,1665	0,7658	0,3990	1,3754	0,3557	0,2903	21,2322
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Pernis apivorus-Arışahini	0,1413	s.a.	0,2483	0,9481	0,0907	0,0705	9,7881
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Buteo buteo-Şahin	0,0782	s.a.	0,2684	0,7539	0,1824	0,2410	19,0940
	n:2		n:2	n:2	n:2	n:2	n:2
Buteo rufinus-Kızıl Şahin	0,0871	s.a.	0,7868	1,6677	0,5352	0,3613	44,5006
	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Circaetus gallicus-Yılan Kartalı	0,2856	0,2252	0,1871	0,4167	0,6799	0,5092	36,6979
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Aquila chrysaetos-Kaya kartalı	0,0640	s.a.	0,2481	0,5075	0,1051	0,1064	16,4687
	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Circus macrourus-Bozkır Delicesi	0,5571	0,0380	1,0801	1,8770	1,7762	0,5306	17,8111

* n: örnek sayısı, s.a.: standartın altında

Çalışmamızda türlerin ikincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyeleri karşılaştırıldığında en yüksek As (0,36918 µg/g) puhu (*Bubo bubo*); en yüksek Ni

(0,60083 µg/g) bozkır delicesi (*Circus macrourus*); en yüksek Pb (0,66272 µg/g) atmaca (*Accipiter nisus*); en yüksek Zn (43,56134 µg/g) değeri kızılşahin (*Buteo rufinus*) türlerine aittir. Kerkenez (*Falco tinnunculus*) ise en yüksek Cr ve Cu (0,830065; 2,376) seviyelerine sahip tür olmuştur. Cd seviyesi sadece bozkır delicesinde (*Circus macrourus*) 0,01485 µg/g olarak ölçülmüştür. Diğer bütün türlerde standardın altında kalmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Türlerin ikincil uçma tüylerindeki metal(oid) seviyelerinin karşılaştırılması (µg/g)

Tür	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Bubo bubo- Puhu	0,36918	s.a.	0,21587	0,77686	0,19981	0,17560	11,35398
	n:2		n:2	n:2	n:1	n:2	n:2
Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu	0,08172	s.a.	0,55396	1,60732	0,08550	0,18368	21,37226
	n:1		n:2	n:2	n:2	n:2	n:2
Falco tinnunculus-Kerkenez	0,07094	s.a.	0,83007	2,37600	0,45330	0,26955	26,19768
	n:2		n:2	n:2	n:2	n:2	n:2
Falco subbuteo-Delice Doğan	0,07577	s.a.	0,76318	2,04171	0,59006	0,49469	36,20614
	n:5		n:5	n:5	n:4	n:5	n:5
Accipiter nisus-Atmaca	0,11371	s.a.	0,28617	0,89266	0,16150	0,66272	14,53008
	n:1		n:1	n:1		n:1	n:1
Pernis apivorus-Arışahini	0,08564	s.a.	0,16747	0,91177	sa	0,05476	15,70729
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Buteo buteo-Şahin	0,06839	s.a.	0,27133	0,45749	0,00271	0,12059	13,24017
	n:2		n:2	n:2	n:2	n:2	n:2
Buteo rufinus-Kızıl Şahin	0,14395	s.a.	0,69934	1,33750	0,40344	0,28677	43,56134
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Circaetus gallicus-Yılan Kartalı	0,08287	s.a.	0,30492	1,77564	0,08092	0,18231	25,81853
	n:1		n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Aquila chrysaetos-Kaya kartalı	0,14103	s.a.	0,57840	0,93236	0,23657	0,00395	33,45934
	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1	n:1
Circus macrourus-Bozkır Delicesi	0,11951	0,01485	0,60253	1,21130	0,60083	0,37365	20,58460

* n: örnek sayısı, s.a.: standartın altında

Göğüs tüylerindeki metal(oid) seviyeleri karşılaştırıldığında en yüksek As seviyesi (0,07888 µg/g) puhu (*Bubo bubo*), en yüksek Zn (23,03226 µg/g) kulaklı

orman baykuşu (*Asio otus*) ve en yüksek Cr ve Ni (1,0666 µg/g; 0,666485 µg/g) değerleri de kerkenez (*Falco tinnunculus*) türünde görülmüştür. Ayrıca yılan kartalı (*Circaetus gallicus*) ise en yüksek Cu ve Pb (2,29323 µg/g; 0,34019 µg/g) değerlerine sahip tür olmuştur (Çizelge 4.8). Cd bütün örneklerde standart altında kalmıştır.

Çizelge 4.8. Türlerin göğüs tüylerindeki metal(oid) seviyelerinin karşılaştırılması (µg/g)

Tür	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Bubo bubo- Puhu	n:1 0,07888	s.a.	n:1 0,18723	n:1 0,50646	n:1 0,15531	n:1 0,13207	n:1 14,29337
Asio otus-Kulaklı Orman Baykuşu	n:1 0,05433	s.a.	n:2 0,20661	n:2 0,62100	n:1 0,16754	n:2 0,14628	n:2 23,03226
Falco tinnunculus-Kerkenez	n:2 0,03296	s.a.	n:2 1,06660	n:2 1,00349	n:2 0,66649	n:2 0,25338	n:2 18,82800
Falco subbuteo-Delice Doğan	n:2 0,03817	s.a.	n:2 0,27896	n:2 0,66192	n:2 0,37076	n:2 0,13363	n:2 11,77253
Accipiter nisus-Atmaca	n:4 0,06283	s.a.	n:5 0,18113	n:5 0,450,25216	n:5 0,09316	n:5 0,12830	n:5 6,98081
Pernis apivorus-Arışahini	sa	s.a.	n:1 0,09452	n:1 0,60034	n:1 0,02289	n:1 0,02998	n:1 4,52957
Buteo buteo-Şahin	n:1 0,03775	s.a.	n:1 0,19584	n:1 0,48638	n:1 0,06811	n:1 0,13841	n:1 6,98158
Buteo rufinus-Kızıl Şahin	n:2 0,04582	s.a.	n:2 0,29836	n:2 0,41842	n:1 0,06788	n:2 0,12006	n:2 14,18814
Circaetus gallicus-Yılan Kartalı	n:1 0,07286	s.a.	n:1 0,25228	n:1 2,29323	sa	n:1 0,34019	n:1 10,81482
Aquila chrysaetos-Kaya kartalı	n:1 0,00406	s.a.	n:1 0,17340	n:1 0,30442	sa	n:1 0,05097	n:1 5,82109
Circus macrourus-Bozkır Delicesi	n:1 0,02858	s.a.	n:1 0,07151	n:1 0,25648	sa	n:1 0,13452	n:1 6,07645

* n: örnek sayısı, s.a.: standartın altında

4.3. Tüy Tiplerine Göre Metal(oid) Seviyelerinin karşılaştırılması

Birincil uçma tüyleri, ikincil uçma tüyleri ve göğüs tüyleri karşılaştırıldığında As, Cr, Ni ve Pb miktarı sıralamaları birincil uçma tüyü>ikincil uçma tüyü>göğüs tüyü; Cu ve Zn miktarı sıralamaları ikincil uçma tüyü>birincil uçma tüyü>göğüs tüyü; Cd değerleri bütün göğüs tüyü örneklerinde ve bir örnek hariç (bozkır delicesi) bütün ikincil uçma tüylerinde standart altında kaldığından karşılaştırması yapılamamıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Tüy Tiplerindeki ortalama metal(oid) seviyeleri (µg/g)

Tüy Tipi	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	n:18	n:7	n:19	n:19	n:18	n:18	n:18
Birincil uçma tüyü	0,15074	0,04307	0,48028	1,29505	0,46302	0,28370	22,12923
	n:18	n:1	n:19	n:19	n:16	n:19	n:19
İkincil uçma tüyü	0,11717	0,01485	0,45845	1,32914	0,29662	0,21279	23,55225
	n:16		n:19	n:19	n:14	n:19	n:19
Göğüs tüyü	0,04760	s.a.	0,21968	0,63732	0,14517	0,12973	9,64277

* n: örnek sayısı, s.a.: standartın altında

4.4. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizlerde R programıyla ANOVA, Kruskal-Wallis, Hochberg testlerine göre familyalar karşılaştırılmıştır. Türlerde alınan örnek sayıları birbirinden farklı olduğu için Post-Hoc yöntemi olarak Hochberg testi seçilmiştir. Hochberg testi ile p değerlerine bakıldığında hepsi $p>0.05$ görülmekte ve burdan gruplar arası fark gözükmemektedir. Böyle bir sonucun çıkması n değerlerinin çok küçük olmasından kaynaklandığını göstermektedir. Çizelge 4.10'a göre Falconidae ve Accipitridae familyaları arasında Cu metali ortalamaları açısından anlamlı bir fark vardır ($p<0.05$).

Çizelge 4.10. Familyalarda Cu metali ortalamalarının Hochberg testi ile karşılaştırılması

		Çoklu Karşılaştırma				
		Ortalama fark	Standart Hata	P değeri	95% wald güven aralığı	
Strigidae	Falconidae	-0,39761500	0,28167496	0,411	-1,09084	0,295612
	Accipitridae	0,14720500	0,23805879	0,900	-0,43867	0,733088
Falconidae	Strigidae	0,39761500	0,28167496	0,411	-0,29561	1,090842
	Accipitridae	0,54482000*	0,21292626	**0,039**	0,02078	1,068850
Accipitridae	Strigidae	-0,14720500	0,23805879	0,900	-0,73308	0,438678
	Falconidae	-0,54482000*	0,21292626	0,039	-1,06885	-0,020789

Cr ve Pb normal dağılım göstermediğinden metallerin familya değişkenine göre grup ortalamalarının farklı olup olmadığını Kruskal-Wallis testi ile incelendi. Sonuçlara göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Cr ve Pb metalleri grup ortalamalarının Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmesi

Test İstatistiği		
	Cr	Pb
Kruskal-Wallis	3,660	1,393
Serbestlik Derecesi	2	2
P değeri	0,160	0,498

Cd yeterli veriye sahip olmadığından işleme alınmamıştır. As, Cr, Ni, Pb metal(oid)leri varyansların homojenliği varsayımını sağlamadığından ($p<0.05$) bu metal(oid)lerin analizinde kruskall-wallis testi kullanıldı (Çizelge 4.12). Kruskal Wallis Testine göre As, Ni, Cr ve Pb metal (oid)leri değerlendirildiğinde tür grupları arasında bir farklılık görülmemektedir. Zn ve Cu varyansların homojenliği varsayımını sağladığı için bu metal (oid)lerde ANOVA testi kullanıldı (Çizelge 4.13). Zn metalinde gruplar arası fark olduğu görüldü ($p<0.05$). Sadece As varyansların homejenliği varsayımını karşıladığından bu metal(oid) için ANOVA (Çizelge 4.14), Ni, Cr, Pb ve Zn için Kruskal Wallis (Çizelge 4.15) testi yapıldı. As için gruplar arasında fark vadır ($p<0.05$). Ayrıca kruskal Wallis testi analizleri sonucunda Ni, Cr, Pb, Cu, Zn için grup ortalamaları arasında fark olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Çizelge 4.12. As, Ni, Cr ve Pb için Kruskal-Wallis testi sonuçları

	Test İstatistiği			
	As	Ni	Cr	Pb
Kruskal-Wallis	8,33	15,751	17,838	17,588
Serbestlik Derecesi	10	10	10	10
P Değeri	0,597	0,107	0,058	0,062

Çizelge 4.13. Cu ve Zn için Anova testi sonuçları

		ANOVA				
		Kareler Toplamı	Devians istatistiği	Karekök ortalama	F dağılımı	P değeri
Cu	Gruplar arası	6,371	10	0,637	1,566	0,148
	Grup içi	18,311	45	0,407		
	Toplam	24,682	55			
Zn	Gruplar arası	2496,11	10	249,611	2,339	**0,026**
	Grup içi	4696,43	44	106,737		
	Toplam	7192,53	54			

Çizelge 4.14. As için Anova testi sonuçları

		ANOVA				
		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karekök ortalama	F dağılımı	P değeri
As	Gruplar arası	0,093	2	0,046	6,138	**0,004**
	Grup içi	0,37	49	0,008		
	Toplam	0,463	51			

Çizelge 4.15. Ni, Cr, Pb, Cu, Zn grup ortalamalarının Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmesi

	Test İstatistiği				
	Ni	Cr	Pb	Cu	Zn
Kruskal-Wallis	8,159	13,657	13,134	17,924	22,64
Serbestlik derecesi	2	2	2	2	2
P değeri	**0,017**	**0,001**	**0,001**	**0,001**	**0,001**

Genel istatistiksel karşılaştırmalı analiz sonuçlarına bakıldığında, Strigidae ve Accipitridae familyalarının As, Cr, Ni, Pb, Zn metal(oid) seviyesi ortalamaları, Falconidae ve Accipitridae familyalarının Cu ve Zn metali(oid) seviyesi ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklı çıktığı görülmüştür ($p<0.05$).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya genelinde insan nüfusunun artışı, beraberinde endüstri ve sanayinin gelişmesi de hız kazanmıştır. Ülkemizinde hızla sanayileşmesi ve her geçen gün artan trafik yoğunluğuna maruz kalması diğer birçok kirleticiyi beraberinde getirmektedir. Ayrıca ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır (Munzuroğlu ve Gür, 2000). Ağır metaller, inorganik kirleticiler grubuna aittir. Ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden çok insanın neden olduğu etkiler daha fazladır. Çevreye (hava, toprak, su, biyota) antropojenik tarımsal akış, çöp ve atık yakma tesisleri, egzoz gazları, endüstriyel atık, yağmur suyu, nakliye sızıntıları, volkanizma ve erozyon gibi doğal ve doğal olmayan süreçlerden kaynaklanan kaynaklar aracılığıyla girer (Kahvecioğlu vd., 2007).

Çevre kirliliğine halkın ilgisi son yıllarda artmıştır ve bu nedenle ekolojik hasarın izlenmesi, değerlendirilmesi, yönetimi ve iyileştirilmesi gerekmektedir (Kushlan, 1993; Grove ve diğerleri, 2009). Kirliliğe sebep olan metal(oid)lerin, ekosistemin devamlılığı açısından önem arz eden fauna ve flora bileşenleri üzerinde toksik etkilerinin olduğu bilinmektedir (Burger and Gochfeld, 1997; Raza vd., 2017). Ekosistemde, tüm canlı bileşenlerin veya işlevlerinin değişiminin değerlendirilmesi mümkün değildir; bununla birlikte, kuşlar biyoindikatör işlevi görebilir (Movalli, 2000). Türler arasında kuşlarda toksisite ve ağır metal maruziyeti nispeten iyi çalışılmıştır (Muralidharan ve diğerleri, 2004). 1960'lardan beri, kuşların çevre kirliliğinin göstergesi rolü kabul edilmiştir, çünkü kuşlar insan kaynaklı çevresel değişikliklere karşı daha duyarlıdır (Denneman ve Douben, 1993). Kuşlar ağır metalleri su, besin ve yaşadığı habitalardan alarak, yüksek konsantrasyonlar da doku ve organlarında biriktirirler. Ayrıca tüylerinde depolayarak vücutlarından uzaklaştırdıkları (Burger, 1996; Movalli, 2000; Battaglia, vd., 2005; Durmuş, 2018; Durmuş, vd., 2018) gerçeği de bu çalışmada kuşların tüylerinin incelenmesine vesile olmuştur.

Kuşlar ve diğer hayvanlar birçok antropojenik etki sonucu zarar görmektedirler. Günümüzde ulaşım ağları da bu etkiler arasında önemli bir yer tutmaktadır (Adızel ve Azizoğlu, 2018). Ulaşım ağları çevremizin önemli bir bölümünü oluşturmakta ve yaban hayatı üzerinde olumsuz etkileri de bilinmektedir

(Reijnen ve Foppen, 1995: Reijnen vd., 1995; Reijnen vd., 1996; Forman vd., 2002, Benitez-Lopez vd., 2010). Çalışmamızda eko-toksikolojik izleme için Hakkâri-Van karayolunda bulunan 2 yırtıcı kuş takımına (Accipitriformes, Strigiformes) ait 3 familyadan (Accipitridae, Falconidae, Strigidae) toplanmış 11 türe ait 19 karkasın birincil, ikincil uçma tüyleri ve göğüs tüylerindeki As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn miktarları ölçülmüştür. Analizlerimizde tüylerde en yüksek birikim oranına sahip metal(oid)ler Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd şeklinde çıkmıştır. Cd değerleri Strigidae ve Falconidae familyalarında standart altı kaldığından okunmamıştır. Sadece Accipitridae familyasında okunmuştur.

Yırtıcı kuş türlerinin tüyleri ile ilgili çalışmalar nispeten azdır. İspanya'da yapılan çalışmada çakır (*Accipiter gentilis*), *şahin* (*Buteo buteo*) ve alaca baykuş (*Strix aluco*) türlerinin tüylerde kadmiyum, cıva ve kurşun konsantrasyonlarını belirlenmiştir. Yaş veya cinsiyete göre metal konsantrasyonlarında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Tüylerdeki kadmiyum seviyeleri tüm türlerde anlamlı olarak ilişkili olduğu ($p<0.01$ veya $p<0.05$) ve şahinde (*Buteo buteo*), tüylerdeki kadmiyum konsantrasyonları ($p<0.05$) ile tüylerdeki kurşun konsantrasyonları arasında da korelasyon ($p<0.01$) olduğu görülmüştür (Castro vd., (2011). Kuzey İspanya'daki çalışmada alaca baykuş (*Strix aluco*) ve çakır (*Accipiter gentilis*) türlerinden alınan birincil, ikincil uçma ve göğüs tüylerinden alınan örneklerde ağır metal konsantrasyonları ölçülmüştür. Tüm tüy türlerinde yüksek derecede bireysel değişkenlik gözlenmiştir (Deben vd., (2012). İspanya'da başka bir çalışmada 20 birey şahin (*Buteo buteo)* ve 49 birey çakır (*Accipiter gentilis*) türünden aldıkları birincil uçma tüylerinin Hg konsantrasyonlarını belirlenmiştir. Çakır (*Accipiter gentilis*) türünden kanadın iç kısmında dış kısmına doğru gidildikçe civa seviyesinde düşüş olduğu gözlenmiş ve her iki türde de, aynı bireyin kanatları arasındaki Hg konsantrasyonlarında genellikle hiçbir fark bulunamamıştır (Martinez vd., (2012). Pakistan'ın Pencap bölgesinde yapılan çalışmada yırtıcı üç kuş familyasında ağır metal konsantrasyonlarında farklılıklar gözlenmemiştir. En yüksek birikim Falconidae familyasında ve kerkenez (*Falco tinnunculus*) türünde ortaya çıkmıştır (Nighat vd., 2013). Norveç ve İspanya'dan çakır (*Accipiter gentilis*) türünün yavrularında tüy metal konsantrasyonlarını belirlenmiştir. Tüylerdeki ortalama konsantrasyonlar Zn, Cd ve Hg için sırasıyla 82.0 ± 12.4, 0.0018 ± 0.002 ve $0.26 \pm 0,2$

olarak bulunmuştur (Dolan vd., (2017). İspanyan'nın kuzeybatısında yapılan araştırmada 10 alaca baykuş (*Strix aluco*) türüne ait bireyin birincil uçma tüylerinde As, Cd ve Pb konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. As ve Cd'nin tüylerin gövdeye yakın kısımlarında daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışmamızda kuş türlerinin birincil uçma tüyleri, ikincil uçma tüyleri ve göğüs tüyleri olmak üzere üç bölgeye göre analizler yapıldı. Birincil uçma tüyleri metal(oid) seviyeleri karşılaştırıldığında ortalama değerler Zn>Cu>Ni>Cr>Pb>As, İkincil uçma tüyleri metal(oid) seviyeleri Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As>Cd, Göğüs tüyleri karşılaştırıldığında metal(oid) seviyeleri Zn>Cu>Cr>Ni>Pb>As şeklinde sıralanmıştır. Familyalar metal(oid)lerin birikim seviyeleri bakımından istatistiksel olarak analiz edildi. Falconidae ve Accipitridae familyaları arasında Cu metali ortalamaları açısından anlamlı bir fark olduğu saptandı ($p<0.05$). Cr ve Pb sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$). Kruskal Wallis Testine göre As, Ni, Cr ve Pb metalleri değerlendirildiğinde tür grupları arasında bir farklılık görülmemektedir ($p<0.05$). Ayrıca Kruskal Wallis testi analizleri sonucunda Ni, Cr, Pb, Cu, Zn için familyalar arasında fark olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Strigidae ve Accipitridae familyalarının As, Cr, Ni, Pb, Zn metali ortalamaları istatistiksel olarak biribirinden farklıdır ($p<0.05$). Falconidae ve Accipitridae familyalarının Cu ve Zn metali ortalamaları istatistiksel olarak biribirinden farklıdır ($p<0.05$). Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda tüy çalışmaları ile nispeten uyuşmaktadır.

Çinko, normal tüy oluşumu için gerekli olan önemli bir ağır metaldir ve vücudun düzgün çalışması için gereklidir. Ayrıca Cd'nin renal toksisitesine karşı koruma sağlar (Malik ve Zeb 2009; Movalli ve vd., 2017). Bakır ise normal büyüme, canlı hücrelerin metabolizması ve hücre işleyişi için hayati önem taşıyan birçok proteinin yapısı ve işlevi için gereklidir (Harms and Buresh 1987; Pesti and Bakalli 1996; Underwood and Suttle 1999; Pappas vd., 2006;). Ancak vücuttaki yüksek Zn ve Cu konsantrasyonları organizmaların sağlığı üzerinde zararlı etkilere sebep olabilir. Pakistan'da şahinlerde ölçülen en yüksek konsantrasyon 113 mg/kg ölçülmüştür (Movalli 2000). Çalışmamızda en yüksek çinko konsantrasyonu 34,08 µg/gr ölçülmüştür. Kuşlarda bakır metalinin zehir etkisini gösterdiği miktarlar 250-1000 mg Cu/kg aralıklarda gösterilmiştir (Jackson vd., 1979; Jackson ve Stevenson 1981; Chiou vd., 1999). Başka bir çalışmada Accipitridae (17,64 ± 4,05 mg/kg),

Falconidae (32,17 ± 13,66 mg/kg) ve Strigidae türlerinde (7,78 ± 2,48 mg/kg) daha yüksek konsantrasyon ölçülmüştür (Nighat ve ark. 2013). Çalışmamızda Accipitridae (0,949 µg/gr), Falconidae (1,495 µg/gr) ve Strigidae türlerinde (0,912 µg/gr) ortalama bakır konsantrasyonu ölçülmüştür. Bu durumda çalışmamızda tespit edilen seviyeler diğer çalışmalardakilerden düşük çıkmıştır. Bu durumun muhtemel bölgesel ve beslenme durumlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Malvandi ve Shamabadi (2022), İran'da karayollarında araç çarpması dolayısıyla ölen şahin (*Buteo buteo*), kızıl şahin (*Buteo rufinus*), kerkenez (*Falco tinnunculus*), kulaklı orman baykuşu (*Asio otus*) gibi türlerde ağır metal konsantrasyonlarına bakmışlardır. Yetişkin ve genç bireyler, diurnal ve nocturnal yırtıcı kuşlar, farklı diyetlere sahip türler arasında metal konsantrasyonlarında önemli bir fark olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Yaptığımız çalışmada karayollarında ölü bulunan 2 takıma ait üç familyadan 11 türün 19 örneğinin farklı bölgelerdeki metal(oid) konsantrasyonlarına bakıldı. Buna göre familyalar ve türler arasında faklılıklar görüldü. Türlerdeki bu farklılıkların olması türler arasındaki beslenme farklılarında kaynaklandığı ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

Abbasi, N. A., Jaspers, V. L. B., Chaudhry, M. J. I., Ali, S., Malik, R. N. 2015. Influence of taxa, trophic level, and location on bioaccumulation of toxic metals in bird's feathers: A preliminary biomonitoring study using multiple bird species from Pakistan. ***Chemosphere***, 120: 527–537.

Abbasi, N.A., Malik, R.N., Frantz, A., Jaspers, V.L.B. 2016. A review on current knowledge and future prospects of organohalogen contaminants (OHCs) in Asian birds. ***Sci. Total Environ***, 542: 411-26.

Abdennadher, A., Ramirez, F., Romdhane, M. S., Ruiz, X., Jover, L. L., & Sanpera, C. 2011. Little Egret (*Egretta garzetta*) as a bioindicator of trace element pollution in Tunisian aquatic ecosystems. **Environmental Monitoring and Assessment**, 175: 677-684.

Abdullah M., Fasola, M., Muhammad, A., Malik S.A., Boston, N, Bokhari H, Kamran MA, Shafqat M.N., Alamdar. A., Khan, M., Ali, N. 2015. Avian feathers as a non-destructive bio-monitoring tool of trace metals signatures: a case study from severely contaminated areas. **Chemosphere**, 119: 553–561.

Adızel, Ö., Azizoğlu, E. 2018. Motorized Vehicle – Bird Collisions on the Highway Surrounding Lake Van (Turkey), Doğu Fen Bilimleri Dergisi / **Journal of Natural & Applied Sciences of East,** 1(2): 26-33.

Agarwal, A., Singh, R.D., Mishra, S.K., Bhunya, P.K. 2005. ANN-based sediment yield river basin models for Vamsadhara (India). **Water**, 31(1): 95-100.

Alexe V., Burada A., Teodorof L., Marınov M., Doroşencu A. C. 2021. Accumulation of chromium, cadmium and arsenic in white-tailed sea-eagle feathers (Aves: *Haliaeetus albicilla*) from the Danube Delta Biospher Delta Biosphere Reser e Reserve and surr e and surrounding ar ounding areas (Romania). **Turkish Journal of Zoology**, 45:6.

Ansara-Ross, T. M., Ross, M. J., Wepene, V. 2013. The use of feathers in monitoring bioaccumulation of metals and metalloids in the South African endangered African grass-owl (*Tyto capensis*), **Ecotoxicology**, 22:1072-1083.

Arcos, J., Ruiz, X., Bearhop, S., Furness, R. 2002. Mercury levels in seabirds and their fish prey at the Ebro Delta (NW Mediterranean): the role of trawler discards as a source of contamination. ***Mar. Ecol. Prog. Ser.***, 232: 281-290.

Arora M., Kiran B., Rani S., Rani A., Kaur B., and Mittal N. 2008. Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. **Food Chemistry,** 111:811–815.

Ashkoo, A., Amininasab, S. M., Zamani-Ahmadmahmoodi, R. 2020. Bioaccumulation of heavy metals in eggshell and egg content of seabirds: Lesser (*Thalasseus bengalensis*) and Greater Crested Tern (*Thalasseus bergii*). **Marine Pollution Bulletin**, 154: 111126.

Battaglia, A., Ghidini, S., Campanini, G., Spaggiari, R. (2005). Heavy metal contamination in Little Owl (*Athenenoayua*) and Common Buzzard (*Buteo buteo*) from Northern Italy. **Ecotoxicol. Environ. Saf.,** 60: 61-66.

Benitez-Lopez, A., Alkemade, R. & Verweij, P.A. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. **Biological Conservation,** 143: 1307-1316.

Berenguer, G., Perez-Garcia, J. M., Garcia-Fernandez, A. J., Martinez-Lopez, E. 2021. High Levels of Heavy Metals detected in Feathers of an Avian Scavenger Warn of a High Pollution Risk in the Atacama Desert (Chile). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, 81(2):227-235.

Bocher, P., Caurant, F., Miramand, P., Cherel, Y., Bustamante, P. 2003. Influence of the diet on the bioaccumulation of heavy metals in zooplankton-eating petrels at Kerguelen archipelago. Southern Indian Ocean. ***Polar Biol.***, 26: 759-767.

Boncompagni, E., Muhammad, A., Jabeen, R., E. Orvini E., Gandini, C., Sanpera, C., Ruiz, X., Fasola, M. 2003. Egrets as Monitors of Trace-Metal Contamination in Wetlands of Pakistan. ***Arch. Environ. Contam. Toxicol***. 45: 399–406.

Borges-Ramirez M., Escalona-Segura G., Huerta L., Wanga E., Iñigo-Elias E., Rendón-von Osten J. 2021. Organochlorine pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, metals and metalloids in microplastics found in regurgitated

pellets of black vulture from Campeche, Mexico. **Science of the Total Environment**, 801: 149674.

Burger, J., Gochfeld, M. 1993. Heavy Metal and Selenium Levels in Feathers of Young Egrets and Herons from Hong Kong and Szechuan, China. ***Arch. Environ. Contam. Toxicol.,*** 25: 322-327.

Burger, J., Pokras, M., Chafel, R., Gochfeld, M. 1994. Heavy metal concentrations in feathers of common loons (*Gavia immer*) in the Northeastern United States and age differences in mercury levels. ***Environmental Monitoring and Assessment***, 30: 1-7.

Burger, J. 1996. Heavy Metal and Selenium Levels in Feathers of Franklin's Gulls in Interior North America. ***The Auk***, 113 (2): 399-407.

Burger, J., Gochfeld, M. 1997. Heavy Metal and Selenium Concentrations in Feathers of Egrets from Bali and Sulawesi, Indonesia. ***Arch. Environ. Contam. Toxicol.***, 32: 217-221.

Burger J, Gochfeld M. 2002. Effects of chemicals and pollution on seabirds. (Eds: Schreiber E.A., Burger, J.). Biology of Marine Birds. CRC Press, Boca Raton, Florida. 485–525.

Burger, J., Gochfeld, M., Kelsey Sullivan, K., Irons, D. 2007. Mercury, arsenic, cadmium, chromium lead, and selenium in feathers of pigeon guillemots (*Cepphus columba*) from Prince William Sound and the Aleutian Islands of Alaska. ***Science of the Total Environment***, 387: 175–184.

Burger, J., Gochfeld, M., Jeitner, C., Burke, S., Volz, C. D., Snigaroff, R., Snigaroff, D., Shukla, T., Shukla, S. 2009. Mercury and other metals in eggs and feathers of glaucous-winged gulls (*Larus glaucescens*) in the Aleutians. ***Environ Monit Assess.***, 152: 179–194.

Castro, I., Aboal, J. R, Fernandez, J. A., Carballeira, A. 2011. Use of Raptors for Biomonitoring of Heavy Metals: Gender, Age and Tissue Selection. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 86(3):347:351.

Ceresa, F., Bogliani, G., Pedrini, P. & Brambilla, M. 2012. The importance of key marginal habitat features for birds in farmland: an assessment of habitat

preferences of Red-backed Shrikes *Lanius collurio* in the Italian Alps. **Bird Study**, 59: 327-334.

Chiou, P. W.S., Chen, C.L., Chen, K. L., CP, W. 1999. Effect of high dietary copper on the morphology of gastro-intestinal tract in broiler chickens. **Asian-Australas J Anim Sci**., 12:548–553.

Copat, C., Ferrante, M., Hernout, B.V., Giunta, F., Grasso, A., Messina, A., Grasso, R., Spena, M.T. 2020. Trace Element Bioaccumulation in Stone Curlew (*Burhinus oedicnemus*, Linnaeus, 1758): A Case Study from Sicily (Italy). ***International Journal of Molecular Sciences***, 21 (13): 4597.

Costa, R. A., Eeva, T., Eira, C., Vaqueiro, J., Vingada, J. V. 2013. Assessing heavy metal pollution using Great Tits (*Parus major*): feathers and excrements from nestlings and adults. ***Environ Monit Assess***, 185: 5339-5344.

Dauwe, T., Pinxten, R., Eens, M., Bervoets, L., Blust, R. (1999). Are Eggshells and Egg Contents of Great and Blue Tits Suitable as Indicators of Heavy Metal Pollution? ***Belg. J. Zool.***, 129 (2): 439-447

Dauwe, T., Bervoets, L., Blust, R., Pinxten, R., Eens, M. 2000. Can Excrement and Feathers of Nestling Songbirds Be Used as Biomonitors for Heavy Metal Pollution? **Arch. Environ**. ***Contam. Toxicol.***, 39: 541-546.

Dauwe, T., Janssens, E., Bervoets, L., Blust, R., Eens, M., 2005. Heavy-Metal Concentrations in Female Laying Great Tits (*Parus major*) and Their Clutches. **Arch. Environ. Contam. Toxicol**., 49: 249-256.

Dean, W.R.J. & Milton, S. 2003. The importance of roads and road verges for raptors and crows in the Succulent and Nama-Karoo, South Africa. **Ostrich**, 74: 181-186.

Deben, S., Fernandez, J.A., Aboal, J.R., Carballeira, A. 2012. Evaluation of different contour feather types for biomonitoring lead exposure in Northern goshawk (*Accipiter gentilis*) and tawny owl (Strix aluco). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 85: 115-119.

Dolan, J., Ciesielski, T. M., Lierhagen, S., Eulaers, I.; Nygard, T., Johnsen, T., Trond V., Gomez-Ramirez, P., Garcia-Fernandez, A., Bustnes, J., Ortiz-Santaliestra, M.E. 2017. Trace element concentrations in feathers and blood

of Northern goshawk (*Accipiter gentilis*) nestlings from Norway and Spain. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 144: 564-577.

Dökmeci, A. H. 2005. Gala Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Trakya.

Durmuş, A. 2018. The Mercury (Hg) Concentrations in Feathers of Wild Birds. **Applied Ecology and Environmental Research**, 16 (3):2973-2981.

Durmuş, A., Çelik, E., Cenger, C., Taşkın, N., Acar, Ş. 2018. Determination of Metals and Selenium Concentrations in Feather of Armenian Gull (*Larus Armenicus)* Living in Van Lake Basin, Turkey. ***Ecology and Environmental Research***, 16 (4):3831-3837.

Erritzoe, J., Mazgajski, T.D. & Rejt, L. 2003. Bird casualties on European roads a review. **Acta Ornithologica**, 38: 77–93.

Forman, R.T.T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. **Conservation Biology**, 14: 31–35.

Forman, R.T.T., Reineking, B. & Hersperger, A.M. 2002. Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape. **Environmental Management**, 29: 782–800.

Frantz, A., Pottier, M. A., Karimi, B., Corbel, H. Aubry, E. Haussy, C., Gasparini, J., Castrec-Rouelle, M. 2012. Contrasting levels of heavy metals in the feathers of urban pigeons from close habitats suggest limited movements at a restricted scale. **Environmental Pollution**, 168: 23-28.

Furness, R. W., Camphuysen, C. J. 1997. Seabirds as monitors of the marine environment. ICES **Journal of Marine Science**, 54: 726-737.

Furness, R.W., Greenwood, J.J.D. 1993. Birds as Monitors of Environmental Change. Chapman and Hall, London.

Gruz, A., Mackle, O., Bartha, A., Szabó, R., Déri, J., Budai, P., Lehel, J. 2019. Biomonitoring of toxic metals in feathers of predatory birds from eastern regions of Hungary. **Environmental Science and Pollution Research**, 26: 26324–26331.

Güven K. 1999. Biyokimyasal ve Moleküler Toksikoloji. Dicle Üniversitesi Basımevi s:27.

Hargreaves, A. L., Whiteside, D. P., Gilchrist, G. 2010. Concentrations of 17 elements, including mercury, and their relationship to fitness measures in arctic shorebirds and their eggs. **Science of the Total Environment,** 408: 3153–3161.

Harms, R. H., Buresh, R. E. 1987. Influence of three levels of copper on the performance of turkey poults with diets containing two sources of methionine. **Poult Sci**, 66(4):721-724.

Hashmi, M.Z., Malik, R.N., Shahbaz, M. 2013. Heavy metals in eggshells of cattle egret (*Bubulcus ibis*) and little egret (*Egretta garzetta*) from the Punjab province, Pakistan, **Ecotoxicology and Environmental Safety,** 89: 158-165.

Hernandez, M., Margalida, A. 2009. Assessing the risk of lead exposure for the conservation of the endangered Pyrenean bearded vulture (*Gypaetus barbatus*) population. **Environmental Research**, 109(7):837:842.

Hurnikova Z., Komorová P., Salamún P., Miklisová D., Chovancová G., Miterpáková M. 2021. Concentration of Trace Elements in Raptors from Three Regions of Slovakia, Central Europe. **Pol. J. Environ. Stud**., 30 (6): 5577-5591.

Husby, A. ve Husby, M. 2014. Interspecific analysis of vehicle avoidance behavior in birds. **Behavioral Ecology**, 25: 504–508.

Husby, M. 2016. Factors affecting road mortality in birds, **Ornis Fennica**, 93: 212-224.

IUCN 2020. The IUCN red list of threatened species. Version 2018–1. https://www.iucnredlist.org/search?query=birds&searchType=species. Accessed 15 June 2020.

Jackson, N., Stevenson, M. H. 1981. A study of the effects of dietary added cupric oxide on the laying, domestic fowl and a comparison with the effects of hydrated copper sulfate. **Br J Nutr**, 45(01):99-110.

Jackson, N., Stevenson, M. H., Kirkpatrick. G.M. 1979. Effects of the protracted feeding of copper sulfate-supplemented diets to laying, domestic fowl on egg production and on specific tissues, with special reference to mineral content. **Br J Nutr**, 42(02):253-266.

Jamal, Q., Durani, P., Khan, K., Munir, S., Hussain, S., Munir, K., & Anees, M. 2013. Heavy metals accumulation and their toxic effects. **Journal of Bio-Molecular Sciences**, 1(1): 27-36.

Jimenez, E.S., Jiménez-Uzcátegui, G., Egas, D.A., Solis, N., Carrera-Játiva, P., Vinueza, R.L., Cotín, J., Nieto, A., García, C., Sevilla, C., Rueda, D. 2020. Trace metals (Hg, Pb, and Cd) in feathers of four Galapagos waterbird species. **Marine Ornithology**, 48: 85-89.

Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S. 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-1. **İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Dergisi**, 136: 47-53.

Kim, J., Koo, T. H. 2007. The Use of Feathers to Monitor Heavy Metal Contamination in Herons, Korea. **Arch Environ Contam Toxicol**, 53: 435-441.

Kitowski I, Agnieszka S, Wiacek D, Strobel W, Komosa A, Stobinski M. 2016. Heavy metals in livers of raptors from Eastern Poland – the importance of diet composition. **Belg J Zool**, 146(1):3-13

Kitowski I, Jakubas D, Wiacek D, Sujak A, Pitucha G. 2017. Trace element concentrations in livers of Common Buzzards *Buteo buteo* eastern Poland. **Environ Monit Assess**, 189:421.

Klaassen, C. 2013. Toxicology, The Basic Science of Poisons. McGraw Hill Publishers, Newyork.

Kushwaha, S. 2016. Heavy metal concentrations in feathers of critically endangered long-billed vultures (Gyps indicus) in Bundelkhand region, India. **Int J Life Sci Scienti Res,** 2(4): 365–375.

Liu, Q., Chen, Y., Maltby, L., Zheng, Y., Ma, Q. 2019. Trace elements exposure of endangered crested ibis (*Nipponia nippon*) under in situ and ex situ conservations. **Environmental Pollution**, 253: 800-810.

Ma, Y, Zheng W., An Y., Chen L., Xu O., Jiang A. 2021. Mercury contamination in terrestrial predatory birds from Northeast China: Implications for species and feather type selection for biomonitoring. **Ecological Indicators,** 130:108.

Malik, R. N., Zeb, N. 2009. Assessment of environmental contamination using feathers of *Bubulcus ibis* L., as a biomonitor of heavy metal pollution, Pakistan. **Ecotoxicology**, 18: 522-536.

Malvandi, H., Shamabadi M., H., 2022. Use of Feathers from Birds that Collided with Vehicles to Monitor Heavy Metal Contamination in Western Khorasan Razavi, Iran. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 109:495–501.

Manjula, M., Mohanra, R., Devi, M.P. 2015. Biomonitoring of heavy metals in feathers of eleven common bird species in urban and rural environments of Tiruchirappalli, India. **Environ Monit Assess**, 187: 267.

Mansouri, B., Hoshyari, E., Pourkhabbaz, A., Babaei, H. 2012a. Assessment of nickel levels in feathers of two bird species from southern Iran. **Podoces**, 7: 66-70.

Mansouri, B., Babaei, H., & Hoshyari, E. 2012b. Heavy metal contamination in feathers of Western Reef Heron (*Egretta gularis*) and Siberian gull (*Larus heuglini*) from Hara biosphere reserve of Southern Iran. **Environmental Monitoring and Assessment**, 184(10), 6139-6145.

Markowski, M., Kaliński, A., Skwarska, J., Wawrzyniak, J., Bańbura, M., Markowski, J., Zieliński, P., Bańbura, J. 2013. Avian feathers as bioindicators of exposure to heavy metal contamination food. **Bull Environ Contam Toxicol**, 91:302-305.

Martinez, A., Crespo, D., Fernandez, J.A., Aboal, J.R., Carballeira, A. 2012. Selection of flight feathers from Buteo buteo and Accipiter gentilis for use in biomonitoring heavy metal contamination. **Science of The Total Environment**, 425:254-261.

Martinez-Lopez, E., Martinez, J.E., Maria-Mojica, P., Penalver, J., Pulido, M., Calvo, J.F.; Garcia-Fernandez, A.J. 2009. Lead in feathers and delta-aminolevulinic acid dehydratase activity in three raptor species from an unpolluted Mediterranean forest (Southeastern Spain). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, 47(2): 270-275.

Metcheva, R., Yurukova, L., Bezrukov, V., Beltcheva, M., Yankov, Y., Dimitrov, K. 2010. Trace and toxic elements accumulation in food chain

representatives at Livingston Island (Antarctica). **Int. J. Biol**, 2 (1): 155–161.

Mohanraj, R.P., Azeez, A., Priscilla, T. 2004. Heavy metals in airborne particulate matter of urban Coimbatore. Arch Environ Contam **Toxicol**, 47:162-167.

Monclus, L., Shore R.F., Krone O. 2020. Lead contamination in raptors in Europe: A systematic review and meta-analysis. **Science of the Total Environment**, 748:141437.

Mora, M. A. 2003. Heavy metals and metalloids in egg contents and eggshells of passerine birds from Arizona. **Environmental Pollution**, 125 (3): 393–400.

Morelli, F. 2013. Are the nesting probabilities of the redbacked shrike related to proximity to roads? **Nature Conservation,** 5: 1-11.

Movalli, P.A. 2000. Heavy metal and other residues in feathers of laggar falcon *Falco biarmicus jugger* from six districts of Pakistan, **Environmental Pollution**, Volume 109, Issue 2, Pages 267-275.

Mukhtar, H., Chan, C.Y., Lin, Y.P., Lin, C.M. 2020. Assessing the association and predictability of heavy metals in avian organs, feathers, and bones using crowdsourced samples. **Chemosphere**, 252: 126583.

Munzuroğlu, Ö. ve Nazmi G. 2000. Ağır Metallerin Elma (*Malus slyvestris* Miller cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. **Turk J.Biol**., (24): 677-684.

Muralidharan, S., Jayakumar, R., Vishnu, G. 2004. Heavy Metals in Feathers of Six Species of Birds in the District Nilgiris, India. Bull. **Environ. Contam. Toxicol**., 73: 285–291.

Nardiello, V., Fidalgo, L. E., López-Beceiro, A., Bertero, A., Martínez-Morcillo, S., Míguez, M. P., ... & Pérez-López, M. 2019. Metal content in the liver, kidney, and feathers of Northern gannets, Morus bassanus, sampled on the Spanish coast. **Environmental Science and Pollution Research**, 26(19): 19646-19654.

Nergiz, H., Şamat, A. K. 2019. Assessment of Heavy Metal Concentration in Feathers of Armenian Gull (*Larus Armenicus* Buturlin, 1934) and Water Samples of Hazar Lake, Turkey. **Applied Ecology and Environmental Research**, 17 (4): 10221-10227.

Ndu, U., Lamb, J., Janssen S., Rossi, R., Satgé Y., Jodice, P. 2020. Mercury, cadmium, copper, arsenic, and selenium measurements in the feathers of adult eastern brown pelicans (*Pelecanus occidentalis carolinensis*) and chicks in multiple breeding grounds in the northern Gulf of Mexico. **Environ Monit Assess**, 192: 286.

Nighat, S., Nadeem M.S., Mahmood M., Shah S.I. 2013 Estimation of heavy metal residues from the feathers of Falconidae, Accipitridae, and Strigidae in Punjab, Pakistan. **Turk J Zool**, (2013) 37: 488-500.

Nriagu, J.O. 1989. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. **Nature**, 338:47-49.

Orlowski, G. Kasprzykowski, Z., Dobicki, W., Pokorny, P., Polechonski, R. 2010. Geographical and habitat differences in concentrations of copper, zinc and arsenic in eggshells of the Rook *Corvus frugilegus* in **Poland. J Ornithol**, 151:279–286.

Orlowski, G., Siekiera, J., Siekiera, A., Cyga-Döhner, R., Dudzik, E., Karg, J., Tobolka, M., Wuczyński, A., Kaługa, I. 2019. Calcium and metals are not evenly distributed in avian eggshells over their longitudinal section. American Ornithological Society, **The Auk: Ornithological Advances**, XX: 1–14.

Panda, B. P., Mahapatra, B., Parida, S. P., Dash, A. K., Pradhan, A. 2020. Feathers of *Bubulcus ibis* (L.) as a non-destructive biomonitoring tool for assessment of lead pollution: A case study from various severely contaminated wetland habitats. **Biointerface Research in Applied Chemistry**, 10 (2): 8085-8090.

Pandiyan, J., Mahboob, S., Jagadheesan R., Elumalai, K., Krishnappa K, Al-Misned F., Kaimkhani, Z., A., Govindarajan, M. 2020. A novel approach to assess the heavy metal content in the feathers of shorebirds: A perspective of environmental research, Journal of King Saud University. **Science**, 32 (7): 3065-3071.

Pandiyan, J.; Poiyamozhi, A.; Mahboob, S.; Al-Ghanim, K.A.; Al-Misned, F.; Ahmed, Z.; Manzoor, I.; Govindarajan, M. 2022. Assessment of the Toxic Effects of Heavy Metals on Waterbirds and Their Prey Species in Freshwater Habitats. **Toxics**, 10: 641.

Pappas, A. J., Karadas, F., Suraia, P. F., Wood, N. R., Casseye, P., Bortolotti, G. R., Speak, B. K. 2006. Interspecies variation in yolk selenium concentrations among eggs of free-living birds: The effect of phylogeny. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, 20:155-160.

Pena-Lastra, S. De LaPérez-Alberti, A., Oteroa, X. L. 2019. Enrichment of trace elements in colonies of the yellow-legged gull (*Larus michahellis*) in the Atlantic Islands National Park (Galicia-NW Spain). **Science of the Total Environment**, 648: 1536–1548.

Pesti, G. M., Bakalli, R.I. 1996. Studies on the feeding of cupric sulfate pentahydrate and cupric citrate to broiler chickens. **Poult Sci**, 75(9):1086–1091.

Pollack, L., Ondrasekb, N.R., Calisib, R. 2017. Urban health and ecology: the promise of an avian biomonitoring tool. **Current Zoology**, 63 (2): 205-212.

Raihan, S., Sarwar, F., Azim, M., Khan, O.Y., Ahmed, N. 1995. Isolation, characterization and assessment of nickel and cadmium accumulation of bacterial isolates from industrial waste. **Biotechnology for Environment and Agriculture**. B.C.C. and T. Press, Univ. of Karachi, p. 143-152.

Raza, A., Ayaz, M., Rafi, S. 2017. Bioaccumulation and Effects of Heavy Metals in Avian Fauna of Asian Scavenging Species; A Review. **Annals of Life Sciences**, 1 (1): 9–13.

Reijnen, R. & Foppen, R. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland.4. Influence of population-size on the reduction of density close to a highway. **Journal of Applied Ecology**, 32: 481–491.

Reijnen, R., Foppen, R., Terbraak, C. & Thissen, J. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. **Journal of Applied Ecology**, 32: 187–202.

Reijnen, R., Foppen, R. & Meeuwsen, H. 1996. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. **Biological Conservation,** 75: 255–260.

Rodriguez-Alvarez M., Hardisson A., Gonzalez D., Gutiérrez A.J. 2021. Assessment of Toxic Metals (Al, Cd, Pb) and Trace Elements (B, Ba, Co,

Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Li, Zn, Ni, Sr, V) in the Common Kestrel (*Falco tinnunculus*) from the Canary Islands (Spain). **Biological Trace Element Research**, 200:3808-3818.

Rubio, I., Martinez-Madrid, M., Méndez-Fernández, L., Galarza, A., Rodriguez, P. 2016. Heavy metal concentration in feathers of little egret (*Egretta garzetta*) nestlings in three coastal breeding colonies in Spain. **Ecotoxicology**, 25(1): 30-40.

Scheifler, R., Coeurdassier, M., Morilhat, C., Bernard, N., Faivre, B., Flicoteaux, P., Giraudoux, P., Noël, M., Piotte, P., Rieffel, D., de Vaufleury, A., Badot, P. M. 2006. Lead concentrations in feathers and blood of common blackbirds (*Turdus merula*) and in earthworms inhabiting unpolluted and moderately polluted urban areas. **Science of the Total Environment**, 371: 197-205.

Scheuhammer, A.M. 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: A review, **Environmental Pollution**, 46: 263-295.

Seoane, R. G., Río, Z. V., Ocaña, A. C., Escribano, J. A., Viñas, J. R. 2018. Selection of tawny owl (*Strix aluco*) flight feather shaft for biomonitoring As, Cd and Pb pollution. **Environmental Science and Pollution Research**, 25: 14271–14276.

Shahbaz, M. Hashmi, M. Z., Malik, R. N., Yasmin, A. 2013. Relationship between heavy metals concentrations in egret species, their environment and food chain differences from two Headworks of Pakistan. **Chemosphere**, 93: 274–282.

Shehzad H., Anjum K. M., Yaqub A., Zahid S., Yousaf M. Z., Khan N., Yaseen M., Habib A. 2022. Estimation of metal content in avian fauna of sialkot, pakistan using feathers as bio-indicator. **Journal of Animal & Plant Sciences**, 32(5):1460-1468.

Solgi, E., Mirzaei-Rajeouni, E., Zamani, A. 2020. Feathers of Three Waterfowl Bird Species from Northern Iran for Heavy Metals Biomonitoring. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 104: 727–732.

Stankovic, S., Kalaba, P., Stankovic, A. R. 2014. Biota as toxic metal indicators, **Environmental Chemistry Letters**, 12(1): 63-84.

Tsipoura, N., Burger, J., Feltes, R., Yacabucci, J., Mizrahi, D., Jeitner, C., Gochfeld, M. 2008. Metal concentrations in three species of passerine birds breeding in the Hackensack Meadowlands of New Jersey, **Environmental Research**, 107: 218–228.

Tuğyan, G., Sungur, A. 2020. Farklı Ana Materyaller Üzerinde Oluşmuş Toprakların Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. **Çomü Ljar**, 1 (1): 40-47.

Underwood, E. J., Suttle, N. F. 1999 The mineral nutrition of livestock. CABI Publishing, New York.

Van Straalen, N. M., Ernst, E. 1991. Metal biomagnification may endanger species in critical pathways. **Oikos**, 62: 255-256.

Varagiya D., Jethva B., Pandya D. 2021 Feather heavy metal contamination in various species of waterbirds from Asia: a review. **Environ Monit Assess**, 194:26.

Vizuete J., Hernández-Moreno D., López-Beceiro A., Fidalgo L.E., Soler F., Pérez-López M., Míguez-Santiyán M.P. 2022. Heavy metals and metalloid levels in the tissues of yellow-legged gulls (*Larus michahellis*) from Spain: sex, age, and geographical location diferences**. Environmental Science and Pollution Research**, 29:54292–54308.

Walsh, P.M. 1990. The use of seabirds as monitors of heavy metals in the marine environment, 10. Heavy metals in the marine environment (Eds.: Furness, R.W., Rainbow, P.S.). CRC Press, Boca Raton, FL. 262.

Wei, B., Yang, L. 2010. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. **Micro Chem J**, 94:99–107.

Winder, C., Longbai, C., Stacey, W.H. 1997. Occupational and Environmental Exposure. Handbook of Human Toxicology (Ed. Edward J. Massaro). CRC Press: 118-145.

Xia, X., Chen, X., Liu, R., Liu, H. 2011. Heavy metals in urban soils with various types of land use in Beijing, China. **J Hazard Mater** 186:2043–2050.

Yamaç, E., Özden, M., Balaban S., C., Malkoç, S. 2019. Heavy metal accumulation as a threat to the endangered Egyptian vulture (*Neophron percnopterus L*.) in Turkey. **Turkish Journal of Zoology** 43:6.

Yamaç, E., Özden, M., Kirazlı, C., Malkoç, S. 2019. Heavy-metal concentrations in feathers of cinereous vulture (*Aegypius monachus L*.) as an endangered species in Turkey. **Environmental Science and Pollution Research**, 26: 833–843.

Yasmeen, R., Asif, L. 2022 Heavy metal exposure and behavioral assessment of vultures in a captive environment. **Environ Sci Pollut Res Int.** 29(45):68096-68102.

Zamani-Ahmadmahmoodi, R., Esmaili-Sari, A., Savabieasfahani, M., Bahramifar, N. 2009. Cattle egret (*Bubulcus ibis*) and Little egret (*Egretta grazetta*) as monitors of mercury contamination in Shadegan wetlands of south-western Iran. **Environmental Monitoring and Assessment**., 166(1-4): 371-377.

Zarrintab, M., Mirzaei, R., Mostafaei, G., Dehghani, R., Akbari, H. 2016. Concentrations of metals in feathers of magpie (*Pica pica*) from Aran-O-Bidgol city in Central Iran. Bull **Environ Contam Toxicol**, 96(4): 465-471.

Zarrintab, M., Rouhollah Mirzaei, R. 2017. Stress induced by heavy metals on breeding of magpie (*Pica pica*) from central Iran. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 143: 28-37.

Zhang, J., Han, L., Ji, Y., Wei, J., Cai, G., Gao, G., Wu, J., Yao, Z. 2018. Heavy metal investigation and risk assessment along the Le'An River from non-ferrous metal mining and smelting activities in Poyang, China. **Journal of Environmental Biology**, 39: 536- 545.

Zolfaghari, G., Esmaili-Sari, A, Ghasempouri, S. M., Kiabi, B. H. 2007. Examination of mercury concentration in the feathers of 18 species of birds in southwest Iran. **Environmental Research**, 104(2):258-265.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özgür ÖZDEMİR

Doğum Yeri ve Tarihi :

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Akdeniz Üniversitesi Biyoloji Bölümü

Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

A) Bildiriler

-

-

-

İLETİŞİM

E-Posta Adresi :

Tarih :23/08/2023