

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**AKDENİZ BÖLGESİ'NDE YAŞAYAN *ERINACEUS CONCOLOR*'DA
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN NON-İNVAZİV YÖNTEMLERLE SAPTANMASI**

Berçem ERGEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**AKDENİZ BÖLGESİ'NDE YAŞAYAN *ERINACEUS CONCOLOR*'DA
AĞIR METAL BİRİKİMİNİN NON-İNVAZİV YÖNTEMLERLE SAPTANMASI**

Berçem ERGEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

**AKDENİZ BÖLGESİ'NDE YAŞAYAN *ERINACEUS CONCOLOR*'DA AĞIR
METAL BİRİKİMİNİN NON-İNVAZİV YÖNTEMLERLE SAPTANMASI**

Berçem ERGEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 13/02/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ (Danışman)

Prof. Dr. Hakan SERT

Doç. Dr. Serpil KILIÇ

ÖZET

AKDENİZ BÖLGESİ'NDE YAŞAYAN *ERINACEUS CONCOLOR*'DA AĞIR METAL BİRİKİMİNİN NON-İNVAZİV YÖNTEMLERLE SAPTANMASI

Berçem ERGEN

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ

Ocak 2023, 86 sayfa

Günümüzde çevre kirliliği, ekosistem için tehlike oluşturan çeşitli etmenlerin başında gelmektedir. İnsan faaliyetlerinin yoğunlaşması ile birlikte çevre kirliliğinin ve ağır metal kirliliğinin artış gösterdiği bilinmektedir. Ağır metallerin; canlı habitatını oluşturan su, toprak ve havada farklı konsantrasyonlarda ve çeşitlilikte birikim göstermesi farklı canlı türlerinde farklı etki(ler) oluşturabilmektedir. Canlılar üzerinde meydana gelen bu etkiler yürütülen bilimsel çalışmalar için önem arz etmektedir. Ağır metal kirliliğinin ne ölçüde etki ettiği üzerine sürdürülen araştırmalarda genellikle insana çeşitli yönlerden benzerliği ile dikkat çeken canlılar tercih edilmektedir. Memeli hayvanlar da bu canlı gruplarından biridir. Bunların içinde ise küçük boyutlu memeli hayvanlar, ekosistem hakkında bilgi veren, rehber niteliği taşıyan, biyoindikatör özelliği gösteren ve canlılar arasında histolojik olarak insana benzerliği ile dikkat çeken organizmalardır. Böcekçil (insectivor) küçük boyutlu memeliler solunum, deri ve besin ağı içerisinde farklı habitatlarda çeşitli kirleticilere beslenme diyetinin çeşitliliği nedeniyle maruz kalırlar. Bu canlılar aynı zamanda ağır metallerin biyolojik birikiminde (biyoakümülyasyon) ekotoksikoloji çalışmalarında ekosistemin dinamiği hakkında bilgi sağlayan biyoindikatör olma potansiyeli gösteren organizmalardır. Bu bağlamda ele alındığında; *Erinaceus concolor* gibi böcekçil memeliler ekosistemdeki kirleticilere maruz kalmaları ile birlikte biyolojik birikimin meydana gelmesi yönü ile ve buna bağlı olarak biyoizlem çalışmalarında bilgi sağlayan biyoindikatör inektivor organizmalar olarak literatürde yer almaktadırlar. Bu biyoindikatör türler ile yapılan çalışmalar genel olarak girişimsel veya girişimsel olmayan yöntemleri içermektedir. Oysa girişimsel olmayan yöntemlerin kullanımı birçok yönden fayda sağlamaktadır.

Bu çalışma ile ağır metal birikimi bakımından iyi bir indikatör olabilen *Erinaceus concolor* türünün girişimsel olmayan yöntemle bulunduğu ekosistemdeki etkileşimleri araştırılmıştır. Bu çalışmada belirlenen Akdeniz Bölgesinin coğrafik olarak temsil edildiği 12 farklı lokaliteden, çevre kirliliğinin diğerlerine göre daha az olduğu tahmin edilen iki alan kontrol lokalitesi seçilmiş, geri kalan 10 alan ise kontrol lokaliteleri baz alınarak karşılaştırılma alanları olarak belirlenmiştir. *E. concolor* bireylerinden non-invaziv yöntem ile dikensi kıllarda birikim gösteren As, Ba, Li, Be, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Sr, Cd, Al, Ni, Fe ve Pb ağır metaller araştırılmıştır. Belirlenen lokalitelerden yakalanan örneklerin dikensi kıllarında meydana gelen ağır metal birikimleri (Be ve Cd elementlerinin birikimi bakımından lokaliteler arasında fark olmadığından veri setine dahil edilmemiştir) bakımından; lokaliteler cinsiyet ve yaş değişkenleri dikkate alınarak t-Testi, ANOVA ve Canonical Diskriminant ile

değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; Kontrol 1 ve Kontrol 2 lokalitelerinin ağır metal birikim değerleri birbirine benzer olarak ölçülürken, bunlara en yakın gruplar Lok 1 ve Lok 2 olarak tespit edilmiştir. Bunun yanında Lok 3 ve Lok 4 örneklerinin de birbirine yakın sonuçlarda olduğu ayrıca lok 5-8 ile 10'un birbirine kısmen yakın değerlerde olduğu da görülmüştür. Lok 9'dan yakalanan bireylerdeki birikim seviyelerinin ise tüm diğer lokalitelerden belirgin biçimde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca total ağır metal birikimi bakımından yaş grupları arasında fark olmaması da oldukça dikkat çekicidir. Bu durumun yaş ile beraber değişen metabolik aktivite ve/veya belli dönemlerde gerçekleşen kıl dökme/post değişimi olgusundan kaynaklanabileceği düşünülebilir.

ANAHTAR KELİMELEER: Ağır Metal, *Erinaceus concolor*, Biyoakümülayon, Biyoindikatör, Antalya

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ
Prof. Dr. Hakan SERT
Doç. Dr. Serpil KILIÇ

ABSTRACT

DETERMINATION OF HEAVY METAL DEPOSITING LEVELS IN ERINACEUS CONCOLOR IN THE MEDITERRANEAN REGION BY NON- INVASIVE METHODS

Berçem ERGEN

MSc Thesis in Biology

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa YAVUZ

January 2023, 86 pages

Today, environmental pollution is one of the various factors that pose a threat to the ecosystem. It is known that with the intensification of human activities, environmental pollution and heavy metal pollution are increasing. Heavy metals: accumulation in different concentrations and diversity in the water, soil and air that make up the habitat can have different effects on different living species. These effects on living things are important for scientific studies, and ongoing research on the effects of heavy metal pollution favours living things that are notable for their similarity to humans.

Small mammals also belong to these groups of life. Small mammals are organisms that provide information about the ecosystem as bioindicators and are conspicuous for their histological similarity to humans. Insectivorous small mammals are pollutants in a variety of habitats; they are exposed to respiratory, dermal, and dietary diversity within the food network. These organisms are also potential organisms to provide information on ecosystem dynamics in ecotoxicological studies of the biological accumulation of heavy metals (bioaccumulation). In this context, the insectivorous small mammals *Erinaceus europeus*, *Erinaceus concolor*, and *Erinaceus roumanicus* are listed in the literature as bioindicator organisms that provide information for biomonitoring studies because they exhibit bioaccumulation when exposed to contaminants in the ecosystem. Studies using these bioindicator species generally involve invasive or noninvasive methods. Some particular advantages of studying bioindicator organisms in the wild using noninvasive methods are: Preservation of the dynamics of living populations interacting in the wild, ease of collecting sufficient numbers of samples to generate meaningful data sets for statistical studies, and the ability to work with protected or endangered organisms.

In this study, the interactions of *Erinaceus concolor*, which can be a good indicator of heavy metal accumulation, in the ecosystem where it is found by noninvasive methods were investigated. As, Ba, Li, Be, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Sr, Cd, Al, Ni, Fe, and Pb heavy metals accumulated in the spine from *E. concolor* individuals in 12 localities determined and in this study has been researched by a non-invasive method. Heavy metal accumulations in the spine of the samples caught from the determined localities (1-2 controls and localities 1-10) As, Ba, Li, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Sr, Al, Ni, Fe and Pb (Since there is no difference between the localities in terms of

the accumulation of Be and Cd elements, they are not included in the data set). Control 1 and Control 2 localities are similar to each other and the most similar groups are Lok 1 and Lok 2. In addition, Lok 3 and Lok 4 are similar to each other. Lok 5-8 and 10 flour are partially identical to each other. Lok 9 was found to be significantly different from all other localities. It is also remarkable that there is no difference between age groups in terms of total heavy metal accumulation. It is thought that this may be due to the metabolic activity that changes with age and/or the phenomenon of hair loss/post-change that occurs in certain periods.

KEYWORD: Heavy Metal, *Erinaceus concolor*, small mammals, biological accumulation, Antalya

COMITTEE: Assist. Prof. Dr. Mustafa YAVUZ

Prof. Dr. Hakan SERT

Assoc. Prof. Dr. Serpil KILIÇ

ÖNSÖZ

Ekosistemi ve değişkenler dinamiğini etkileyen önemli kirleticilerden biri olan ağır metallerin; canlı habitatını oluşturan su, toprak ve havada farklı konsantrasyonlarda ve çeşitlilikte birikim göstermesi farklı canlı türlerinde farklı etki/ler oluşturabilmektedir. Canlıların yaşadıkları habitatlarda ağır metal maruziyetiyle karşı karşıya kalması (primer üreticilerden tüketicilere kadar) parçası olduğu besin zinciri aracılığı ile diğer canlı organizmalarda da biyolojik birikimin (biyoakümülyasyon) meydana gelmesine neden olmakta ve yaşamlarını tehlikeye atmaktadır. Ağır metal birikiminden doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkilenen canlıların, ekosistemin sağlığı ve sürdürülebilirliği açısından önemli oldukları bilinmektedir. Ülkemizde karasal ortamda yaşayan küçük boyutlu memelilerin ekosistem üzerinde etkin role sahip oldukları bilinmektedir. Küçük boyutlu memeliler; ihtiva ettikleri trofik bölge, kendi predatörleri (avcıları) arasındaki ilişkiler ve ekosistem yoğunluğunun devamlılığı açısından önem arz etmektedirler. Belirli bir trofik konumda olan herhangi bir popülasyonun azalması farklı trofik konumlarda bulunan canlı popülasyonlarında, anormal artış veya azalışlara neden olabilmektedir. Av bulma potansiyeli azalan predatörlerin sayısı azalabileceği gibi, av potansiyeline sahip bu canlı gruplarının besin olarak tükettiği canlı gruplarında da anormal artışlar meydana gelebilmektedir. Bu durumda ekosistemin devamlılığı olumsuz etkilenmektedir. Ekosistemde önemli bir konumda yer alan küçük boyutlu memeliler; insanlara histolojik olarak benzerlikleri ile dikkat çekmektedirler. Bu canlılar biyoindikatör özelliği taşımaları nedeni ile de rehber niteliği taşıyan, ekosistem hakkında bilgi veren canlılardır. Açık araziler, step, dere kenarları, sebze ve meyve bahçeleri gibi alanlar kirleticilerin yoğun olarak bulunabileceği alanlardır. Böcekçil (insectivor) küçük boyutlu memeliler; bu kirleticilere solunum yoluyla, dermal yolla ve besin ağı yoluyla maruz kalmaktadırlar. Böcekçil (insectivor) küçük boyutlu memelilere ait diyet çeşitliliği (solucanlar, omurgasız canlılar dışında salatalık, üzüm, dut, fındık vb.) kirletici maruziyetini arttırır niteliktedir. Bu canlılar aynı zamanda ağır metallerin biyolojik birikiminde (biyoakümülyasyon) ekotoksikoloji çalışmalarında ekosistemin dinamiği hakkında bilgi sağlayan biyoindikatör olma özelliği gösteren potansiyel organizmalardır. Bu bağlamda ele alındığında böcekçil küçük boyutlu memelilerden; *Erinaceus concolor*, *Erinaceus europeus* ve *Erinaceus roumanicus* ekosistemdeki kirleticilere maruz kalmaları ile birlikte biyolojik birikimin meydana gelmesi yönü ile ve buna bağlı olarak biyoizlem çalışmalarında bilgi sağlayan biyoindikatör organizmalar olarak literatürde yer almaktadırlar. Bu tez çalışmasında bu türlerden Akdeniz Bölgesi'nde de yayılış gösteren *Erinaceus concolor* yukarıda sayılan nedenlerden ötürü tercih edilen biyoindikatör tür olmuştur. Bu bakımdan elde edilen veriler bu türün özellikle bazı ağır metallerin birikimi açısından değerli bir biyomonitör organizma olabileceğini ortaya koymuştur.

Çalışma disipliniyi geliştirmemi sağlayan, beni çok yönlü düşünmeye teşvik eden, kendisinden birçok şey öğrendiğim, desteği ve emeği ile bu çalışmayı tamamlamama olanak sağlayan değerli Tez Danışmanım ve Tez İzleme Komitesi Üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ'a, değerli katkıları ve analizlere destekleri ile çalışmamda ilerlememi sağlayan Sayın Doç. Dr. Serpil KILIÇ ve Sayın Öğr. Gör. Dr. Murat KILIÇ'a, yaptıkları ön çalışmaları için Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatma TURNA DEMİR'e, yaşamım ve eğitimim hayatım boyunca bana destek olan anneme ve kardeşlerime en içten sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Non-İnvaziv Yöntem	4
2.2. Non-İnvaziv Yöntemin Avantajları	4
2.3. Non-İnvaziv Yöntemin Uygulandığı Bazı Bilimsel Çalışmalar ve Model Organizmalar	5
2.3.1. <i>Mauremys leprosa</i> Türü Kullanılarak Metal Emiliminin İncelendiği Bir Çalışma	5
2.3.2. <i>Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus</i> Türü Üzerinde Metal Birikiminin İncellendiği Bir Çalışma	7
2.3.3. Sekiz Farklı Kedi Türünün Kıl Örnekleri ile Yapılan Non-İnvaziv Yöntem Uygulanarak Yürütülen Bir Çalışma	7
2.3.4. Yaban Domuzu Kıllarıyla Non-İnvasive Yöntem Uygulanarak Yürütülen Bir Çalışma	8
2.3.5. Ratlarda Non-İnvaziv Yöntem Uygulanarak Yürütülen Bir Çalışma	8
2.3.6. Organik Kirleticilerin Ölçülmesinde Güvercin Tüyleri Kullanılarak Yapılan Bir Çalışma	9
2.4. Ağır Metaller	9
2.5. Memeli Hayvanlar	10
2.6. Böcekçiller (Insectivora)	10
2.6.1. Erinaceidae Familyası	11
2.6.2. Erinaceus Cinsi	11
2.6.3. Erinaceus Cinsiyle Yürütülen Ağır Metal Biyoizlem Çalışmaları	12
3. MATERYAL VE METOD	15
4. BULGULAR	19
5. TARTIŞMA	65
5.1. Farklı Lokalitelerden Alınan <i>Erinaceus concolor</i> Türünde Ağır Metal Birikim Seviyelerinin Belirlenmesinde Kullanılması	65
5.1.1. Dikensi Kıl Örneklerinde Total Ağır Metal Birikimi	65
5.1.1.1. As Birikimi	65
5.1.1.2. Ba Birikimi	66
5.1.1.3. Li Birikimi	67
5.1.1.4. Be Birikimi	67
5.1.1.5. Cr Birikimi	67
5.1.1.6. Mn Birikimi	67
5.1.1.7. Co Birikimi	68

5.1.1.8. Cu Birikimi	68
5.1.1.9. Zn Birikimi	69
5.1.1.10. Se Birikimi.....	69
5.1.1.11. Sr Birikimi	69
5.1.1.12. Cd Birikimi	70
5.1.1.13. Al Birikimi.....	71
5.1.1.14. Ni Birikimi.....	71
5.1.1.15. Fe Birikimi.....	71
5.1.1.16. Pb Birikimi	72
6. SONUÇLAR	75
7. KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Akdeniz Bölgesi’nde Yaşayan *Erinaceus concolor*’da Ağır Metal Birikiminin Non-İnvaziv Yöntemlerle Saptanması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

13/02/2023

Berçem ERGEN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

Al : Alüminyum

As : Arsenik

B : Bor

Ba : Baryum

Be : Berilyum

Cd : Kadmiyum

Co : Kobalt

Cr : Krom

Cu : Bakır

Fe : Demir

ICP-MS: İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometresi

Mn : Mangan

Ni : Nikel

Pb : Kurşun

Ppm : Milyonda bir birim (derişim birimi), mg/L

Se : Selenyum

Sr : Stronsiyum

Zn : Çinko

Simgeler

maks : Maksimum değer

min : Minimum değer

n : Alt gruplara ait birey sayısı

N : Toplam birey sayısı

Se : Standart hata

X : Ortalama değ er

Tezde ondalık ayıraç olarak “nokta” kullanılmıştır.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. <i>E. concolor</i> türünün coğrafi yayılış aralığı (IUCN redlist'ten alınmıştır).....	3
Şekil 3.1. <i>E. concolor</i> türünden alınan dikensi kıl örneklerinin alındığı lokalitelerin konumu (temiz olan KONTROL lokaliteleri K1 ve K2 olarak işaretlenmiştir)	16
Şekil 3.2. Yakalanan ve serbest bırakılan örneklerle ait bazı fotoğraflar (a: lokalite 6 ve b: lokalite 1'den yakalanan örneklerden birer tanesi)	17
Şekil 4.1. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen arsenik (As) birikim seviyeleri	19
Şekil 4.2. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen baryum (Ba) birikim seviyeleri	20
Şekil 4.3. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen lityum (Li) birikim seviyeleri	20
Şekil 4.4. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen berilyum (Be) birikim seviyeleri	21
Şekil 4.5. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen krom (Cr) birikim seviyeleri	21
Şekil 4.6. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen mangan (Mn) birikim seviyeleri	22
Şekil 4.7. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen kobalt (Co) birikim seviyeleri	22
Şekil 4.8. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen bakır (Cu) birikim seviyeleri	23
Şekil 4.9. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen çinko (Zn) birikim seviyeleri	23
Şekil 4.10. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen selenyum (Se) birikim seviyeleri	24
Şekil 4.11. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen stronsiyum (Sr) birikim seviyeleri	24
Şekil 4.12. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri	25
Şekil 4.13. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen alüminyum (Al) birikim seviyeleri	25
Şekil 4.14. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen nikel (Ni) birikim seviyeleri	26
Şekil 4.15. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen demir (Fe) birikim seviyeleri	26
Şekil 4.16. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen kurşun (Pb) birikim seviyeleri	27
Şekil 4.17. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen arsenik (As) birikim seviyeleri	28
Şekil 4.18. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen baryum (Ba) birikim seviyeleri	28
Şekil 4.19. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen lityum (Li) birikim seviyeleri	29
Şekil 4.20. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen berilyum (Be) birikim seviyeleri	29

Şekil 4.21. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen krom (Cr)	
birikim seviyeleri	30
Şekil 4.22. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen mangan (Mn)	
birikim seviyeleri	30
Şekil 4.23. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kobalt (Co)	
birikim seviyeleri	31
Şekil 4.24. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen bakır (Cu)	
birikim seviyeleri	31
Şekil 4.25. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen çinko (Zn)	
birikim seviyeleri	32
Şekil 4.26. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen selenyum (Se)	
birikim seviyeleri	32
Şekil 4.27. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen stronsiyum (Sr)	
birikim seviyeleri	33
Şekil 4.28. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kadmiyum (Cd)	
birikim seviyeleri	33
Şekil 4.29. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kadmiyum (Al)	
birikim seviyeleri	34
Şekil 4.30. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen nikel (Ni)	
birikim seviyeleri	34
Şekil 4.31. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen demir (Fe)	
birikim seviyeleri	35
Şekil 4.32. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kurşun (Pb)	
birikim seviyeleri	35
Şekil 5.1. <i>E. concolor</i> örneklerinin dikensi kıllarında ağır metal birikim seviyeleri	
açısından lokaliteler arasındaki ilişkiyi açıklayan Canonical Diskriminant Modeli.....	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Lokalitelerin alt gruplarından alınan örneklem büyüklükleri ve toplam örnek sayıları	15
Çizelge 4.1. Farklı Lokalitelerden alınan örneklerin çoklu karşılaştırma analizleri (Tukey/Duncan)	37
Çizelge 4.2. Kontrol 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	39
Çizelge 4.3. Kontrol 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	40
Çizelge 4.4. Lokalite 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	41
Çizelge 4.5. Lokalite 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	42
Çizelge 4.6. Lokalite 3 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	43
Çizelge 4.7. Lokalite 4 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	44
Çizelge 4.8. Lokalite 5 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	45
Çizelge 4.9. Lokalite 6 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	46
Çizelge 4.10. Lokalite 7 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	47
Çizelge 4.11. Lokalite 8 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	48
Çizelge 4.12. Lokalite 9 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	49
Çizelge 4.13. Lokalite 10 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	50
Çizelge 4.14. Tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)	51
Çizelge 4.15. Kontrol 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	52
Çizelge 4.16. Kontrol 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	53
Çizelge 4.17. Lokalite 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	54
Çizelge 4.18. Lokalite 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	55
Çizelge 4.19. Lokalite 3 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	56
Çizelge 4.20. Lokalite 4 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	57
Çizelge 4.21. Lokalite 5 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	58
Çizelge 4.22. Lokalite 6 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	59

Çizelge 4.23. Lokalite 7 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	60
Çizelge 4.24. Lokalite 8 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	61
Çizelge 4.25. Lokalite 9 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	62
Çizelge 4.26. Lokalite 10 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	63
Çizelge 4.27. Yakalanan örneklerin cinsiyetlerine göre tüm loklatelerdeki ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)	64



1. GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliği, ekosistem için tehlike oluşturan çeşitli etmenlerin başında gelir. İnsan faaliyetlerinin yoğunlaşması ile birlikte çevre kirliliğinin ve ağır metal kirliliğinin artış gösterdiği bilinmektedir. Bu iki kirlilik faktörü her ne kadar farklı kaynakların çevreye yayılması ile meydana gelse de benzer biçimde doğal veya insan kaynaklı (antropojenik) olabilmektedir (Yavuz ve Aktas 2018). İnsan faaliyetleri sonucu hava, toprak ve suda birikim göstererek çevre kirliliğine neden olan ağır metaller doğrudan veya dolaylı olarak (çoğu zaman antropojenik kaynaklı olmasına rağmen) insanları etkilemektedir. Çoğu ağır metal su ve topraktaki çözünürlükleri nedeni ile oldukça toksik etki göstermektedirler. Çok düşük konsantrasyonlarda dahi olsa insan ve hayvan metabolizması için zararlı olmakla birlikte organizmadan uzaklaştırılması zordur (Yavuz ve Aktas 2018). Endüstriyel faaliyetlerin artması (fosil yakıtlar, cam üretimi, çimento üretimi, kağıt endüstrisi, böcek ilaçları, petrokimya, boya sanayi, demir-çelik sanayi, gemi sanayi, elektronik sanayi, enerji üretimi (özellikle termiksantraller)), ulaşımda enerji kaynağı olarak petrol türeği olduğu bilinen benzinin kullanılması, tarım faaliyetlerinde kullanılmak üzere ağır metal içeren gübre ve pestisitlerden yararlanılması “Ağır Metal Kirliliğini Oluşturan Etmenler” olarak bilinmek ile birlikte ekolojik dengenin olumsuz etkilenmesine de neden olmaktadır (Kahvecioğlu vd. 2004). Ekosistem dinamiğini etkileyen farklı kirleticilerden biri olan ağır metallerin; canlı habitatını oluşturan su, toprak ve havada farklı konsantrasyonlarda ve çeşitlilikte birikim göstermesi farklı canlı türlerinde farklı etki(ler) oluşturabilmektedir. Canlıların yaşadıkları habitatlarda ağır metal maruziyetiyle karşı karşıya kalması (primer üreticilerden tüketicilere kadar) parçası olduğu besin zinciri aracılığı ile diğer canlı organizmalarda da biyolojik birikimin (biyoakümülyasyon) meydana gelmesine neden olmakta ve yaşamlarını tehlikeye atmaktadır. Ağır metal birikiminden doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkilenen canlıların, ekosistemin sağlığı ve sürdürülebilirliği açısından önemli oldukları bilinmektedir.

Ülkemizde karasal ortamda yaşayan küçük boyutlu memeliler %63'lük oranla ekosistem üzerinde etkin rollere sahiptirler (Bulut 2016). Küçük boyutlu memeliler, besin zincirindeki trofik konumu, av-avcı ilişkisinde populusyonların yoğunluk dengelerini sağlaması ve ekosistemin dinamik yapısının sürdürülebilmesi bakımından önemlidirler. Besin zincirinde herhangi bir trofik düzeyde canlı populusyonun azalması diğer populusyonların etkilenmesine ve ekosistemin deviniminde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle ekosistemin yapısal ve fonksiyonel birimlerinden birini oluşturan küçük boyutlu memeliler ön plana çıkmaktadır. Küçük boyutlu memeli hayvanlar, ekosistem hakkında bilgi veren, rehber niteliği taşıyan biyoindikatör özelliği gösteren ve canlılar arasında histolojik olarak insana benzerliği ile dikkat çeken organizmalar olarak bilinmektedirler (Bulut 2016; Turna Demir 2018; Yavuz vd. 2019).

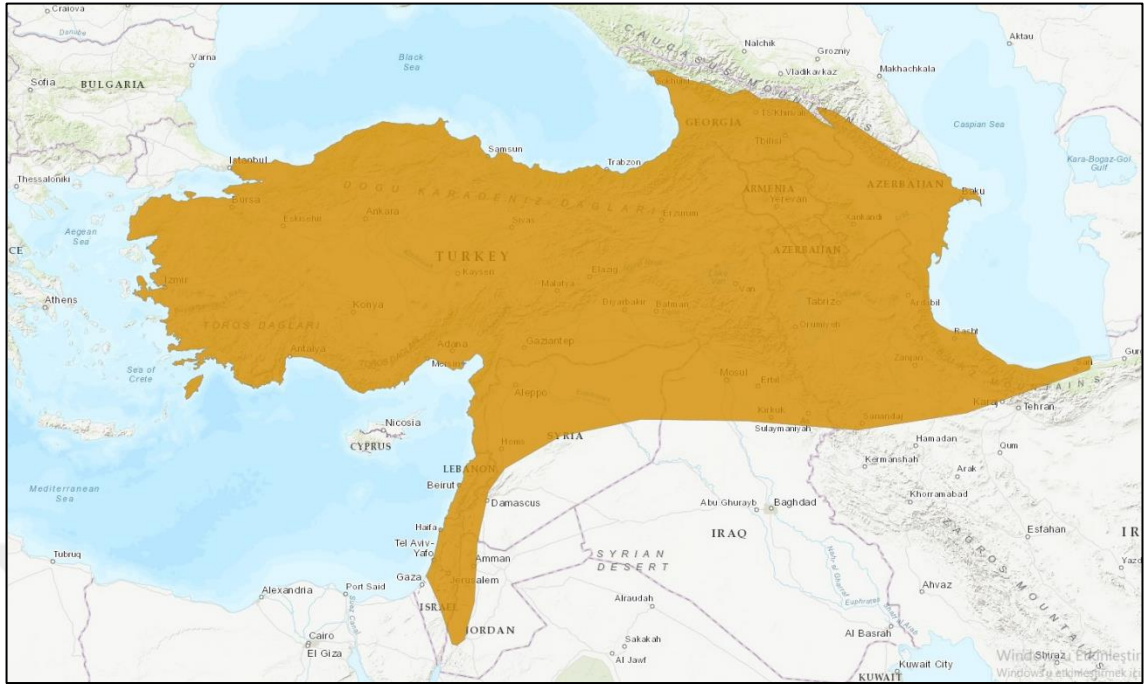
Böcekçil (insektivor) küçük boyutlu memeliler farklı habitatlarda (açık arazi, step, dere kenarları, tarım arazileri, meyve ve sebze bahçeleri) kirleticilere solunum, deri ve besin ağı içerisinde beslenme diyetinin çeşitliliği (solucanlar, omurgasız canlılar dışında salatalık, üzüm, dut, fındık vb.) nedeniyle maruz kalmaktadırlar. Bu canlılar aynı zamanda ağır metallerin biyolojik birikiminde (biyoakümülyasyon) ekotoksikoloji çalışmalarında ekosistemin dinamiği hakkında bilgi sağlayan biyoindikatör olma özelliği gösteren potansiyel organizmalardır (Alleva vd. 2006; Arıkan vd. 2018; Ateş 2010; Talmage ve Walton 1991; Reinecke vd. 2000; Have' vd. 2005; D'Have' vd.

2006a; D'Have' vd. 2006b; D'Have' vd. 2007; Sanchez-Chardi 2007; MacLean vd. 2009; Vermeulen vd. 2009a; Vermeulen vd 2009b; Rautio vd. 2010; Vermeulen 2010; Bulut 2016; Yavuz vd. 2019). Bu bağlamda ele alındığında böcekçil küçük boyutlu memelilerden; *Erinaceus concolor*, *Erinaceus europeus* ve *Erinaceus roumanicus* ekosistemdeki kirleticilere maruz kalmaları ile birlikte biyolojik birikimin rezervleri olmaları yönüyle ve buna bağlı olarak biyoizlem çalışmalarında bilgi sağlayan biyoindikatör organizmalar olarak literatürde yer almaktadırlar (Alleva vd. 2006; D'Have vd. 2005; D'Have' vd. 2006a; D'Have' vd. 2006b; D'Have' vd. 2007; Sanchez-Chardi 2007; MacLean vd. 2009; Vermeulen vd. 2009a; Vermeulen vd. 2009b; Rautio vd. 2010; Vermeulen 2010; Arıkan vd. 2018; Yavuz vd. 2019).

“Günümüzde Erinaceidae familyasında, *Erinaceus* cinsinin dört türü [*E. europaeus* Linnaeus, 1758 (Avrupa kirpisi), *E. concolor* Martin (1938) (Ak Göğüslü Kirpi), *E. roumanicus* Barrett -Hamilton, 1900 (Batı beyaz göğüslü kirpisi) ve *E. amurensis* Schrenk, 1858 (Amur kirpisi)] yer almaktadır” (Tiryaki 2009; Ateş 2010; Demirtaş 2012; Silsüpür 2018).

“Kirpiler günümüzde ülkemizin Anadolu tarafında ve Levant'ta (Doğu Akdeniz) *E. concolor* Martin, 1938 (Ak Göğüslü Kirpi), *E. roumanicus* Barrett -Hamilton (1900) (Batı beyaz göğüslü kirpisi) ise Trakya tarafı dahil hemen hemen tüm Doğu Avrupa'da bulunmaktadır” (Tiryaki 2009; Ateş 2010; Demirtaş 2012; Silsüpür 2018). Ellerman ve Morrison-Scott (1951) *E. amurensis*, *E. concolor* ve *E. europaeus* türlerinin konspesifik (bir anlamda sinonim) olduğunu düşünmüştür. *E. concolor* ve *E. europaeus* kürk rengi ile kafatası bakımından farklılık göstermektedir. Buna karşılık her iki türün kromozom sayıları $2n=48$ 'dir. Bu nedenlerle uzun yıllar Anadolu popülasyonunun da *E. europaeus* olduğu düşünülmüştür. Ancak 2000'li yıllarda yapılan çok sayıda çalışma ile bu popülasyonun *E. concolor* türüne ait olduğu ispatlanmıştır.

IUCN verilerine göre *E. concolor* türünün küresel yayılış alanı (Şekil 1.1) Anadolu'dan İsrail'e, Lübnan, Kuzey Irak, Kuzeybatı İran, Suriye, Güney Kafkasya, Akdeniz Bölgesi ve Yunanistan'dır (Wilson ve Reeder 2005).



Şekil 1.1. *E. concolor* türünün coğrafi yayılış aralığı (IUCN redlist'ten alınmıştır)

Ülkemizde yayılış gösteren *E. concolor* ve *E. roumanicus* türleri IUCN 2020 kırmızı tür listesi değerlendirmelerine göre “Least Concern” (LC) yani asgari endişe gerektiren türler kategorisinde yer almaktadır. (Ateş 2010; Demirtaş 2012; Yavuz ve Tunç 2015; Silsüpür 2018; (<http://www.iucnredlist.org>)). Yavuz ve Tunç 2015 Phaselis antik kentindeki karasal memeli faunasını değerlendirdikleri çalışmalarında Merkez Av Komisyonu (MAK) Kararlarına göre; “Kirpi (*E. concolor* Martin, 1938 (Ak Göğüslü Kirpi)) Ek-I (Çevre ve Orman Bakanlığı’nca Koruma Altına Alınan Yaban Hayvanları) kapsamındadır.” demektedir. Bununla birlikte artık 2022-2023 Merkez Av Komisyonu (MAK) Kararlarına göre; Kirpi (*E. concolor* Martin, 1938 (Ak Göğüslü Kirpi)) avlanması yasak olan hayvanlar grubunda yer almamaktadır.

Bu tez çalışmasında karasal ekosistemde farklı kirletici kaynaklarına yakın bölgelerde kirli olduğu düşünülen 10 farklı lokalitede yaşamını sürdüren *E. concolor* Martin, 1938 örneklerinin dorsal bölgesindeki dikensi kıllarında (kıl türevi olup kirpi okları olarak bilinir), (non-invaziv yöntem ile) 16 farklı - As (arsenik), Ba (baryum), Be (berilyum), Cd (kadmiyum), Co (kobalt), Cr (krom), Cu (bakır), Mn (mangan), Se (selenyum), Sr (stronsiyum), Zn (çinko), Fe (demir), Al (alüminyum), Ni (nikel), B (bor), Pb (kurşun)- ağır metal birikiminin dağılımı ve konsantrasyonları (ppm düzeyinde) lokaliteler arasındaki benzerlik ve farkların kontrol lokaliteleri (temiz olduğu düşünülen ve kirletici kaynaklarından uzak) baz alınarak istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir.

Ayrıca bu çalışmada *E. concolor* bireylerinin dikensi kıllarında cinsiyet ve yaş gruplarına (genç ve yetişkin) bağlı olarak ağır metal birikimlerinin nasıl bir dağılımı olduğu ve konsantrasyonlar arasındaki değişimin farklı kirlilik kaynakları ile ilişkili olup olmadığı da irdelenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Non-İnvaziv Yöntem

Yürütülecek bilimsel çalışmanın amacına uygun seçilen model organizmanın; morfometrik ölçümlerinin yapılması; kıl, tırnak, tüy gibi örneklerle gerçekleştirilen çeşitli analiz süreçleri de non-invaziv yöntemin birer parçası olarak bilinmektedir. Cambridge Dictionary’de bu yöntem “medikal test, tedavi süreci veya herhangi bir bilimsel çalışma; hiçbir vücut boşluğuna girilmeden veya doku/cilt kesilmeden yürütülüyor ise bu yöntem non-invaziv yöntem olarak adlandırılmaktadır” şeklinde tanımlanmıştır.

Non-invaziv yöntem için invaziv yöntem tanımının tam tersi ifadesi de kullanılmaktadır. Bu yöntem uygulanırken; insan veya herhangi bir model organizmanın canlı vücut parçaları kullanılmamakla birlikte cerrahi müdahale tercih edilmemekte ve/veya canlı anatomisinde bu uygulamanın neden olabileceği herhangi bir değişim meydana gelmemektedir. İnvaziv yöntem ifadesi için ise yaygın bir tanım bulunmamaktadır. Tutarlı bir şekilde karakterize edilmemekle birlikte “cerrahi” ve “girişimsel prosedür/yöntem” terimleri invaziv yöntemi tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır (Cousins vd. 2019). Bazı tanımlamalarda ise anatomide birtakım değişikliklerin meydana gelmesi invaziv yöntem ifadesini tasvir eder nitelikte kabul edilmektedir (Cousins vd. 2019).

2.2. Non-invaziv Yöntemin Avantajları

Non-invaziv yöntem bir diğer ifadeyle invaziv olmayan örnekleme; hayvanın yaşamına son vermeden minimum düzeyde stres indüksiyonu ve ağrı ile dokuların toplanmasını içermektedir (D’Havé vd. 2005; Jota vd. 2022)

Birçok araştırmacı non-invaziv yöntemle yürütülen çalışmaların ve sürdürülen protokollerin eksik olduğunu; non-invaziv yöntem kullanılarak yürütülen çalışmalarda kullanılmış olan tür sayısının da yine invaziv yöntemle kıyasla çok az olduğunu bildirmişlerdir. Bazı vahşi etçiller, kapibaralar, foklar ve yarasalar kullanılan model organizmalardan bazılarıdır (D’Havé vd. 2007; Hernández-Moreno vd. 2013; Hernout vd. 2016a, b; Ikemoto vd. 2004; Vermeulen vd. 2009a; Yang vd. 2021; Jota vd. 2022).

Non-invaziv örnekler, kolay elde edilmesi ve uygulamaların daha etik olmasının yanı sıra; aynı bireyler veya benzer grupların metal seviyelerinin uzun süreler boyunca art arda ve sürekli olarak izlem yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yöntem probleme daha eksiksiz, sürdürülebilir ve dinamik bir yaklaşım sağlamaktadır (D’Havé vd. 2006; Yin vd. 2008; Jota vd. 2022).

Non-invaziv yöntem invaziv yöntemin aksine; dokunun açılması/kesilmesi gibi durumları gerektirmemesi sebebi ile hayvan üzerinde oluşabilecek enfeksiyon riski oldukça düşüktür ve bu nedenlerle hayvanların yaşam kalitesini tehdit eden herhangi bir unsur söz konusu olmamaktadır. Canlıların morfometrik ölçümleri yapılacak ise de; kıl, tüy, tırnak gibi dokulardan örnek alınacak ise de alınacak örnek ve yapılacak ölçümler defalarca kez tekrarlanabilmektedir. Bu yöntemle canlıdan örnek alınma süreci invaziv yöntemle kıyasla çoğunlukla pratiktir. Ancak araştırmanın amacına uygun biçimde tercih edilen model organizmanın yakalanması uzun sürebilmektedir. Bu nedenle canlıdan

örnek almak her ne kadar daha pratik de olsa gerekli örneklerin elde edilmesi zaman alabilmektedir. Bununla birlikte analiz edilecek örneklerin geç elde edilebilme durumu invaziv yöntem tercih edildiğinde de geçerlidir. Çalışma sırasında gerçekleştirilecek herhangi bir cerrahi uygulamanın daha uzun sürebileceği göz önüne alındığında non-invaziv yöntem ile çalışmayı yürütmek avantajlı olacaktır.

Non-invaziv yöntemler; kan almak ya da biyopsilerin alınması gibi invaziv yöntemlerden daha az stres yaratan ve daha az zarar veren metodlar olduğu gibi; bireylerin uyumuna önemli ölçüde etki etmeden, belirli bir poplasyonun zaman içindeki durumunu ve kirlilik seviyesinin izlenmesine imkân vermektedirler (D'Have vd. 2006).

Kıl örnekleme non-invaziv bir örnekleme tekniği olarak son derece uygun olmakla birlikte kıl örnekleri kolay ulaşılabilir ve kararlıdır. Kıl örneklerinin zor koşullarda saklanması gerekmemektedir (Appenzeller and Tsatsakis, 2012). Kılın özellikle de saç matriksinde mevcut olan ve metal katyonları bağlama yeteneğine sahip olan sülfhidril grubu gibi metallerin izlenmesinde kullanışlıdır (Beernaert vd. 2007). Organizma büyüme/gelişme sırasında sürekli olarak bağlantı halinde bulunduğu kan dolaşımı yoluyla canlı vücut dokusundan, keratinize kıllar aracılığıyla dışarı atabilmektedir (Beernaert vd. 2007).

Kıl analizi, depo organlarında birikimi görülen temel olmayan (non-essensial) metaller maruz kalma konusunda güvenilir bilgi sağlayabilmektedir. Bu metaller kılın yanı sıra tırnaklar, dişler, dışkı, idrar ve terde de birikmektedir (Kales and Christiani, 2005). Kemik ve mide içeriği analizinden farklı olarak, kısa ve uzun vadede metal maruziyetinin ölçümlerinin yapılmasını sağlayabilmektedirler. Kıl aşamalı olarak uzama sırasında (kılın uzaması) metal maruziyetini yansıtmaktadır (Kales and Christiani, 2005). Kıl analizi metalin çevreden biyoyararlanımını veya etkilenimini de gösterebilmektedir (McLean vd. 2009; Nolet vd. 1994; Pereira vd. 2004; Marcheselli vd. 2010). Ayrıca kıl, insan çalışmalarında bir biyobelirteç olarak tanımlanmıştır (Kales and Christiani, 2005), memelilerle ilgili yaban hayatı çalışmalarında ise yarar sağladığı da kanıtlanmıştır (McLean vd. 2009; Pereira vd. 2006; Beernaert vd. 2007). Yabani memelilerde; kıl ve kandaki metal konsantrasyonları (Vermeulen vd. 2009a) ile böbrek, karaciğer ve kas dokudaki metal konsantrasyonları arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir (Beernaert vd. 2007; Pereira vd. 2006; D'Have vd. 2006; Marcheselli vd. 2010). Bu durum normal şartlarda kılın ömrüne bağlı olarak birikimin artacağını işaret etmektedir.

Tüm bu nedenlerle; non-invaziv yöntem kullanılarak numuneler alınmakta ve amacına uygun bir biçimde çalışmalar yürütülmektedir. Bu duruma bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

2.3. Non-İnvaziv Yöntemin Uygulandığı Bazı Bilimsel Çalışmalar ve Model Organizmalar

2.3.1. *Mauremys leprosa* Türü Kullanılarak Metal Birikiminin İncelendiği Bir Çalışma

Reptiller; aynı büyüklükteki homeotermik omurgalılara kıyasla çevresel metal maruziyetini arttıran birtakım özelliklere sahiptirler (Hopkins, 2000; Sparling vd. 2010, Ortiz-Santaliestra and Egea-Serrano, 2013). Örneğin; genellikle substrat vücut yüzey

alanlarının büyük oranıyla kalıcı temas halindedir ve yüksek yüzey/hacim oranlarının artışı, kirleticilerin dermal emilimini değiştirir (Weir vd. 2010). Birçok reptil çoğunlukla toprak organizmalarına dayalı bir diyete sahip oldukları için yüksek oranda toprak yutma riski gösterirler (Rich and Talent 2009). Son olarak, birçok karasal sürüngenin yuvalama aralıkları nispeten azdır (Perry and Garland, 2002), bu da maden çıkarma alanlarından etkilenen alanlarda yaşayan popülasyonların, kontamine olmayan bölgelere hareket etmeleri için sınırlı kapasiteye sahip olmalarına neden olur (Ortiz vd. 2019).

Sürüngenleri diğer omurgalı gruplarla kıyaslayan sınırlı ekotoksikolojik bilgiye rağmen (Sparling vd. 2010), birçok çalışma genel olarak reptillerin ve özellikle chelonianların (sucul kaplumbağa grubu) iyi birer metal kirliliği biyoindikatörü olabileceğini önermişlerdir (Perrault vd. 2013; Van Dyke vd. 2017).

Reptillerde biyoizlem, bazen non-invaziv yöntem aracılığıyla başarılmıştır. Örneğin; kesilmiş ayak tırnaklarının kullanılması, reptillerde metal izlem çalışmalarında etkili olduğu kanıtlanmıştır (Van Dyke vd. 2013). Civa emiliminin bu türlerdeki beslenme ekolojisiyle ilişkilendirmek (Hopkins vd. 2013a) veya civanın anneden yumurtalara transferini incelemek için (Hopkins vd. 2013b), Chelonianlarda civa emiliminin popülasyonlar arasındaki varyasyonları izlemek/gözlemlemek amacıyla tırnaklar kullanılmıştır (Benjamin vd. 2018). Chelonianlarda karapaks plağı da civa birikiminin izlenmesinde kullanılmıştır (örneğin; Day vd. 2005; Komoroske vd. 2011; Bezerra vd. 2013). Keratinize dokuların yüksek civa afinitesi (ilgisi) nedeniyle, bu elementin plak ve tırnaklardaki konsantrasyonu diğer dokulardan daha fazladır (Hopkins vd. 2013a; Schneider vd. 2015). Ancak chelonianlarda kurşun gibi diğer elementlerin izlenimi için bu dokuların kullanılması pek sık değildir (Barraza vd. 2019).

Dışkı analizi kuş ve memelilerde, metal biyoizlemi için kullanılan yaygın bir tekniktir (örneğin; Roggeman vd. 2013; Berglund, 2018). Ancak bu yöntem reptillerde neredeyse hiç uygulanmamıştır (Mann vd. 2006). Dışkı örneği almak, tırnak ve karapaks plağı alınırken olduğu gibi hayvanın mutlaka yakalanmasını gerektirmediği için daha avantajlıdır (Ortiz vd. 2019).

Uzun ömürlü olmaları ya da sucul ve karasal habitatları nedeniyle tatlı su kaplumbağalarının metal birikim potansiyeli yüksektir (Ortiz vd. 2019). Metal biyoakümüülasyonunu gözlemlemek, potansiyel toksik etkilerini belirlemek için reptillerde non-invaziv örnekleme araçlarını incelemek amacıyla iki eski maden sahasında yaşayan *Mauremys leprosa*'da kurşun ve civa birikimi üzerinde çalışma yürütülmüştür (Ortiz vd. 2019).

Yürütülen bu çalışmanın, non-invaziv yaklaşımla ilerletilebilmesi amacıyla *Mauremys leprosa* türünden; dışkı, tırnak ve karapaks plağı örnekleri alınmış ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte aynı türden invaziv olarak kan alınarak (maksimum 1 ml) yine kan dokunun da analiz işlemi gerçekleştirilmiştir (Ortiz vd. 2019).

Çalışma sonunda elde edilen bulgular; potansiyel olarak çevre kirliliğine maruz kalan türlerin biyoizlem çalışmalarının iyileştirilmesi ihtiyacını vurgulamaktadır. Genel olarak reptiller ve tatlı su kaplumbağaları onları kronik kirliliğe maruz kalmayı duyarlı hale getiren belirli özelliklere sahiptirler. Bu nedenle kirleticiler biyoizlem çalışmalarında kullanılan reptiller ve nadiren kullanıldığı bilinen bu grup ekotoksikolojik bilgiyi

geliştirmenin ötesinde, madencilik alanlarında yaşayan diğer fauna gruplarının maruziyetinin dolaylı gösterge/belirteci olarak kullanışlıdır.

2.3.2. *Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus* Türü Üzerinde Metal Birikiminin İncellendiği Bir Çalışma

Yürütülen çalışmada; kıl, tüy, tırnak gibi non-invaziv örnekleme yaklaşımları; özellikle yarasa gibi koruma altındaki türler olmak üzere, yabani hayvanlardaki kirlilik düzeylerini anlamak üzere yapılan izlem çalışmaları için önemli olduğu vurgulanmıştır (Dauwe vd. 2000; D'Have vd. 2006).

Yürütülen çalışmada *Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus* türüne ait 193 yarasa kullanılmıştır (Hernout vd. 2016). Analizden önce bireylerden; böbrek, karaciğer ve kemik disekte edilmiştir (Hernout vd. 2016). Alınan kıl örnekleri ekzojen (dış kaynaklı/dışarıdan gelen) kontaminasyona karşı korunması amacıyla ultra saf su ile yıkanmıştır (Hernout vd. 2016). Bu çalışmada metallerin yarasalar üzerinde oluşturduğu risk ve yarasa dokularındaki metal konsantrasyonlarının belirlenmesiyle ilgili yapılan birbirinden farklı birçok çalışmada analiz için seçilen Cd (kadmium), Pb (kurşun), Cu (bakır) ve Zn (çinko) elementleri tercih edilmiştir (Carravieiri and Scheifler, 2013; Clark and Shore, 2001; Hernout vd. 2013, 2015). Çalışmada elde edilen veriler; kıl örneklerinin ağır metal (özellikle esansiyel olmayan metallerin belirlenmesinde) incelenme çalışmalarına uygun olduğunu göstermiştir.

2.3.3. Sekiz Farklı Kedi Türünün Kıl Örnekleri ile Yapılan Non-İnvaziv Yöntem Uygulanarak Yürütülen Bir Çalışma

Yürütülen bu çalışmada da belirtildiği üzere civa biyobirikim ve çevresel kalıcılık özellikleri nedeniyle; insan, ekosistem ve yaban hayatı üzerinde yüksek toksik etki göstermektedir. Çalışmanın yürütüldüğü bölgede sekiz farklı türe ait 40 farklı kedi yakalanmıştır. Bu türler: yaban kedisi (*Felis silvestris*), orman kedisi (*Felis chaus*), çita (*Acinonyx jubatus*), karakulak (*Caracal caracal*), Avrasya vaşığı (*Lynx lynx*), Pallas kedisi (*Felis manul*), kum kedisi (*Felis margarita*) ve Pers leoparı (*Panthera pardus*) türlerindendir.

Kıl örnekleri 2017-2018 yılları arasında her bir kedinin yan ve alt karın bölgesinden uzman kişi tarafından steril makasla alınmış, örnekler plastik fermuarlı poşetlerde laboratuvar ortamına transfer edilmiştir (Dahmardeh Behrooz 2020). Analiz sürecine kadar örnekler oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

İlk defa bu çalışma ile birlikte İran'da bulunan farklı yaban kedileri üzerinde civa kontaminasyonu araştırılmıştır (Dahmardeh Behrooz 2021) Çalışmada; beslenme biçimi ve habitatın rolü göz ardı edilemeyeceği; yaş, boyut, interspesifik metabolik farklılar gibi faktörlerin biyotadaki civa birikimini etkileyebileceği ve ilerleyen süreçlerde gerçekleştirilecek çalışmalarda bu durumun dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

2.3.4. Yaban Domuzu Kıllarıyla Non-İnvaziv Yöntem Uygulanarak Yürütülen Bir Çalışma

Bu çalışmada yaban domuzlarının kıllarının civa kirliliğinin saptanmasında non-invaziv indikatör olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Örnekler iki av sezonu sırasında (1998/1999 ve 1999/2000 yıllarında), Polonya’da civa kirliliğinin yoğun olduğu dört farklı bölgede toplanmıştır. Örnekler özel olarak hazırlanmış talimatlara uygun biçimde toplanmıştır. Buna göre bireylerin sırt kısmından bir tutam deriye yakın kısmından 2-3 mm olacak biçimde, paslanmaz çelik makasla kıl örneği alınmıştır (Sobańska 2005).

Çalışmada; kıl örnekleri ile iç organlardaki (hem karaciğer hem de böbrek) civa konsantrasyonu arasında pozitif korelasyon olduğu ve bu nedenle diğer dokularda ağır metal seviyesinin etkili bir göstergesi olabileceği sonucuna da varılmıştır (Burger vd. 1994; Evans vd. 1998).

Yine yapılan bu çalışmada belirtildiği üzere kirleticileri izlemeye kıl örneklerinin oluşturmuş olduğu avantajlar: Kıl örnekleri toplanması ve analiz edilmesi kolay örnekler olması, kıl örneklerinin çevre kirlilik düzeyini yansıtması, kıl ve iç organlar arasındaki metal konsantrasyonlarının pozitif ilişkili olmasıdır (Sobańska 2005).

Bahsi geçen bu çalışmada 1 ve 2 yaşındaki bireylerde daha yüksek civa içeriğine rastlanmıştır. Dişi bireylerin kıllarındaki civa oranının erkek bireylerden daha fazla olduğu da tespit edilmiştir.

2.3.5. Ratlarda Non-İnvaziv Yöntem Uygulanarak Yürütülen Bir Çalışma

Yürütülen bu çalışmada Plazma kortikosteron (CORT) belirlenmesinde invaziv yöntem kullanılmasının dezavantajlı bulunması nedeni ile non-invaziv yöntem kullanılmış ve aşağıdaki bilgiler verilmiştir:

“Plazma kortikosteron (CORT) seviyelerinin ölçülmesi ratların strese olan tepkilerinin belirlenmesinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu prosedür invaziv bir yöntemdir ancak bu yöntem CORT seviyelerini etkilemektedir. Bu durum CORT seviyelerin incelenmesinde invaziv yöntemi ideal bir yöntem olmaktan uzaklaştırmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada non-invaziv yöntem ile dışkı analizi yapılarak CORT metabolit Seviyeleriyle birlikte sirkadiyen ritmin belirlenebilirliği araştırılmıştır” (Thanos 2009).

Çalışmada 4-6 haftalık olmak üzere yirmi dört adet erkek Sprague Dawley sıçanı kullanılmıştır. Her sıçan bireysel olarak barındırılmış ve belirli zaman aralıklarında ışıklı ve karanlık ortam oluşturulmuştur. Her bir odadaki sıcaklık 22±1 aralığında, ortamdaki nem de %40-60 aralığında tutulmuştur. Her birey hergün saat 13:30 da beslenmiştir (Thanos 2009).

Çalışma sonucunda; fecal (dışkı) CORT metabolit seviyeleri ratlardaki sirkadiyen glukokortikoid üretimin değerlendirilmesinde non-invaziv bir yöntem olarak kullanılabilmiştir. Fecal CORT seviyesi ölçümleri sirküle edilen (dolaşımdaki) CORT seviyelerini yansıtmıştır (Thanos 2009). CORT metabolit ölçümlerini elde etmek amacıyla fecal örnekler kullanmak, uzun süreli glukokortikoid üretiminin ölçülmesi ve

takibini gerektiren nörobilimsel araştırmalarda yararlı olabileceği sonucuna da varılmıştır (Thanos 2009).

2.3.6. Organik Kirleticilerin Ölçülmesinde Güvercin Tüyleri Kullanılarak Yapılan Bir Çalışma

Çalışmada sekiz farklı kentsel alandan toplanmış olan 71 adet güvercin yakalanmıştır. Bu bireyler İspanya'nın kuzey batısından yaz ve sonbaharın 2013 ve 2014 yıllarındaki sezonlarda yakalanmıştır.

Yürütölen çalışma İspanya'daki yabani güvercinlerdeki kontaminasyon durumu hakkında temel veri sağlamaktadır. Yabani güvercinlerin kentsel çevreyi ve alanı yansıtmada uygun biyoindikatörler olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmada; cinsiyet ve bölge arasında belirlenen farklılıklar; lokal çevre ve organik kirleticilerin cinsiyete özđu modeline dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (González-Gómez vd. 2020).

2.4. Ağır Metaller

Yoğunluğu 4–5 g/cm³'ü aşan, esansiyel veya esansiyel olmayan elementler olarak ayrılabilen maddeler metalloid ve ağır metaller olarak adlandırılırlar (Dufus 2002; Hawkes 1997; Jota vd. 2022). Bunlardan esansiyel elementler (Zn, Cu, Co, Mn ve Fe gibi) farklı fizyolojik olaylara katılırken, esansiyel olmayan elementlerin (Pb, Cd, As ve Hg gibi) vücuda herhangi bir biyolojik işlevi yoktur (Ali and Khan 2019; Khan vd. 2015; Jota vd. 2022). Bunun yanı sıra aşırı miktarlarda alınan esansiyel elementler de tehlikeli olabilmektedirler. Bazı türler için bazı metaller zorunlu iken diğer türler için zorunlu değildirler. Örnek olarak kobalt (Co) elementi verilebilir. Kobalt elementi kobalamin (B12 vitamini) adı verilen bir koenzimin merkezi kısmıdır ancak fazla kobalt kardiyomiyopati veya dermatite neden olabilmektedir (Gasparik vd. 2012; Jota vd. 2022).

Hem sucul hem de karasal türler (insanlar da dahil olmak üzere) bu toksitenin oluşturduğu büyük sorunlardan zarar görmektedirler (Sardar vd. 2013; Jota vd. 2022). Birçok tür için Cd (kadmiyum) oldukça nefrotoksik (farklı içerikteki ilaç ve kimyasalların böbrek üzerinde oluşturdukları toksisiteyi ifade etmektedir) ve kanserojendir (Davis vd. 2006), Jota vd. 2022). Öte yandan Hg (civa) beyin fonksiyonlarını etkilemektedir ve oldukça nörotoksiktir (Basu vd. 2009), Pb (kurşun) ise nörotoksik olmakla birlikte üreme bozuklukları ile ilişkilendirilmektedir. Bu örnekler bu maddelerin (ağır metallerin) insan ve hayvan sağlığı üzerindeki etkilerinden yalnızca birkaçıdır. Metaller bitkilerde bulunan (karbonhidrat, aminoasit, vitaminler) besin değerlerini güçlü bir şekilde etkilemenin yanı sıra yaban hayatı üzerinde de doğrudan toksik etki göstermektedirler. Sonuç olarak kontamine olmuş bitki örtüsün tüketimi; habitatlarda, besin zincirlerinde nihayetinde de tüketiciler üzerinde beslenme yetersizliğine ve birikime neden olabilmektedir (Khan vd. 2015), Jota vd. 2022). Elementlerin kimyasal formu da canlı ve ekosistemler üzerindeki etkilerini değerlendirmek yönüyle önemlidir (Brunborg vd. 2006; Ewald vd. 2019; Jota vd. 2022).

Organizmalar vücuttan atılması zor olan bu maddelere minimum düzeyde maruz kalmaktadırlar. Çoğu canlı organizma yaşam süreçleri boyunca; biyotransformasyon olsun veya olmasın süreç içerisinde devamlı ve kronik olmak üzere bu maddeleri biriktirmektedirler. Bu durum da çoğunlukla yaşlı hayvanlarda yüksek

konsantrasyonların görülmesine yol açmaktadır (Ali and Khan 2019; Monteiro vd. 2016; Jota vd. 2022).

2.5. Memeli Hayvanlar

Omurgalıların en gelişmiş sınıfı olarak da bilinen Memeliler; kendi sınıfları için tipik olduğu bilinen özellikler ile diğer gruplardan ayrılırlar. Bu özellikler; iki beyin yarım küresi arasında -ölköprü (commissura anterior) ve nasırlı cisim (corpus callosum, plasentalılarda) ya da commissura hippocampi (Marsupialia'da) yapılarıyla bağlantı kurulması- bir bağlantının bulunması (diğer omurgalı gruplarında bu yapıların kısmen olduğu bilinmektedir), alyuvarlarının çekirdeksiz yapıda olması (deve ve lama hariç), kulağın dış tarafa açılan kısmının uzun bir kanal yapısının ucunda olması (sürüngenlerden bazılarında da bu yapı bulunmaktadır), yüzeyini büyöltmeye yönelik büyük beyin gelişmesi (kısmen kuşlarda ve sürüngenlerde olduğu bilinmektedir), kalbin 4 odacıklı olması (kuşlarda da benzer biçimdedir), Monotremata hariç vivipari (=doğurma) ve yoğun yavru bakımının (kuşlarda ve bazı sürüngenlerde de olduğu bilinmektedir) bulunmasıdır (Demirsoy 1996).

Bununla birlikte bu özelliklere; göğüs ve karın boşluğunun kaslı bir diyafram yapısıyla birbirinden ayrılması, beyinlerinden 12 çift sinirin çıkması, tamamen körelmiş sağ aort yayı (sadece soldaki bulunmaktadır), yaygın olarak ter bezlerinin bulunması; memeli yavrularının beslenmelerinin sağlandığı süt bezlerinin bulunması (memeli hayvanlarda yavru bakımının olduğu bilinir), homoitermal (sıcakkanlı) hayvanlardır ve kulak yapılarındaki çekiç, örs ve üzengi yapıları sayesinde iyi işitmektedirler (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

Memelilerin vücut yüzeylerinde kıl (kıl, post, sakal) ve türevleri (tırnak, boynuz, diken yapısı, kemik pul (armadillolarda bulunduğu üzere)) bulunmaktadır. Bu kıl ve türevlerinin vücut yüzeyindeki yoğunlukları değişim göstermektedir. Bununla birlikte tam sucul memelilerde kıl türevi yapılar oldukça az bulunmaktadır (balina, yunus vb) (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

Kafatası yapısında birçok kemiğin kaynaşması ile birlikte bütün bir kemik yapısı meydana gelmiştir. Kafatası; her iki yanında temporal boşlukların olduğu bilinmekle birlikte 2 adet oksipital kondil ile 1. Boyun omuruyla (atlas) bağlantı kurmaktadır. Testisler vücut boşluğu dışında scrotum (testis kesesi) yapısı içerisinde bulunmaktadır (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

Diş değişimi olan memelilerde dişlerin heterodont olduğu bilinmektedir. Erginleşme sürecinde bireylerin süt dişleri olarak adlandırılan diş yapılarının yerini kalıcı olanlar almaktadır (Ancak yunusların diş yapıları homodonttur) (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

2.6. Böcekçiller (Insectivora)

Insektivora olarak da aslandırılan bu takımın, kafatası zayıf gelişmiştir; ağız-burun kısmı öne doğru uzamıştır; orbita (göz yapısının etrafını çevreleyen yapılar) çoğunlukla arkaya doğru açıktır; elmacık yayı körelmiş veya ortadan kalkmıştır. Üyeler çoğunlukla 5 parmaklı nadiren de 4 parmaklıdır. Neredeyse her zaman için sivri olan

öğütücü dişler iki farklı konfigürasyon göstermektedir (Zalambdodonta'da V şeklinde, Insectivora'da ise W şeklinde dizilmiştir) (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

Köpekdişleri (C), kesicilere (I) ya da önazılara=premolarlara (P) benzer (Demirsoy 1996; Yavuz 2014). Öte yandan “Postları çok değişik yapılıdır; çok kısa ve çok sık kıllı olanlardan (köstebek) dikenli yapıda olanlarına (kirpiller ve tenrekler) kadar her çeşidi vardır. Gövde üzerindeki duysal kıllar yaşamları için çok önemlidir. Beyinleri ilkel yapılıdır ve oluklu (sulcuslu) değildir; beyin yarıküreleri hiçbir zaman beyinciği örtmez, koku lobları çok iyi gelişmiştir. Koku alma ve işitme duyuvarı gelişmiş; gözler ise küçülmüş ya da büyük ölçüde körelmiştir. Kulakkepçeleri küçülmüştür” (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

Bir kısmı omnivor olan bu hayvanlar özellikle küçük hayvanları besin olarak tüketmektedirler. Bazı türler toprak altında tüneller oluştururken, diğer bazı türler de sulara yüzerek, ağaçlara tırmanarak yaşamlarını sürdürmektedirler (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

Böcekçillerin; Chiroptera, Dermoptera ve Primata'ya daha yakın akraba olduğu bilinmektedir (Demirsoy 1996; Yavuz 2014). Böcekçillerin en eski fosilleri Kretase katmanlarında yer almaktadır. Deltaherida bu fosillerden en çok dikkat çekenlerindendir. Eosen'de yırtıcı memelilere benzerlik gösteren -kafatası uzunluk ölçüsü 50 cm olan Sarkastodon gibi dev hayvanlar- ortaya çıkmıştır (Demirsoy 1996; Yavuz 2014). Bu canlılar; Avusturalya, Grönland, Antarktika ve Güney Amerika'nın büyük bir kısmı hariç tüm dünyaya yayılmışlardır (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

2.6.1. Erinaceidae Familyası

Ağız ve burun bölgesi uzamış; azı dişleri çıkıntılı olan bu familya üyeleri toprağı kazarak yaşamını sürdürür. Bitkileri de besin olarak tüketen bu hayvanlar bitkileri küçük hayvanlara (böcekler vb omurgasız hayvanlar) ek olarak tüketmektedirler (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

Bazı türlerinde diken yapısı oluşmamakla birlikte vücudun üst ve yan tarafındaki kıllar diken yapısına dönüşmüştür. Familyanın bütün üyeleri karasaldır. Ses çıkarmaktadırlar. Hareketleri çoğunlukla yavaş olmakla birlikte tehlike anında vücutlarının topu andırır bir hale gelmesini sağlarlar (Demirsoy 1996; Yavuz 2014). Palearktık'te, Ön Hindistan ve Afrika'da yaygın oldukları bilinmektedir (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

2.6.2. Erinaceus Cinsi

Kafatası yapısı ile diğer cinslerden kolaylıkla ayrılmaktadırlar. Vücudun alt kısımları, yüz ve ayak bölümleri hariç tüm vücut diken yapısıyla örtülmüştür. Açık renkli dikenlere sahip olan bu cinsin üyelerinin sırt kısmı çikolata rengindedir. Yoğun ağaçlık yerlerden açık alanlara kadar çok çeşitli karsal habitatlarda yaşayan bu hayvanlar yumuşak toprakların olduğu yerlerde bulunabilmektedirler (Demirsoy 1996; Yavuz 2014).

2.6.3. *Erinaceus* Cinsiyle Yürütülen Ağır Metal Biyoizlem Çalışmaları

Böcekçil karasal küçük memeli canlılardan *Erinaceus* cinsine ait türler; ekotoksikoloji çalışmalarında kirlilik etmenlerinin (ağır metal, pestisit, kalıcı organik klorürlü kirleticilerin kalıntıları (POP) vb.) yaban hayatına nasıl yansıdığı ve besin zincirinde biyobirikim yoluyla aktarımının ne ölçüde gerçekleştiği, biyoizlem çalışmalarında kullanılan ekosistem dinamiği ve sürdürülebilirliği hakkında bilgi akışı oluşmasına olanak sağlayan biyoindikatör organizmalardır. Bu bağlamda ele alındığında yapısal ve fonksiyonel olarak ekosistemin önemli birimlerinden birini oluşturmaktadırlar (Alleva vd. 2006; Arıkan vd. 2018; D'Have' vd. 2005; D'Have' vd. 2006a; D'Have' vd. 2006b; D'Have' vd. 2007; Sanchez-Chardi 2007; MacLean vd. 2009; Vermeulen vd. 2009a; Vermeulen vd. 2009b; Rautio vd. 2010; Vermeulen 2010; Yavuz vd. 2019).

D'Have' vd. (2005) Antwerp (Belçika)'daki demir dışı metalürji fabrikasından kaynaklanan metal kirliliğinin araştırılmasıyla ilgili olan çalışmalarında topraktaki metal konsantrasyonları ile memeli dokusundaki ilişkiyi incelemek amacıyla toprakta ve kirpi (*Erinaceus europaeus* L.) türünün dikensi kıllarında Ag (gümüş), Al (alüminyum), Cd (kadmiyum), Co (kobalt), Cr (krom), Cu (bakır), Fe (demir), Mn (mangan), Ni (nikel), Pb (kurşun), Zn (çinko) ve As (arsenik) birikimine bakmışlardır. Yine 1994-1995 yılları arasında Orta İtalya'da Marchenin Urbino-Pesaro bölgesinde Alleva vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada 56 kuş türü ve 11 farklı memeli türünden alınan doku örneklerinde organoklorürlü bileşiklerinin (poliklorlanmış bifeniller ve p, p-) varlığı ve ağır metallerin (Pb, Cd, Cr ve Hg) farklı trofik düzeyler arasındaki ilişkisinin (biyobirikimin) açıklanabilmesi için veriler değerlendirilmiştir. Çalışmada kirpinin (*Erinaceus europaeus*) trofik düzeyler arasındaki (besin zincirindeki) ilişkisi ele alınmış karaciğer ve yağ dokuda organoklorürlü bileşiklerin ve ağır metallerin (Cd, Cr, Pb ve Hg) birikiminin ne ölçüde olduğu değerlendirilmiştir. D'Have' vd. (2006a) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise Belçika'nın kuzey kısmındaki Flanders bölgesinde kirpi (*E. europaeus*) dokularında (kıl, kas, dikensi kıl, karaciğer, böbrek, yağ dokusunda) organoklorürlü kalıcı maddelerinin dağılımı araştırılmıştır. Belçika'nın Antwerp kentinde ve çevresinde D'Have' vd. (2007) tarafından yapılan yine bir başka çalışmada ise Poliklorlu bifeniller (PCB'ler), dikloro-difenil-trikloroetanlar (DDT'ler), heksaklorosikloheksanlar (HCH'ler) ve heksaklorobenzen (HCB'ler) ile kirpilerin (*E. europaeus*) dikensi kıl ve dokuları arasındaki korelasyon incelenmiştir. Antwerp (Belçika)'daki demir dışı metalürji fabrikasına yakın bir bölgede Vermeulen vd. (2009b) tarafından yapılan çalışmada kirpinin (*E. europaeus*) dikensi kıl ve kan dokularında bulunan metaller (Cr, Cd, Zn ve Pb) ile Arsenik (As) konsantrasyonları arasında bir korelasyon olup olmadığı incelenmiştir. Vermeulen vd. (2009b) Belçika'da Antwerpdeki bir sahayı çalışma alanı olarak seçmiş ve yaptığı çalışmada omurgasız canlılar (solucan ve böcekler; ki bunlar, kirpiler için yem olarak kullanılmıştır) ve kirpiler arasındaki biyobirikimin (besin zincirinde) ne ölçüde olduğu (As, Cd, Cu, Pb ve Zn bakımından) incelenmiştir. Daha sonra Finlandiya'da çevresel stres yaratan metallerin (Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, As, Se) kış uykusuna (hibernasyon) yatan kirpilerde (*E. europaeus*) cinsiyet ve yaş gibi parametrelerin de dikkate alınması ile dokularda (böbrek, karaciğer, kıl, omurga) gösterdiği birikim ve konsantrasyonlar Rautio vd. (2010) tarafından araştırılmıştır. Anvers şehrinde (Belçika), Vermuelen vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada toprak solucanı (*Lumbricus rubellus*) (toprak solucanı kirpinin besinin kaynaklarından biridir) ile kirpilerin (*Erinaceus europaeus*)

dikensi kıl ve kan dokusundaki organoklorlu bileşiklerin (poliklorlu bifenillerin (PCB'ler), polibromlu difenil eterlerin (PBDE'ler) ve p, p'-DDT'nin ve en stabil metabolitleri, p, p'-DDE'nin aktarılması ve birikimi araştırılmıştır.

Ülkemizde ise, (Arıkan vd. (2018) tarafından Türkiye'de dört farklı coğrafik alandan toplanan kirpi örnekleri ile yapılan çalışmada iki farklı tür kirpide (*Erinaceus roumanicus* ve *Erinaceus concolor*), yaş ve cinsiyet parametrelerinin de çalışıldığı kalıcı organik klorürlü kirleticilerin kalıntıları (POP), yani poliklorine bifeniller (PCB) ve organik klorlu pestisitler (OCP) (HCH, CHLs, HCCPs, ölçülmüş ve dikofol kongenerleri) kıl ve kas dokularındaki birikimlerini araştırmışlardır. Son olarak (Yavuz vd. 2019) yaptıkları ön çalışmada Akdeniz Bölgesi'nin doğusunda ve batısında yer alan toplam 6 lokaliteden, (*E. europaeus*) örneklerinin dikensi kıllarında As (arsenik), Ba (baryum), Be (berilyum), Cd (kadmiyum), Co (kobalt), Cr (krom), Cs (sezyum), Cu (bakır), Mn (mangan), Ga (galyum), Li (lityum), Se (selenyum), Sr (stronsiyum), Zn (çinko) ağır metallerin birikim değerleri araştırılmıştır. Araştırmacılar bu çalışmada *E. concolor* olarak yazılması gereken türü sinonimi *E. europaeus* olarak değerlendirmişlerdir. Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda dokuda farklı kirletici etmenlerin (ağır metal, organoklorürlü bileşikler, pestisitler vb.) birikim miktarlarının araştırılmasında kullanılan kirpi türleri ile ilgili (*Erinaceus europaeus*, *Erinaceus roumanicus* ve *Erinaceus concolor*) doğal yaşam ortamında ölü olarak bulunduğu için çalışmalarda kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde yaban hayatında ağır metal kirliliği çalışmalarında üç kirpi türünün besin zincirindeki konumu ve farklı habitatlarda yayılım göstermeleri (*Erinaceus europaeus*, *Erinaceus roumanicus* ve *Erinaceus concolor*) nedeniyle ekosistemdeki değişimlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde önemli oldukları, bunlara ait doku örneklerinin (kan, kıl, dikensi kıl, böbrek, karaciğer, yağ dokusu, kas) ekotoksikoloji çalışmalarında önemli olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında Akdeniz Bölgesi'nde farklı kirlilik potansiyellerine sahip lokalitelerde yaşayan *Erinaceus concolor* örneklerindeki ağır metal birikimi seviyeleri girişimsel olmayan yöntemlerle belirlenmiştir.

Bu çalışmada ek olarak kirpilerin (*Erinaceus concolor*) aktif olduğu ilkbahar ve yaz mevsimlerinde nasıl bir dağılım gösterdiği; kirpilerdeki dikensi kıllardan alınan örnekler ile de ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Diğer bir parametre olarak cinsiyet ve yaş gruplarına bağlı olarak ağır metal birikiminin dağılımı araştırılmıştır. Bu çalışmaların tamamı *Erinaceus concolor* türü üzerinde çalışılan kapsam (Akdeniz Bölgesi kapsamında çok sayıda örnek ile, geniş bir örneklem alanında ve çok sayıda lokalitede) ve uygulanan girişimsel olmayan yöntem ülkemizde ilk defa gerçekleştirilmiştir. Biyoindikatör canlılar; yaban hayatında doğal ve/veya insan kaynaklı (antropojenik) kirlilik etmenlerinin doğal ekosistem üzerinde ne gibi etki(ler) oluşturduğu/oluşturabileceği, bunların ne ölçüde meydana geldiği ve ilerleyen süreçte ortaya çıkabilecek öngörülmesine olanak sağlamaktadırlar. Biyoindikatör canlılar ile yapılan çalışmalarda girişimsel olmayan yöntemlerin kullanılması bazı avantajları da beraberinde getirmektedir. Yaban hayatında etkileşim halinde olan canlı popülasyonların dinamiğinin korunabilmesi, yapılacak istatistiksel çalışmalarda anlamlı veri setlerinin oluşturulması için yeterli sayıda örneklem toplanması ve numunelerin elde edilmesine olanak sağlaması, koruma altında ya da nesli tükenmekte olan canlılar

ile çalışma imkânı vermektedir. Bu tez çalışması ile kirpi (*E. concolor*) populasyonlarının ekosistemdeki ağır metal kirliliği etkileri ile ilgili elde edilen veriler ekotoksikoloji çalışmalarında önemli bir veri tabanı oluşturabilecektir.



3. MATERYAL VE METOD

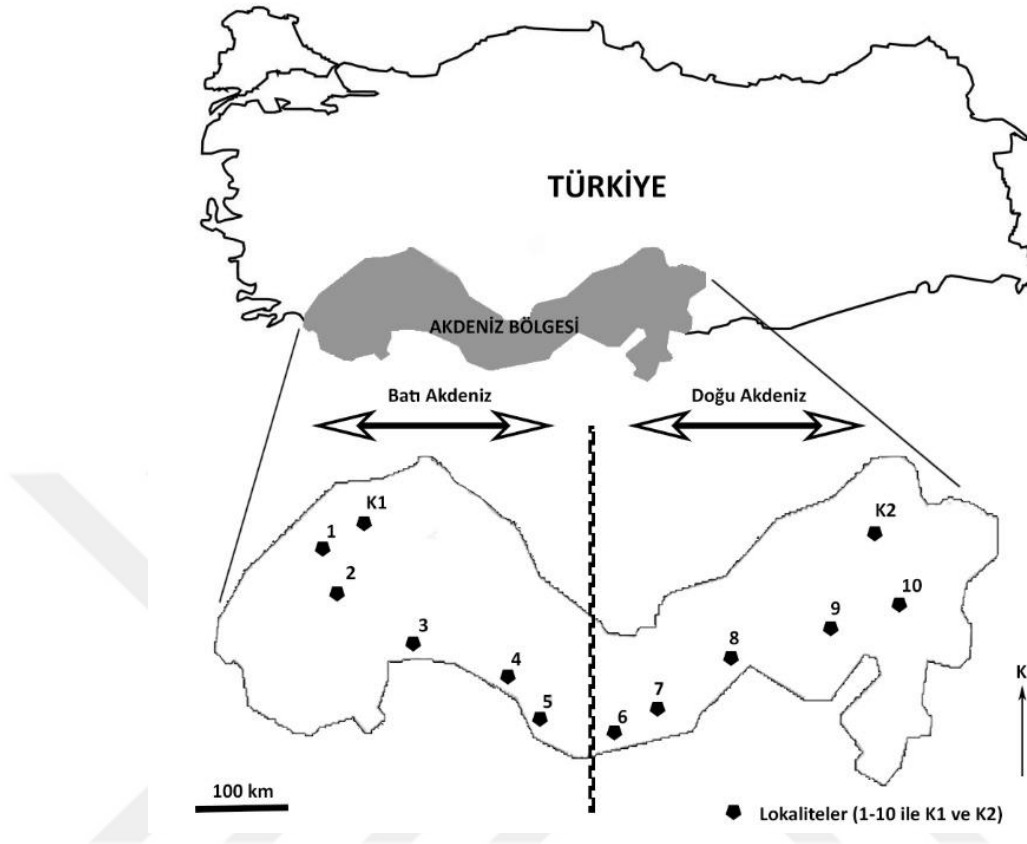
Bu tez çalışmasında, Akdeniz Bölgesi'nden Kontrol bölgeleri de dahil olmak üzere 12 farklı lokaliteden (bu 12 lokaliteden ikisi Kontrol lokalitesi olarak seçilmiştir) *Erinaceus concolor* türünün dikensi kıl örnekleri alınmış ve lokalitelere bağlı olarak bu örneklerdeki ağır metal birikim seviyeleri tespit edilmiştir. Örneklerin alınması amacıyla yürütülen arazi çalışmaları 2020-2021 yılları arasında; ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yürütülmüştür. Batı Akdeniz Bölgesi'nden biri kontrol grubu olmak üzere 6 farklı lokaliteden 8'er örnek; Doğu Akdeniz Bölgesi'nden biri kontrol grubu olmak üzere 6 farklı lokaliteden 8'er örnek olmak üzere toplamda 96 örnek alınmıştır. Yakalanan kirpilerin dorsal bölgelerinden (en az beş farklı kısımdan) dikensi kıl örnekleri titanyum (paslanmaya ve aşınmaya karşı daha dirençli olması nedeni ile) alaşımlı makas kullanılarak alınmıştır. Örnekler farklı kirlilik kaynaklarına yakın lokalitelerden alınmıştır. Kontrol 1-2 lokaliteleri diğer lokalitelere göre kirletici maruziyetine en uzak bölgelerdir. Bu lokalitelerin yakın olduğu kirlilik kaynaklarına yakınlığı şu şekildedir:

Lok 1, meyve bahçelerine yakın, sanayi bölgelerinden uzaktır. Lok 2, tarımsal faaliyete yakın olmakla birlikte maden ocaklarına yakındır. Lok 3-8, kıyı şeridinde yakın kesimlerdir. Bu nedenle de kıyıdan ve evsel kaynaklı kirliliğe maruz kalmaktadırlar. Lok 9, organize sanayi bölgesine ve tarımsal faaliyetlere yakındır. Lok 10, organize sanayi bölgesine yakındır. Kontrol 1 ve Kontrol 2 lokaliteleri ise insan yerleşiminden, tarım alanlarından ve madencilik faaliyetlerinden uzaktır. Ağır metal maruziyeti açısından en az etki altında olan lokaliteler bu lokalitelerdir. Bu bölgelerden alınan bireyler bu nedenle kontrol grubunda incelenmiştir. Farklı lokalitelerden alınan örnek ve toplam örnek sayıları aşağıdaki çizelgede (Çizelge 3.1) verildiği gibidir.

Çizelge 3.1. Lokalitelerin alt gruplarından alınan örneklem büyüklükleri ve toplam örnek sayıları

No	Lokalite	Genç	Yetişkin	Toplam	Dişi	Erkek	Toplam
1	Kontrol 1	4	4	8	4	4	8
2	Kontrol 2	4	4	8	4	4	8
3	Lok 1	4	4	8	4	4	8
4	Lok 2	4	4	8	4	4	8
5	Lok 3	4	4	8	4	4	8
6	Lok 4	4	4	8	4	4	8
7	Lok 5	4	4	8	4	4	8
8	Lok 6	4	4	8	4	4	8
9	Lok 7	4	4	8	4	4	8
10	Lok 8	4	4	8	4	4	8
11	Lok 9	4	4	8	4	4	8
12	Lok 10	4	4	8	4	4	8

Alınan dikensi kıllarda meydana gelen ağır metal birikimleri ICP-MS cihazı kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 3.1. *E. concolor* türünden alınan dikensi kıl örneklerinin alındığı lokalitelerin konumu (temiz olan KONTROL lokaliteleri K1 ve K2 olarak işaretlenmiştir)

Çalışmada alanında yukarıda belirtilen (Şekil 3.1) lokalitelerden yakalanan 96 farklı kirpi bireyinde tür teşhisi yapılmış, yaş grupları (46 genç, 50 yetişkin) ve cinsiyetleri (48 dişi, 48 erkek) belirlenmiştir. Yaş grupları oluşturulurken; boyut olarak küçük olmaları ve düşük ağırlıklı olmaları (500-650 gr) en önemli ayıracıdır. Küçük boyutlu ve düşük ağırlıklı, meme uçları da pembemsi küçük bireyler genç dişiler olarak gruplanırken, meme bulundurmayan ve prepisyumu (penis koruyucu deri) oldukça ince hatta belirsiz bireyler genç erkek olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca genç bireylerin post rengi genel olarak daha açık renklidir. Cinsiyetler belirlenirken, örneklerin ventralinde meme uçları varsa doğrudan dişi olarak, prepisyum varsa erkek olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca dişilerde genital açıklık ile anüs birbirine çok yakın iken, erkelerde penis açıklığı oldukça uzaktır. Tüm bireyler canlı olarak yakalanmıştır. Canlı yakalanan bireylerden numuneler alındıktan sonra yakala-bırak yöntemine uygun olarak yine aynı bölgede serbest bırakılmışlardır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yakalanan ve serbest bırakılan örneklere ait bazı fotoğraflar (a: lokalite 6 ve b: lokalite 1'den yakalanan örneklerden birer tanesi)

Yakalanan örneklerden elde edilen veriler; tarih, çalışma bölgesi, yükseklik, arazi koordinatı, habitat özelliği, havanın durumu (rüzgar, yağış, hava sıcaklığı vb.), hangi kirletici kaynaklarına yakın olduğu, arazi çalışma defterine not edilmiştir. Titanyum alaşımlı paslanmaz çelik bir makasla kesilen dikensi kıl numuneleri çıtçıtlı poşete konulmuş; üzerine türü, cinsiyeti ve yaş grubu yazılarak paketlenmiştir. İstatistiksel olarak daha anlamlı bir dağılımın oluşabilmesi amacıyla bir bireyden dorsal bölgede en az beş farklı kısımdan, en az üç tane dikensi kılın (toplam en az 15 adet) non-invazif yöntemle alınması sağlanmıştır. Alınan numuneler soğutucu içinde saklanarak laboratuvar ortamına götürülmüştür.

Laboratuvara getirilen numuneler dış ortamdan kaynaklanabilecek metal kontaminasyonunun önlenmesi amacıyla polipropilen tüplere aktarılmıştır. Yıkama işleminde; numune ve asetonu içeren polipropilen tüplerde çalkalayıcı bir plaka üzerinde 5 dakika çalkalanarak, ardından üç kere saf su ile durulama işlemi gerçekleştirilmiştir (Vermeulen vd. 2009a).

Numuneler 105°C'de sabit bir ağırlık elde edilinceye kadar etüvde bekletilmiştir. Bu aşamadan sonra hava neminin numuneler tarafından tekrar alınmasının engellenebilmesi amacıyla desikatörde bekletilerek soğuması sağlanmıştır. Hassas terazide 0,01 ile 0,05 g arasında numune tartılmıştır. Mikrodalga'nın teflon numune kapları içerisinde, tartılan dikensi kıl örnekleri konularak, üzerine Suprapure® (süper saf)

sınıfta yer alan HNO_3 8 ml %65'lik ve 2 ml %30'luk H_2O_2 karışımı eklenmiş, akabinde bu kaplar ağzı açık bir şekilde en az 20 dakika bekletilmiştir (Turna Demir 2018). Bu işlemten sonra mikro dalгада numuneler yaklaşık 1 saat çözünürleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Bütün çözeltiler, Millipore® ultra saf su arıtma sisteminden kullanılan 18.2 MΩ deiyonize su ile hazırlanmıştır (Bedford, ABD). Numuneler için Waring karıştırıcı (Model 38BL41, Waring Commercial, ABD) cihazı kullanılarak homojenleştirme amacıyla harmanlama işlemi yapılmıştır. Numunenin çözünürleştirilmesi için PTFE kaplarla donatılmış bir mikrodalga fırın, Milestone Speeswave® dört mikrodalga, basınç (Pressure) ve çözünürleştirme sistemi (Italy) kullanılmıştır.

Mikrodalгада numunelerin parçalanması işlemi bittikten sonra fırından çıkarılan numune kapları oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra polipropilen balon jojelere alınarak ultra saf su yardımıyla analiz için uygun bir hacme seyreltilmiştir. Numuneler analiz öncesine kadar polipropilen falkon tüplerinde +4 °C'de bekletilmiştir. Kontrol amacıyla, aynı işlemler, aynı koşullarda bir de kör numune için gerçekleştirilmiştir. Kör numune için aynı işlemler, numune eklenmeden, aynı mikrodalga programı ve doku örneğine eklenen miktarda HNO_3 ve H_2O_2 karışımı ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen numunelerden yapılan analizlerin sonuçları; ağır metal birikiminin dağılımı ve konsantrasyonları (ppm düzeyinde) arasındaki ilişkinin ve farklarının kontrol bölgesi dikkate alınarak istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmada hayvan örnekleri, doku ve kısımlarıyla çalışılmış olmasından dolayı (her ne kadar hayvana herhangi bir zarar verilmemiş olmasın rağmen), "hayvan deneyleri yerel etik kurulundan gerekli izinler" alınmıştır.

İstatistiksel analiz ve verilerin değerlendirilmesinde, çizelgelerde ortalamalar $\bar{X}$, standart hata Se ile birlikte $\bar{X} \pm Se$ şeklinde verilmiştir. İstatistiksel analizlerde hata olasılıkları (p) tam olarak verilmiş olup, çoklu karşılaştırma analizlerinde (Multiple Comparison Tests=MCT) benzer ve farklı gruplar analiz edilmiştir. Buna göre benzer olan gruplar aynı harfle, farklı olanlar ise farklı harflerle işaretlenmiştir.

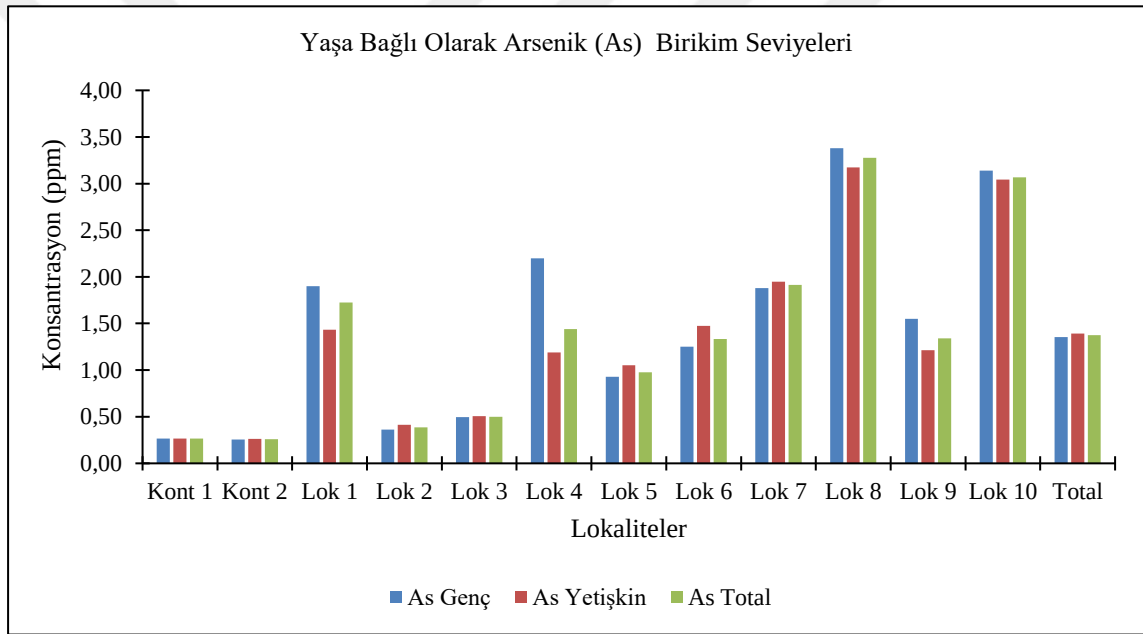
Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi amacıyla bireyler: genç ve yetişkin, dişi ve erkek olmak üzere alt gruplara ayrılmıştır. Alt gruba ayrılan bireyler üzerinde her bir lokalite için 16 farklı ağır metalin analizi yapılmıştır. Alt grupların ağır metal birikimi bakımından farklılık gösterip göstermediğini belirleyebilmek amacıyla; T-testi (genç-yetişkin, dişi-erkek gibi iki grubun karşılaştırılmasında) ANOVA (lokalitelerin karşılaştırılmasında) ve Canonical Diskriminant Analizi testleri (total ağır metal birikimleri bakımından lokalitelerin karşılaştırılmasında) yapılmıştır. Ayrıca çizelgelerde ve grafiklerde verilerin gösterimi sırasında her grubun ortalama değerleri (yaş ve cinsiyete göre tüm lokalitelerdeki ortalama birikim değerleri, ya da tüm yaş ve cinsiyetler gruplarının ortalama birikim değerleri) "total" olarak değerlendirilmiştir. Örneğin; genç bireyler bazında her lokalite için, ilgili ağır metalin ayrı ayrı ortalama değerlerinin verilmesinin yanında; yine aynı genç birey grubunun tüm lokaliteler için ilgili ağır metal birikimi bakımından, ortalama birikim değerleri "total" olarak adlandırılmıştır.

4. BULGULAR

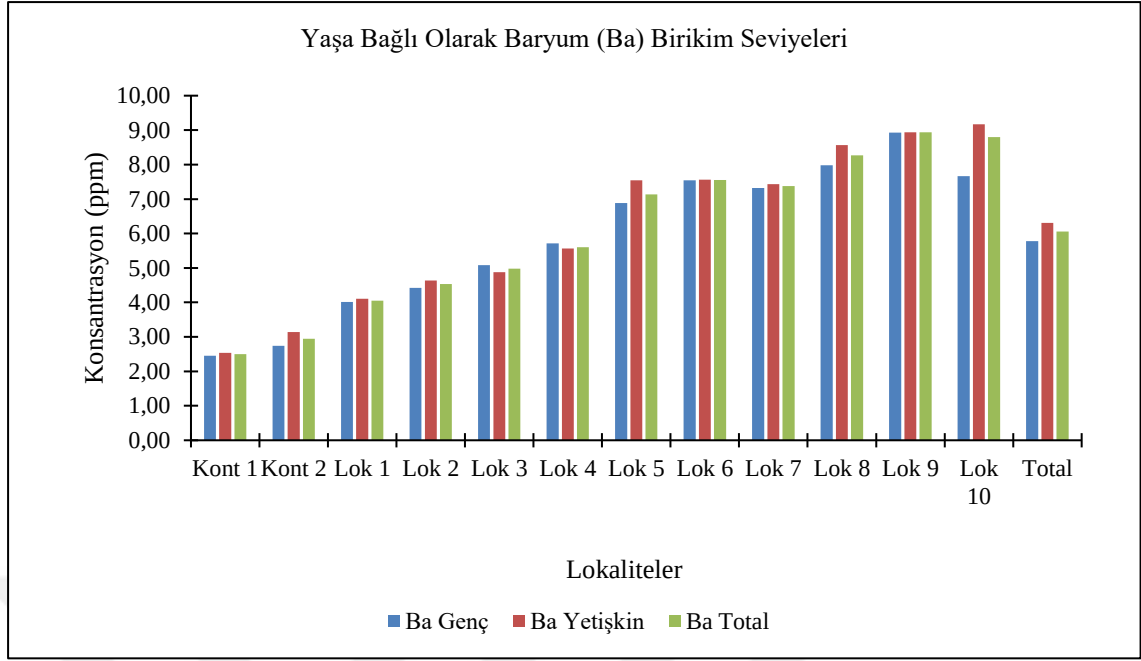
Bu yüksek lisans çalışması için, Akdeniz Bölgesi'nden 12 farklı lokaliteden örnekler alınmıştır. Batı Akdeniz Bölgesi'nden biri kontrol grubu olmak üzere 6 farklı lokaliteden 8'er örnek alınmıştır. Doğu Akdeniz Bölgesi'nden de biri kontrol grubu olmak üzere 6 farklı lokaliteden 8'er örnek alınmıştır.

Farklı lokalitelerden alınan 96 örnek ile 16 farklı ağır metalin birikim seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve tablo haline getirilmiştir. Bireylerin yaş ve cinsiyetine bağlı olarak her bir lokalite için ayrı tablolar oluşturulmuştur. Tablolardaki veriler grafikleştirilerek; yaşa ve cinsiyete bağlı olarak elde edilen veriler istatistiksel olarak aşağıda sırasıyla verilmiştir.

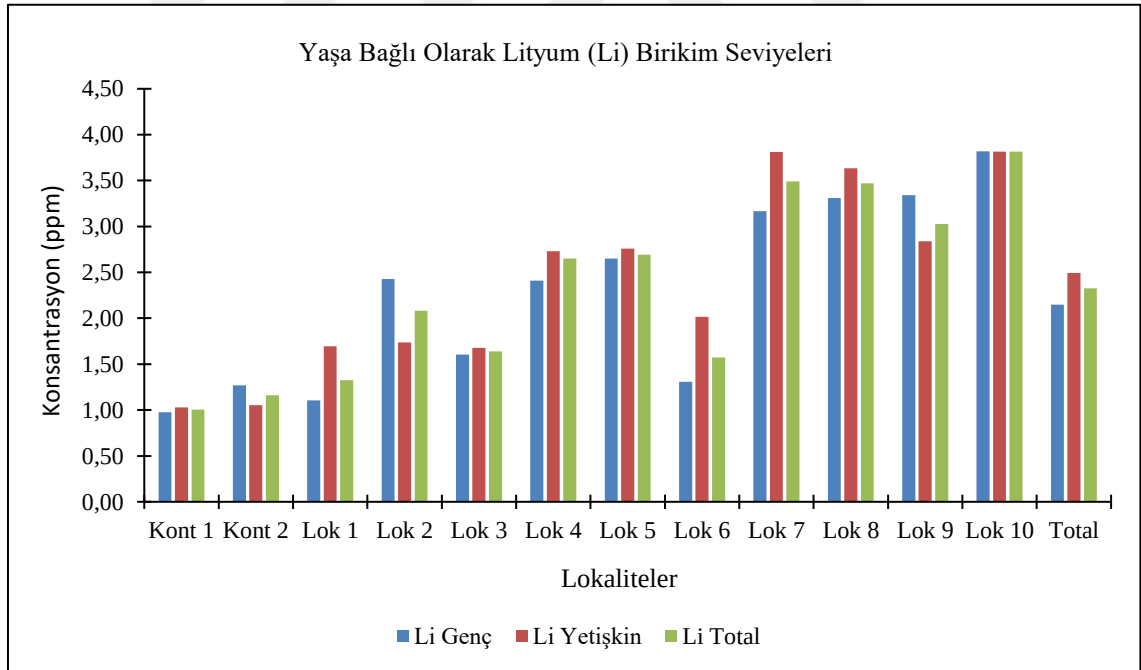
Yaşa bağlı olarak ağır metal birikimleri açısından oluşturulan grafikler (Şekil 4.1-16) aşağıda verilmiştir:



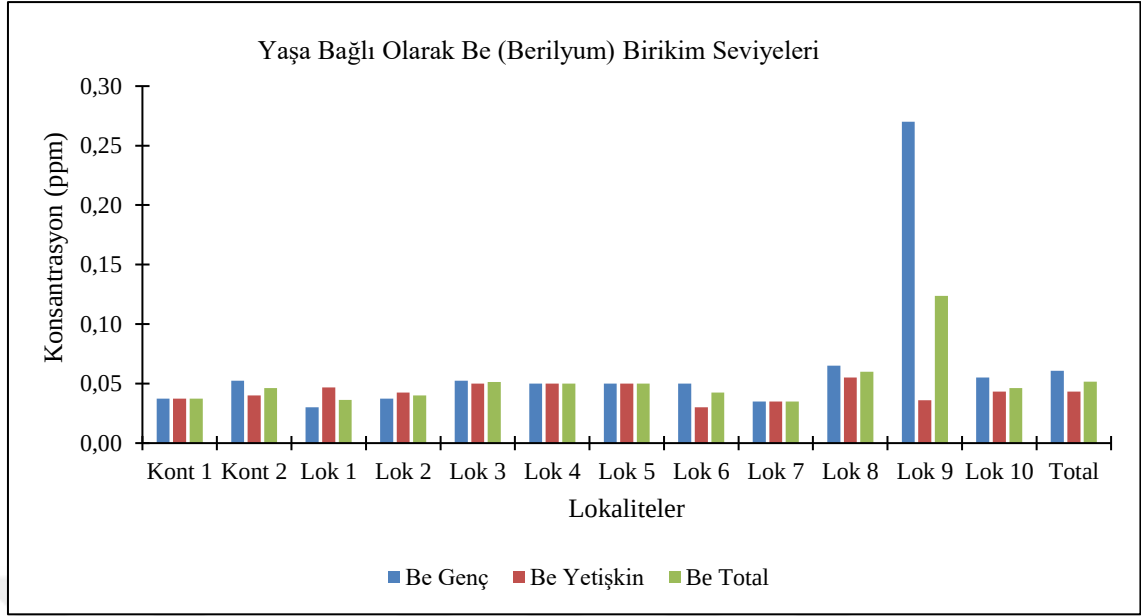
Şekil 4.1. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen arsenik (As) birikim seviyeleri



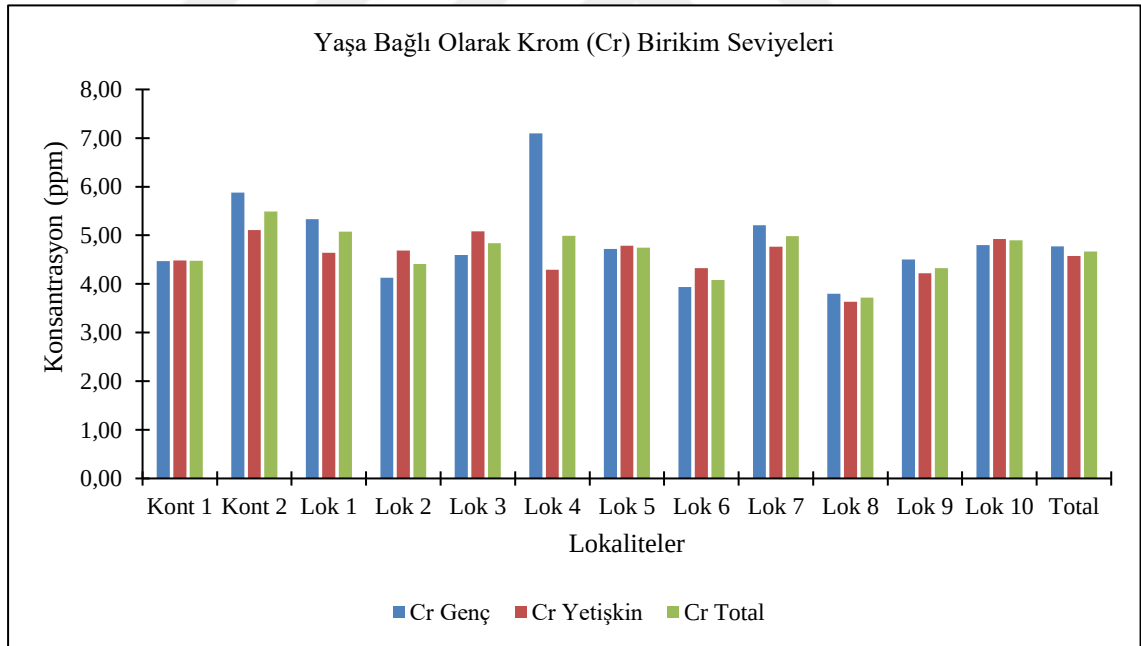
Şekil 4.2. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen baryum (Ba) birikim seviyeleri



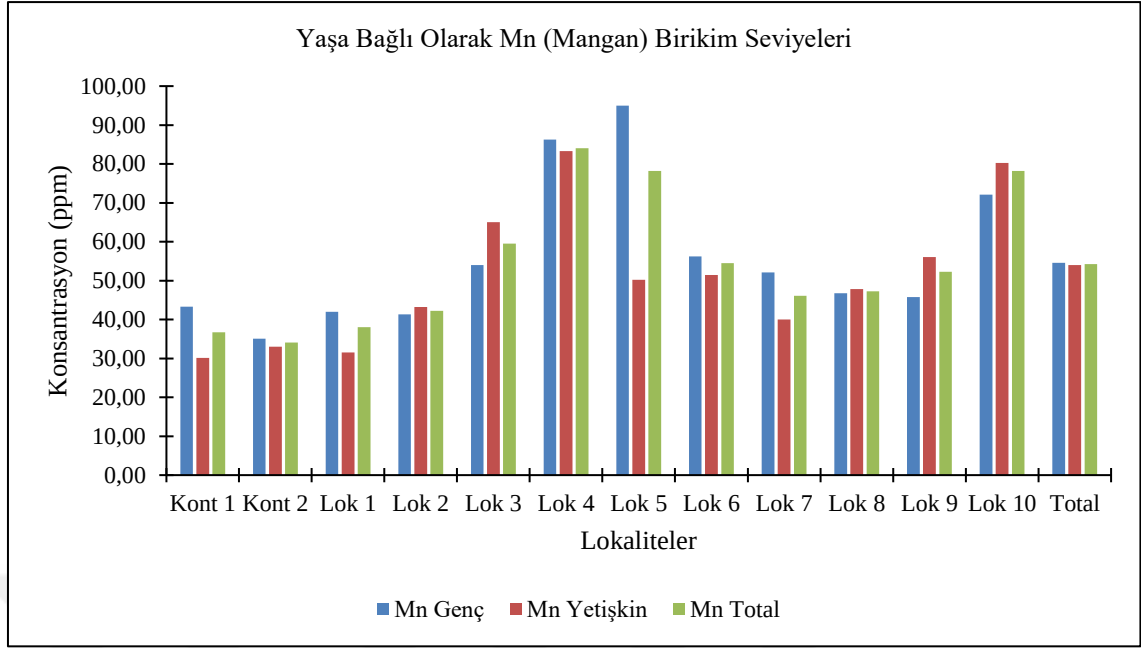
Şekil 4.3. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen lityum (Li) birikim seviyeleri



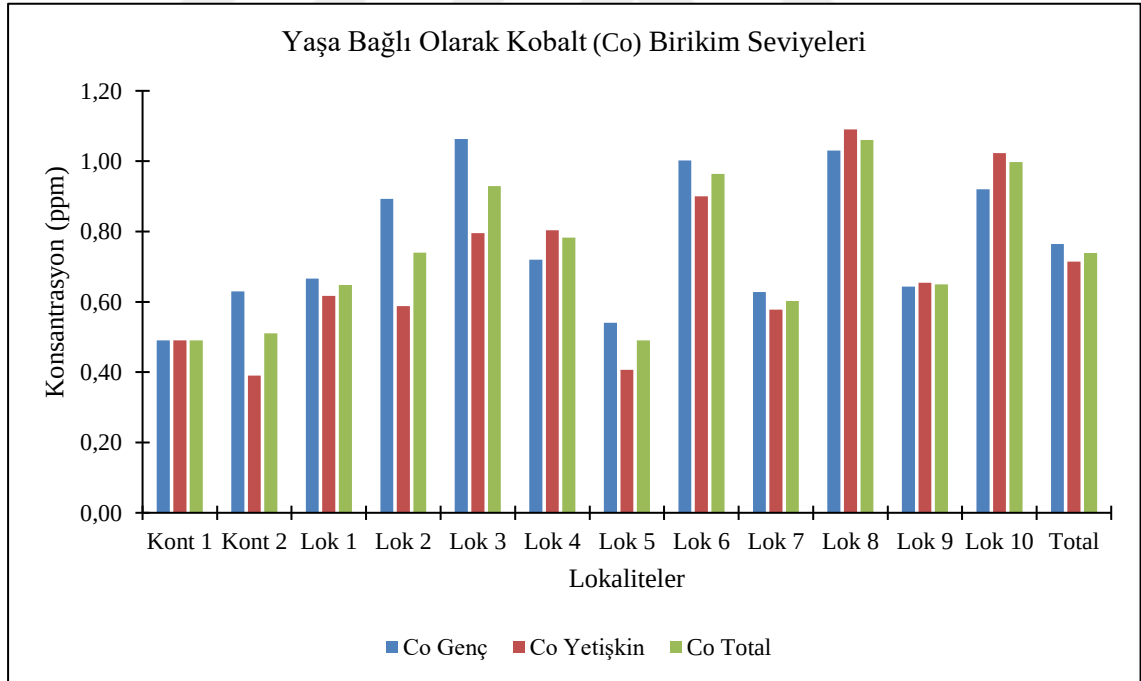
Şekil 4.4. Farklı lokalitelerdeki yaş bağı olarak elde edilen berilyum (Be) birikim seviyeleri



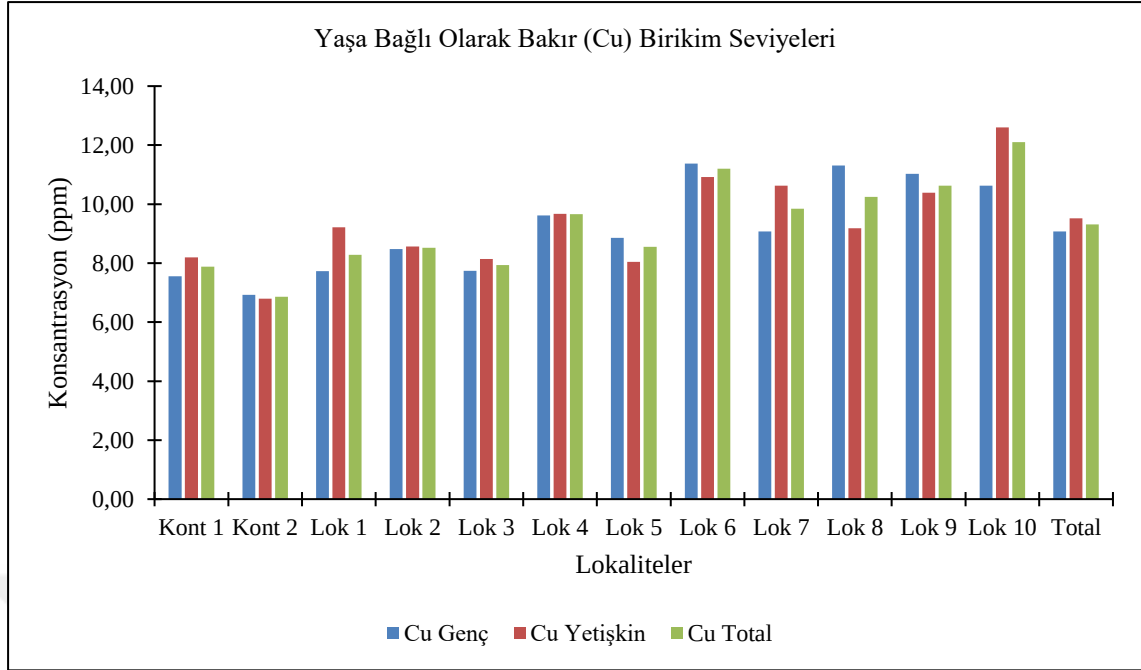
Şekil 4.5. Farklı lokalitelerdeki yaş bağı olarak elde edilen krom (Cr) birikim seviyeleri



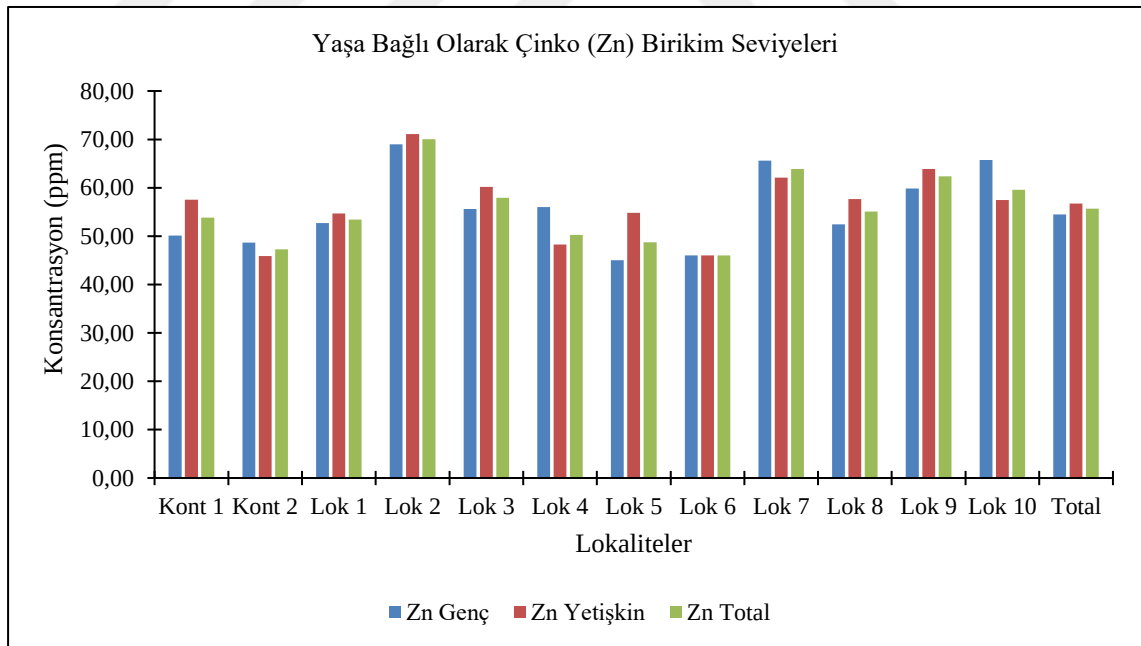
Şekil 4.6. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen mangan (Mn) birikim seviyeleri



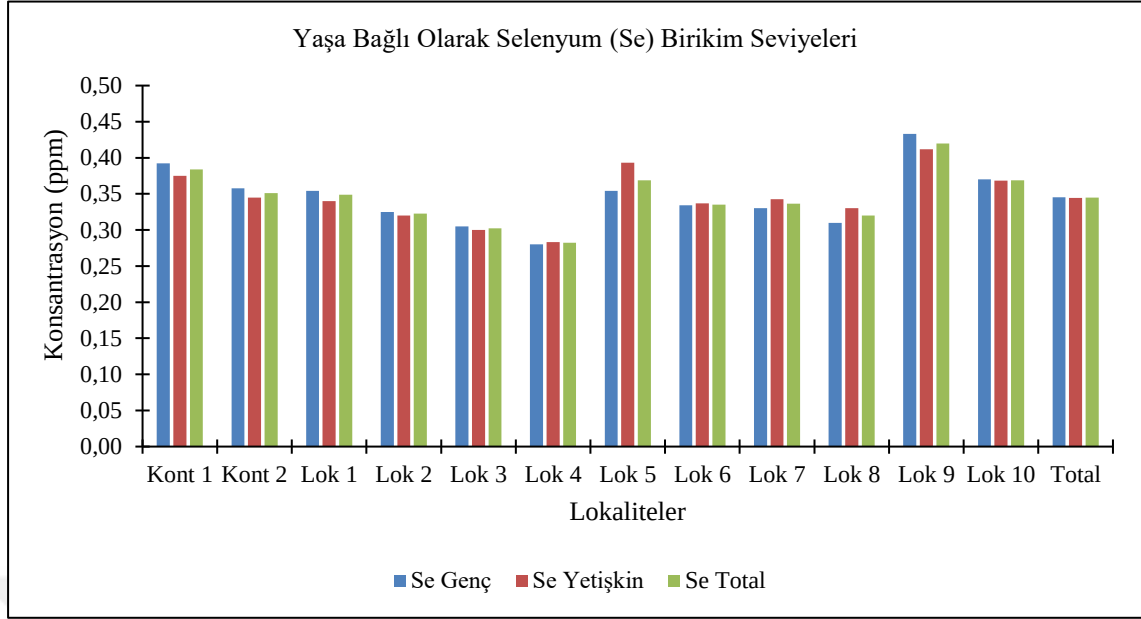
Şekil 4.7. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen kobalt (Co) birikim seviyeleri



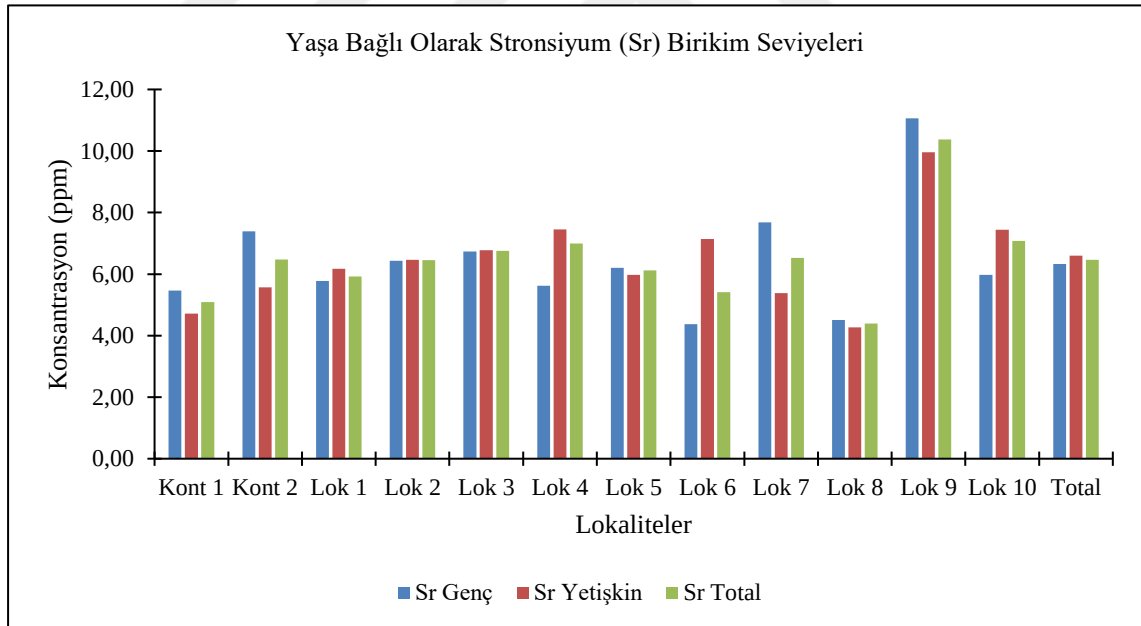
Şekil 4.8. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen bakır (Cu) birikim seviyeleri



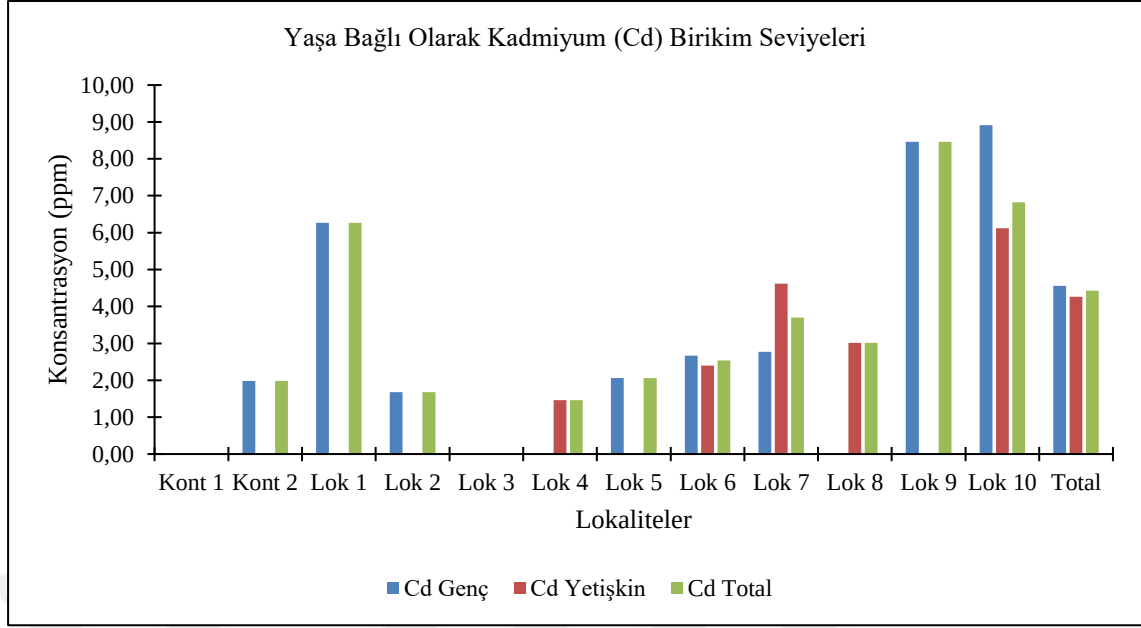
Şekil 4.9. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen çinko (Zn) birikim seviyeleri



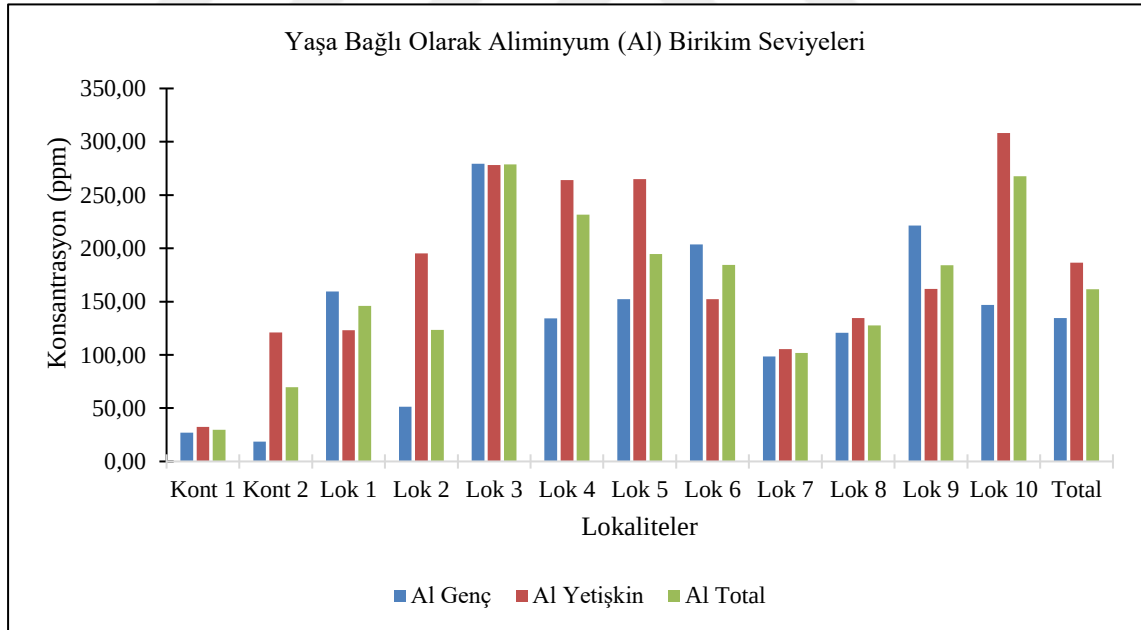
Şekil 4.10. Farklı lokalitelerdeki yaş'a bağlı olarak elde edilen selenyum (Se) birikim seviyeleri



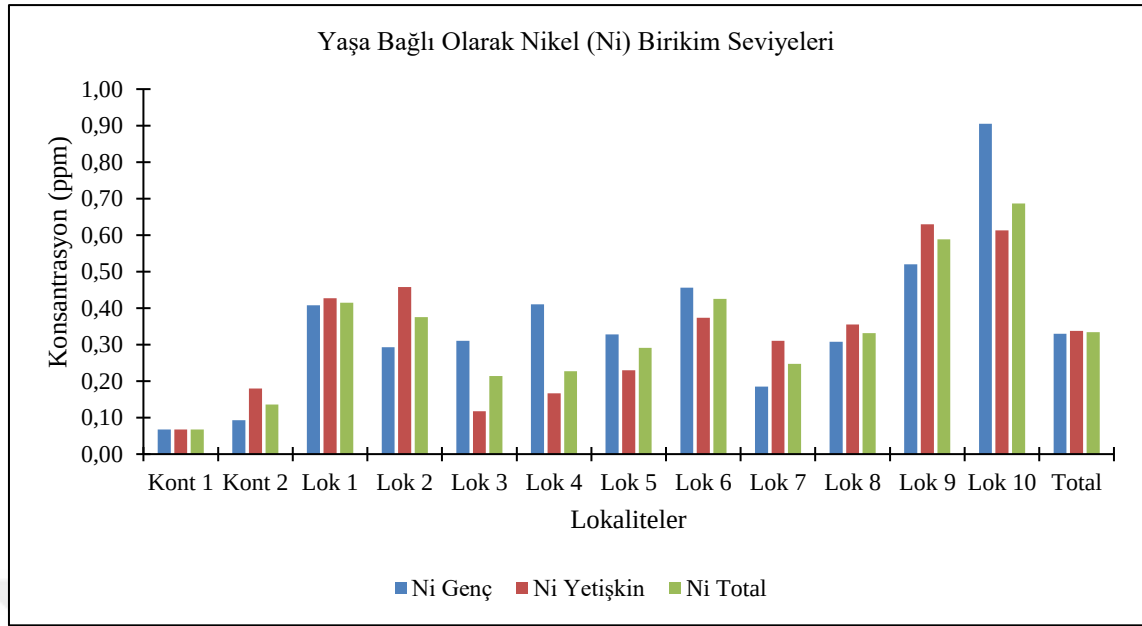
Şekil 4.11. Farklı lokalitelerdeki yaş'a bağlı olarak elde edilen stronsiyum (Sr) birikim seviyeleri



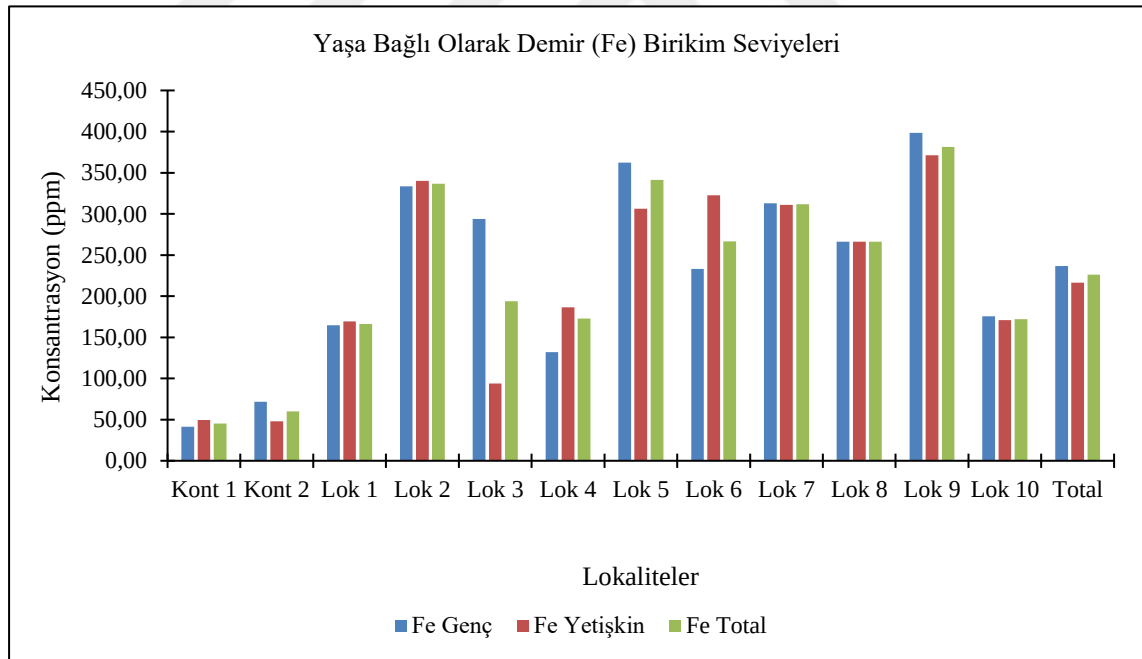
Şekil 4.12. Farklı lokalitelerdeki yaş'a bağlı olarak elde edilen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri



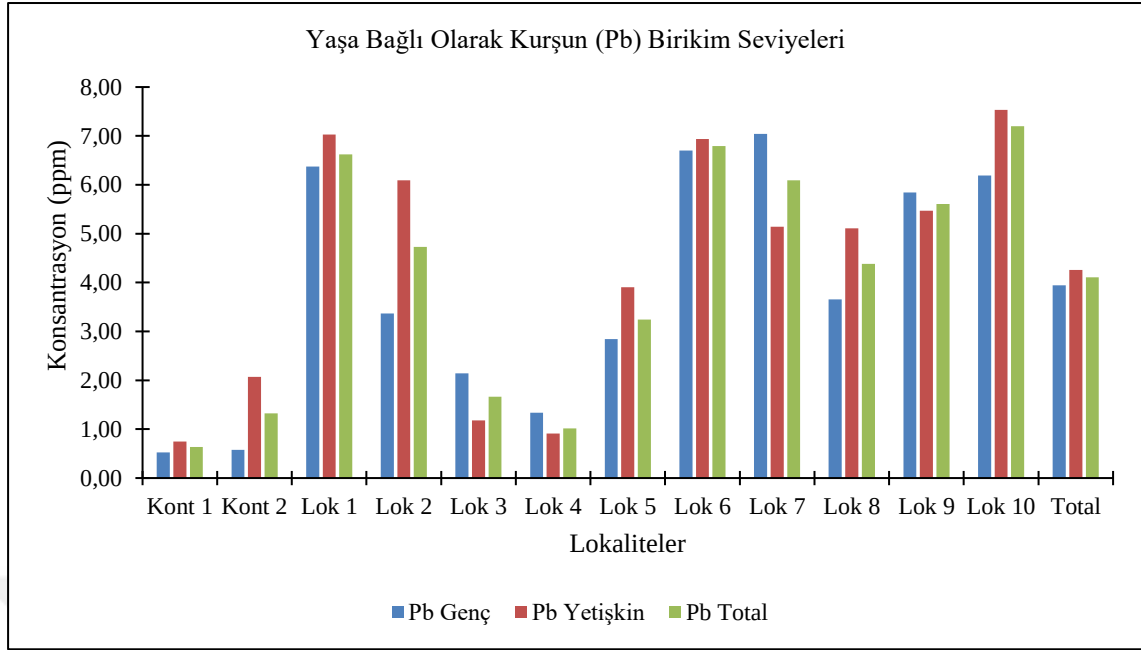
Şekil 4.13. Farklı lokalitelerdeki yaş'a bağlı olarak elde edilen alüminyum (Al) birikim seviyeleri



Şekil 4.14. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen nikel (Ni) birikim seviyeleri



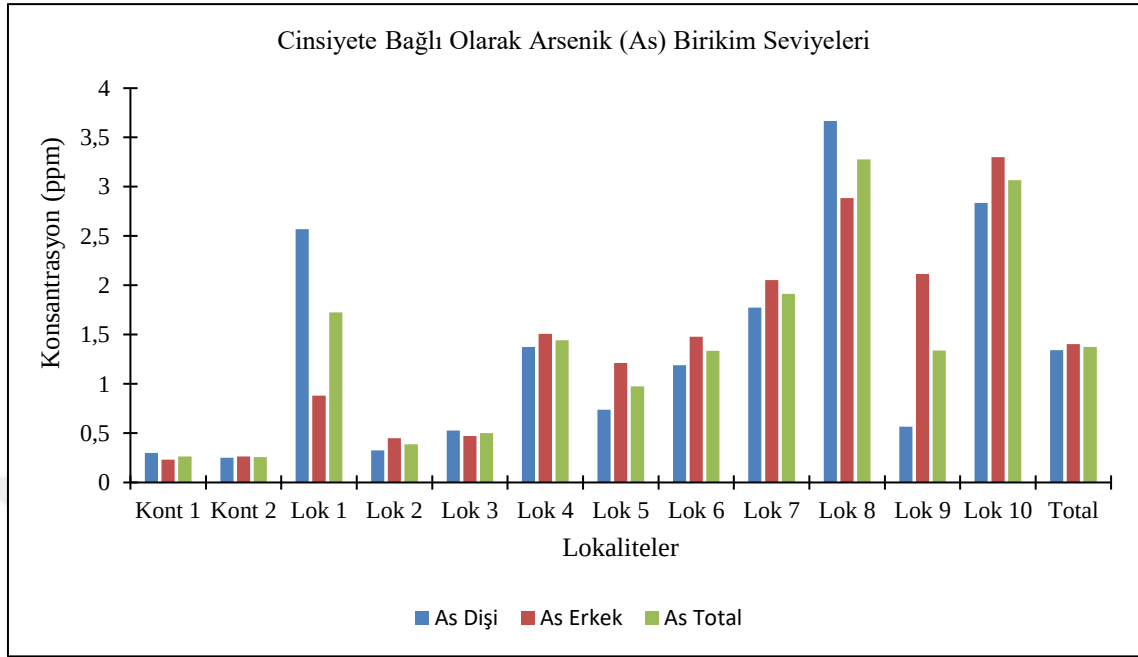
Şekil 4.15. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen demir (Fe) birikim seviyeleri



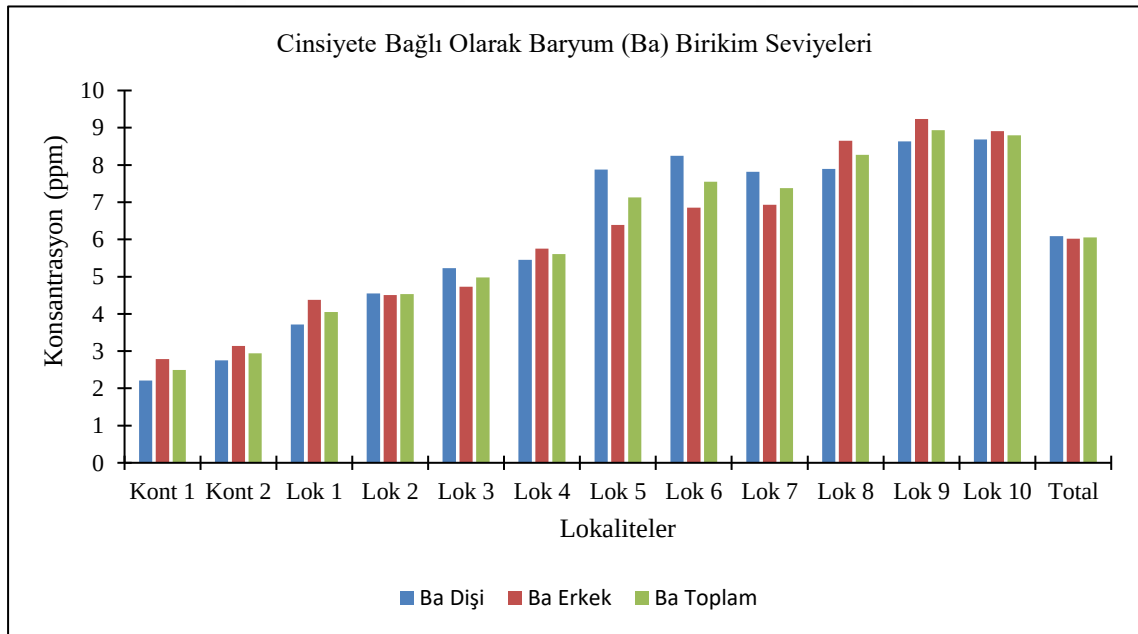
Şekil 4.16. Farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen kurşun (Pb) birikim seviyeleri

Organize sanayi bölgesine yakın olduğu bilinen Lok 9-10 genel olarak en yoğun birikimin görüldüğü yerlerdir. As, Ba, Co, Cu metalleri için birikimin yoğun görüldüğü ortak lokalite, kıyı şeridinde yer aldığı bilinen Lok 8'dir. Diğer taraftan Co elementi için Lok 2-3-6-8-10 birikimin yoğun olduğu yerlerdir. Bu lokaliteler Lok 2 hariç kıyı şeridinde yer almaktadır. Lok 2 ise maden ve tarım alanlarına yakındır. Kontrol 1 ve Kontrol 2 en az birikimin görüldüğü lokalitelerdir. Bu lokaliteler maden alanlarına, tarım alanlarına ve organize sanayi bölgelerine uzak olan yerlerdir.

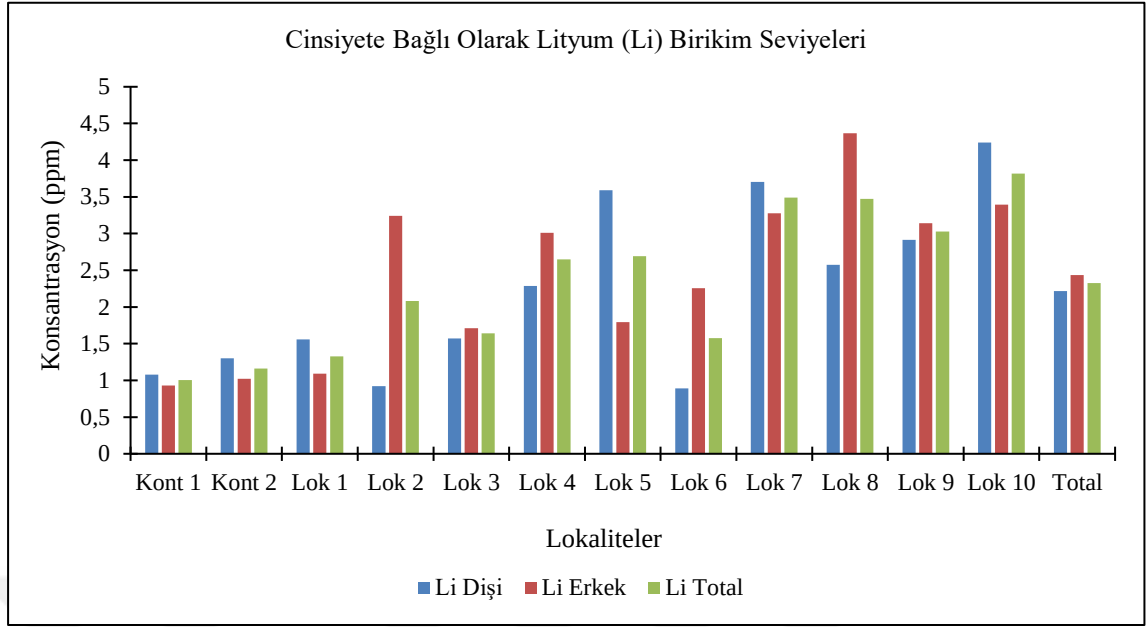
Cinseyete bağılı olarak ağırmetal birikimleri açısından lokalitelere göre dağılımı gösteren grafikler (Şekil 4.1-32) ise:



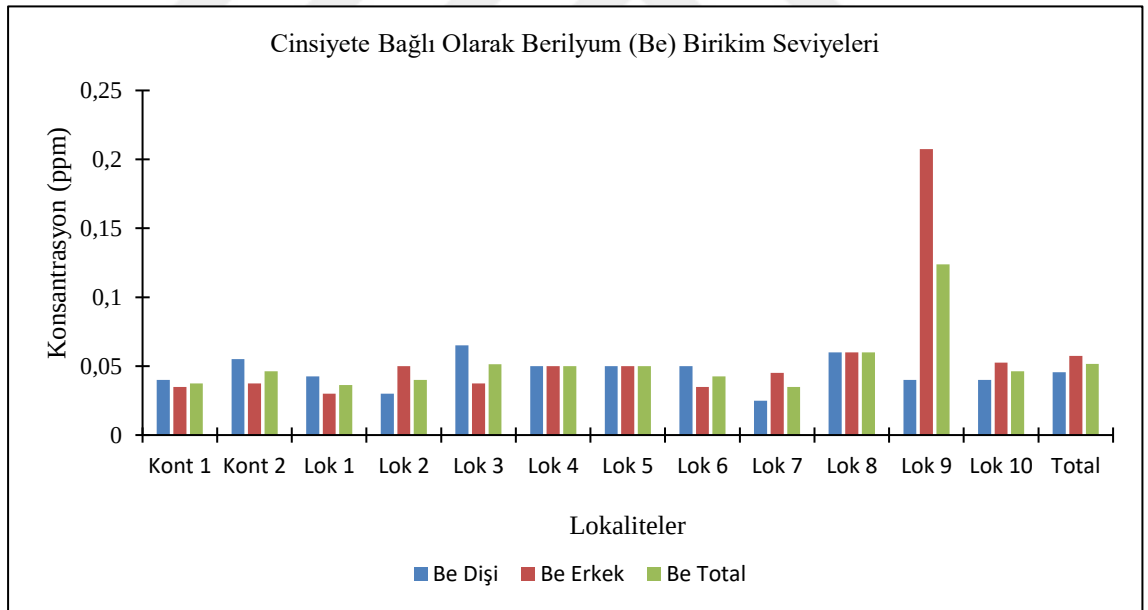
Şekil 4.17. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağılı olarak elde edilen arsenik (As) birikim seviyeleri



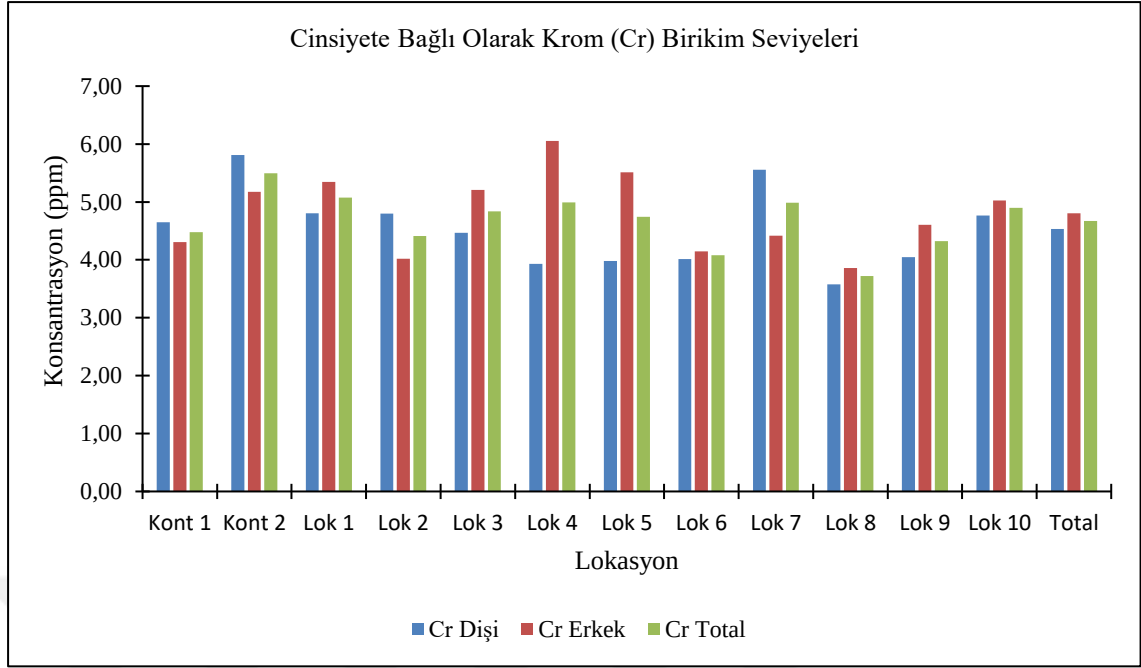
Şekil 4.18. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağılı olarak elde edilen baryum (Ba) birikim seviyeleri



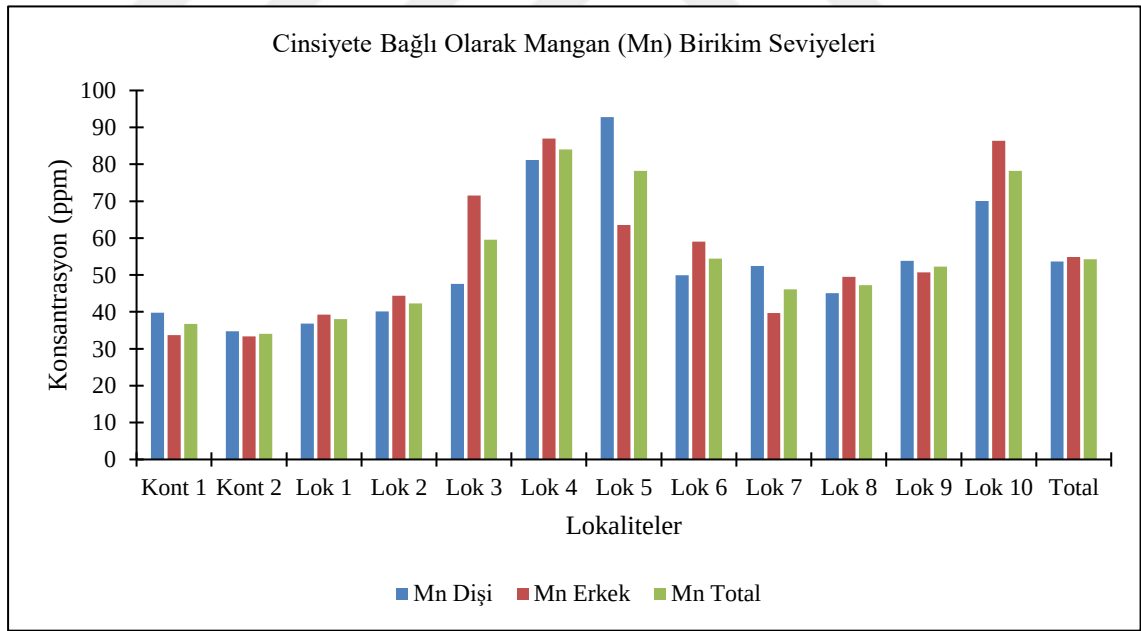
Şekil 4.19. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen lityum (Li) birikim seviyeleri



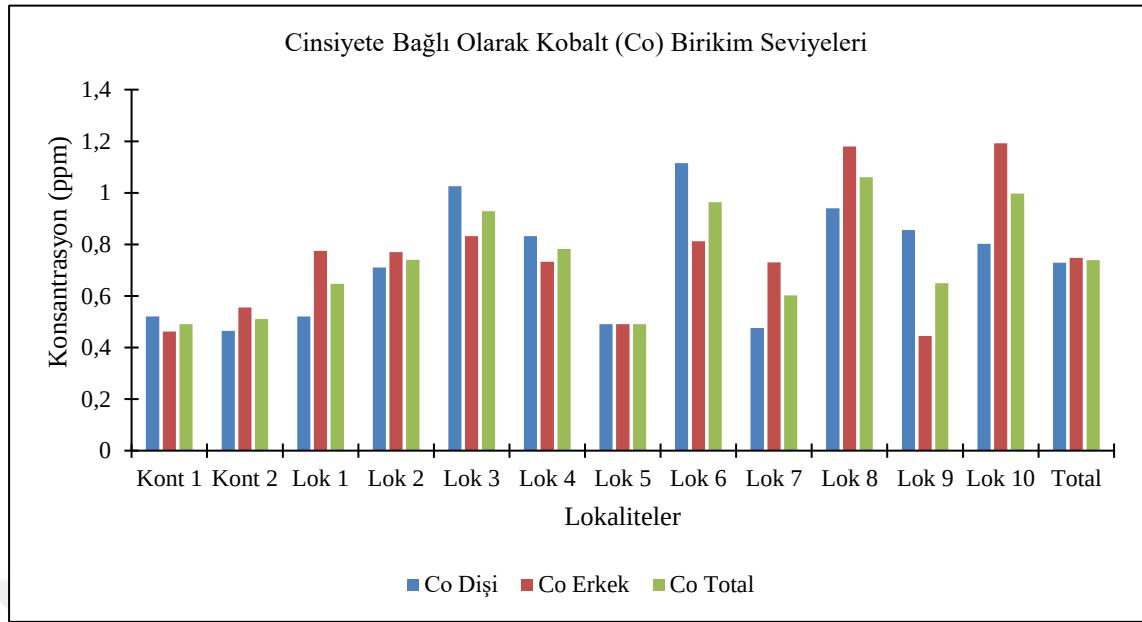
Şekil 4.20. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen berilyum (Be) birikim seviyeleri



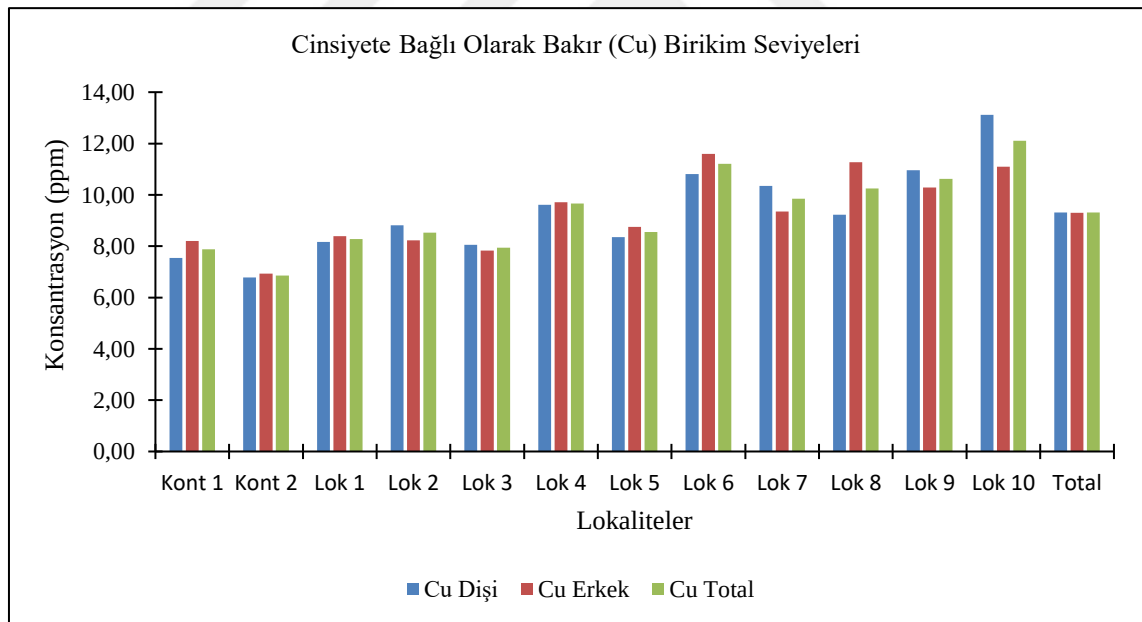
Şekil 4.21. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen krom (Cr) birikim seviyeleri



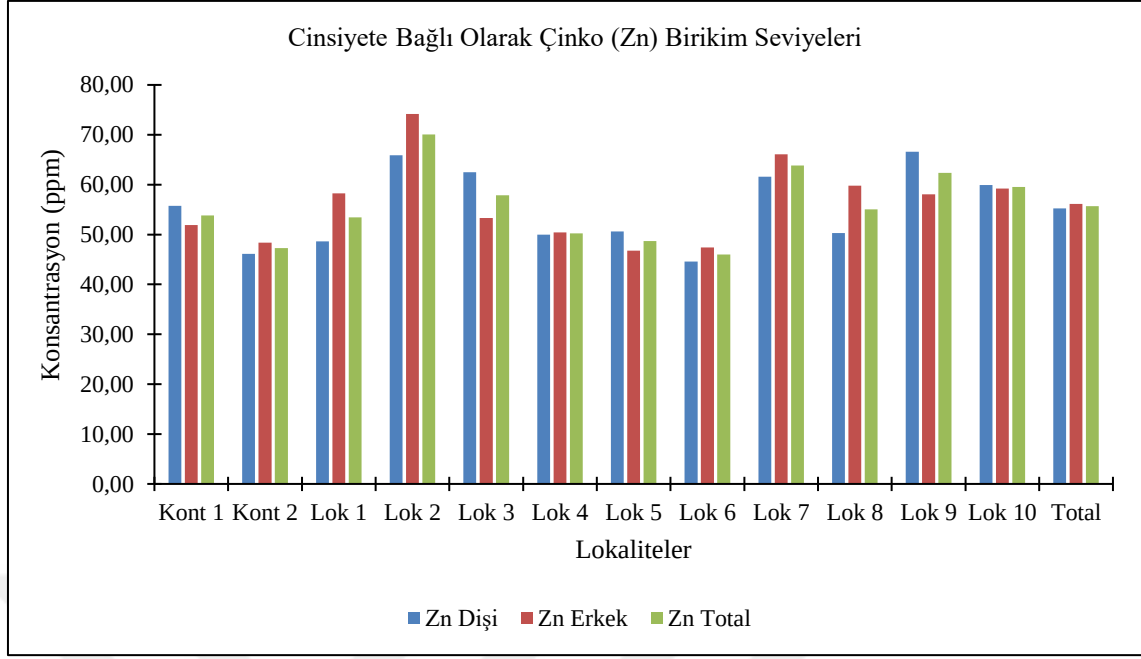
Şekil 4.22. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen manganez (Mn) birikim seviyeleri



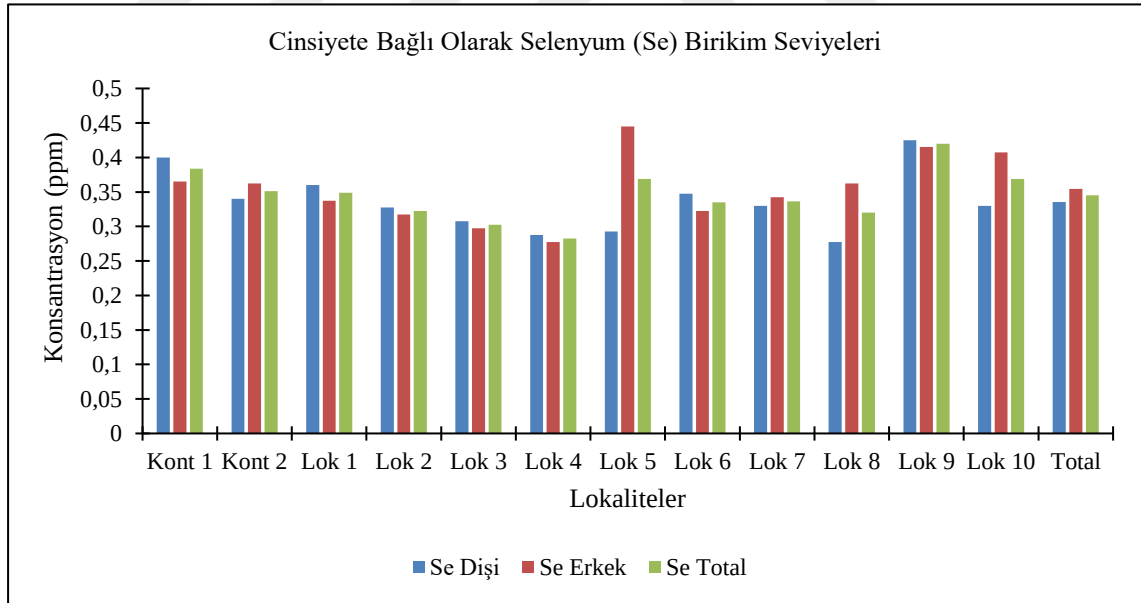
Şekil 4.23. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kobalt (Co) birikim seviyeleri



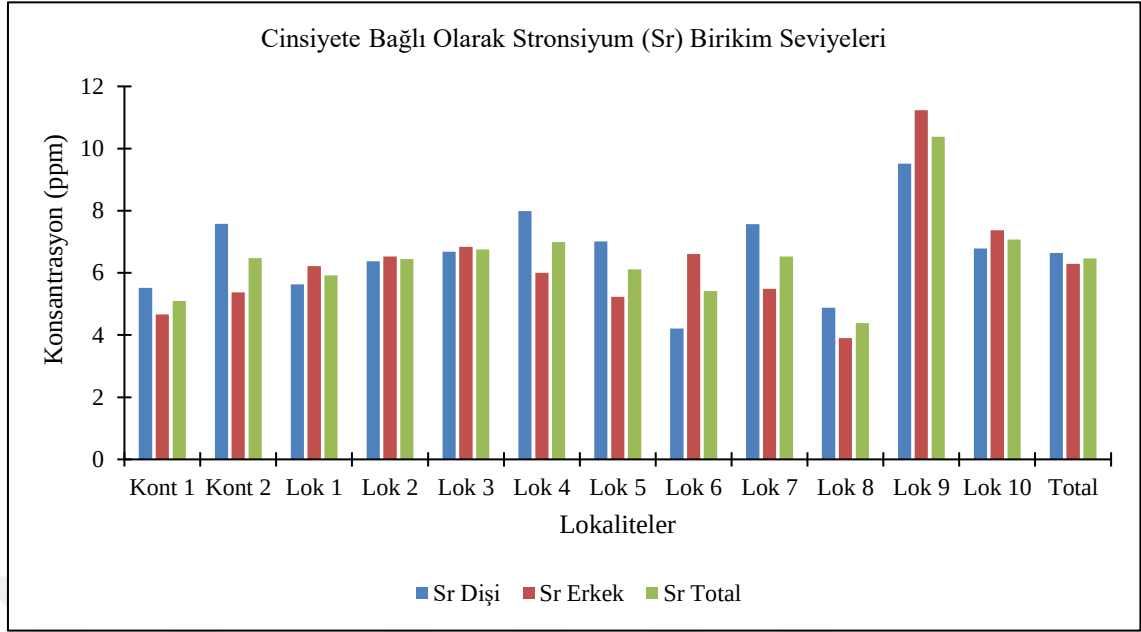
Şekil 4.24. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen bakır (Cu) birikim seviyeleri



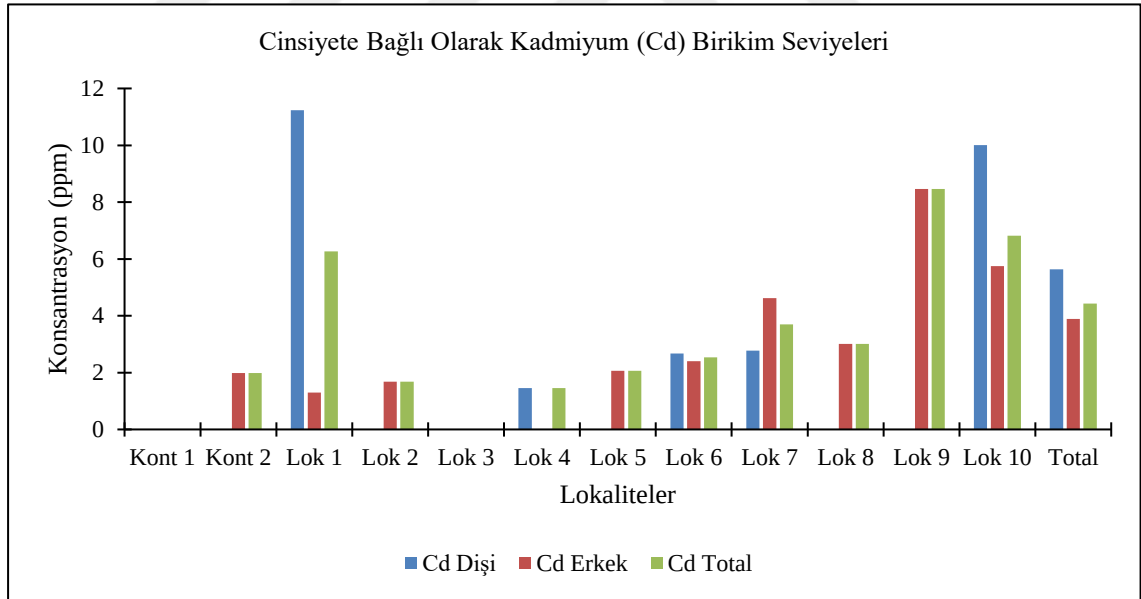
Şekil 4.25. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen çinko (Zn) birikim seviyeleri



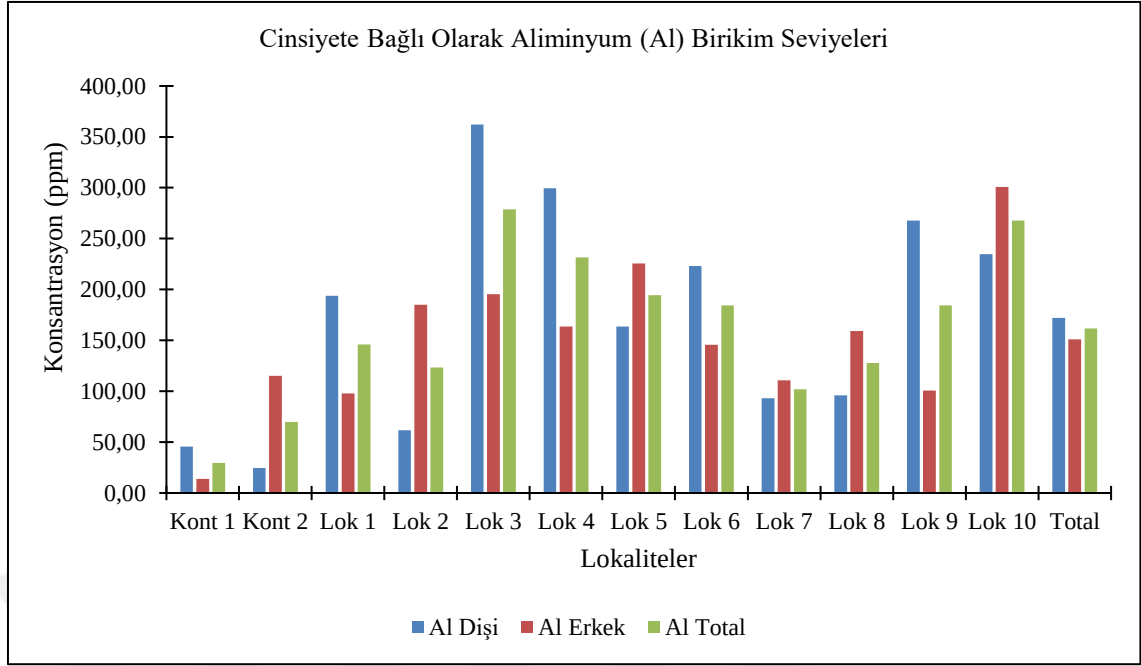
Şekil 4.26. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen selenyum (Se) birikim seviyeleri



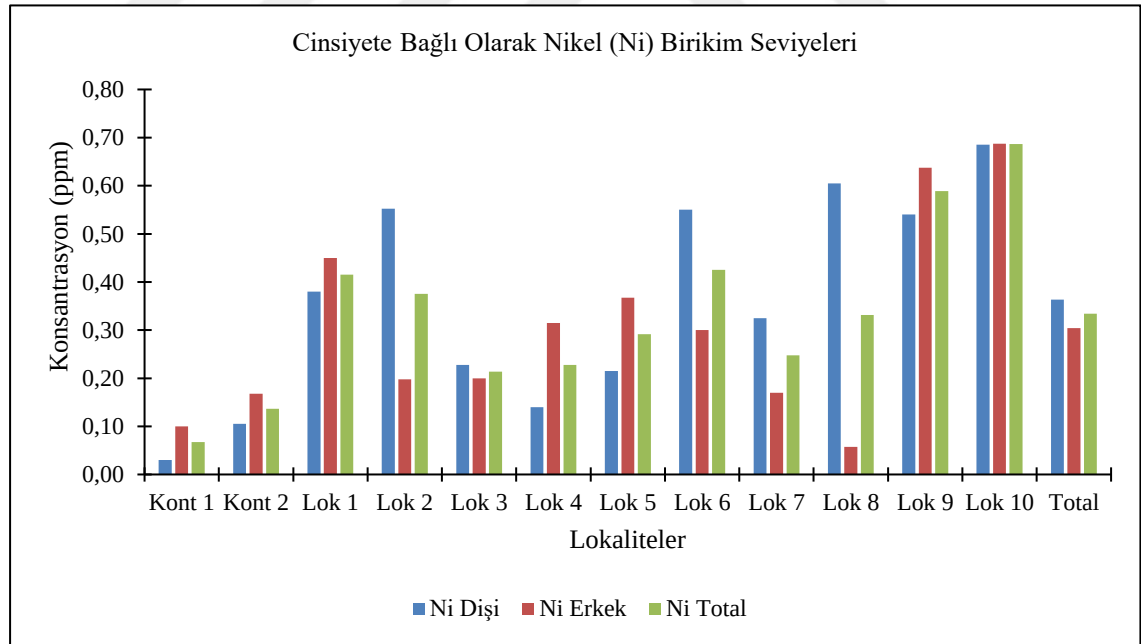
Şekil 4.27. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen stronsiyum (Sr) birikim seviyeleri



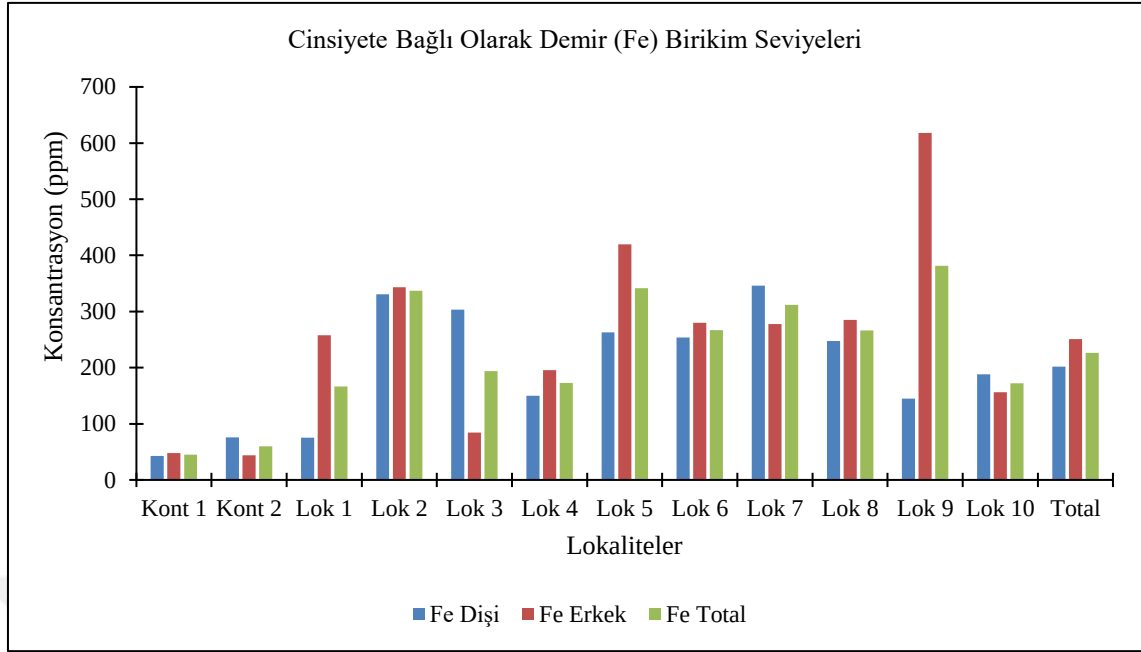
Şekil 4.28. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri



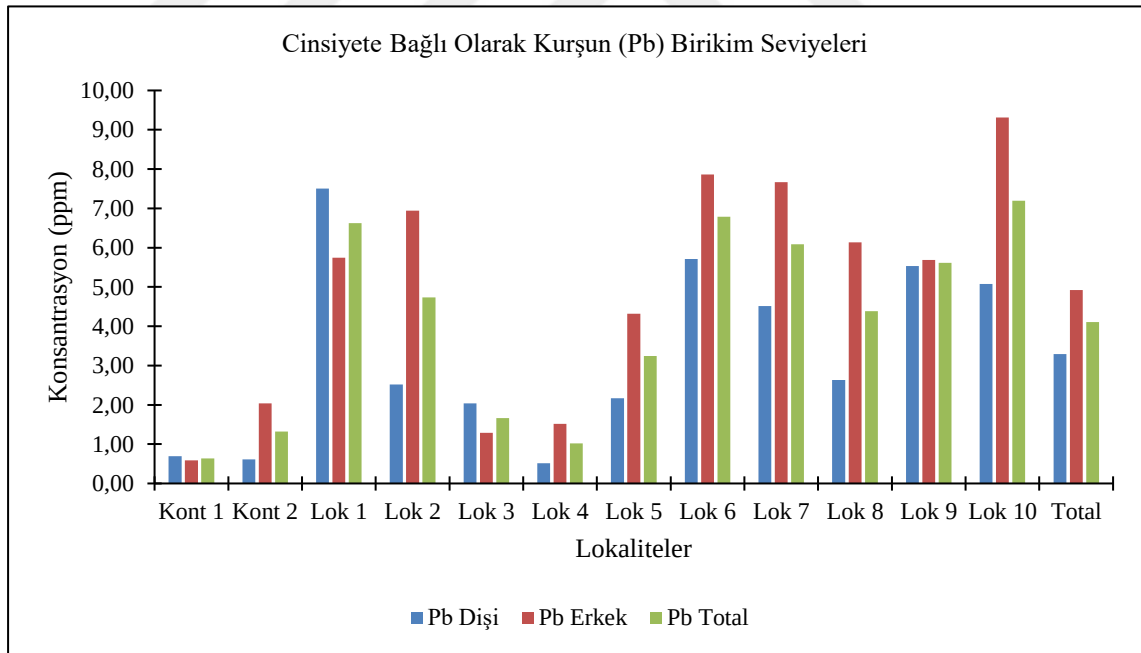
Şekil 4.29. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kadmiyum (Al) birikim seviyeleri



Şekil 4.30. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen nikel (Ni) birikim seviyeleri



Şekil 4.31. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen demir (Fe) birikim seviyeleri



Şekil 4.32. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen kurşun (Pb) birikim seviyeleri

Tüm veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde: Öncelikle lokaliteler arasındaki değişim incelenmiştir. Cinsiyetler arasında ağır metal birikimleri bakımından fark olup olmadığı analiz edilmiştir. Yapılan t-test'ine göre; her bir metal için -Pb

(Kurşun) elementi hariç- cinsiyetler arasında istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır. Yaşa bağlı olarak ağır metal birikimleri bakımından fark olup olmadığı analiz edilmiş ve yaş grupları arasında istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır.

Lokalitelerde ağır metal birikimlerinin ve ilişkilerin incelenmesi amacıyla yapılan Anova Testi'ne göre Be (Berilyum) ve Cd (Kadmiyum) metalleri hariç; istatistiksel anlamda farklar bulunmuştur. Lokaliteler dikkate alındığında; As (F=14.91; df1=11; df2=84; p<0.0001), Ba (F= 56.89; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Li (F= 5.57; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Cr (F= 2.10; df1=11; df2= 84; p<0.03), Mn (F= 9.53; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Co (F= 5.19; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Cu (F= 8.64; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Zn (F= 8.47; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Se (F= 4.87; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Sr (F= 7.13; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Al (F= 3.16; df1=11; df2= 84; p<0.001), Ni (F= 4.43; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Fe (F= 3.59; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Pb (F= 6.86; df1=11; df2= 84; p<0.0001), Be (F= 0.94; df1=11; df2= 84; p>0.51) ve Cd için (F= 0.56; df1=9; df2=6; p>0.79).

Cinsiyete bağlı olarak yapılan t-test'ine göre, tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde: As (t=-0.25; df= 94; p= 0.81), Ba (t= 0.14; df= 94; p= 0.89), Li (t=-0.72; df= 94; p= 0.47), Be (t=-0.84; df= 94; p= 0.41), Cr (t=-1.33; df= 94; p= 0.19), Mn (t=-0.25; df= 94; p= 0.80), Co (t=-0.30; df= 94; p= 0.77), Cu (t=0.031; df= 94; p= 0.98), Zn (t=-0.48; df= 94; p= 0.64), Se (t=-1.61; df= 94; p= 0.11), Sr (t=0.86; df= 94; p= 0.39), Cd (t=0.47; df= 1.74; p= 2.25), Al (t=0.76; df= 94; p=0.45), Ni (t=1.02; df= 94; p= 0.20), Fe (t=-1.30; df= 94; p= 0.20) ve Pb (t=-2.40; df= 94; p= 0.020).

Yaşa bağlı olarak yapılan t-test'ine göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde; As (t=-0.16; df= 94; p= 0.88), Ba (t=-1.13; df= 94; p= 0.26), Li (t=-1.15; df= 94; p= 0.25), Be (t=1.24; df= 94; p= 0.22), Cr (t=0.97; df= 94; p= 0.34), Mn (t=0.13; df= 94; p= 0.90), Co (t=0.79; df= 94; p= 0.43), Cu (t=-1.06; df= 94; p= 0.29), Zn (t=-1.14; df= 94; p= 0.26), Se (t=0.07; df= 94; p= 0.94), Sr (t=-0.65; df= 94; p= 0.52), Cd (t=0.87; df= 0.30; p= 1.79), Al (t=-1.90; df= 94; p=0.06), Ni (t=-0.13; df= 94; p= 0.90), Fe (t=0.53; df= 94; p= 0.60), Pb (t=-0.45; df= 94; p= 0.65).

Özellikle ağır metal birikimi bakımından birbirine benzer ve farklı olan lokalitelerin tespiti için yapılan çoklu karşılaştırma analizlerinin sonuçları aşağıda (Çizelge 4.1.) verilmiştir. Buna göre çizelgede sütunlarda aynı harfle gösterilenler birbirine benzer iken, farklı harfi taşıyanlar birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.1. Farklı Lokalitelerden alınan örneklerin çoklu karşılaştırma analizleri (Tukey/Duncan)

Lokalite	Analiz	As	Ba	Li	Be	Cr	Mn	Co	Cu	Zn	Se	Sr	Cd	Al	Ni	Fe	Pb
Kontrol1	Tukey HSD	a	a	a	a	ab	a	a	ab	abc	cd	ab	-	a	a	a	a
	Duncan	a	a	a	a	abc	a	a	ab	abcd	de	ab	-	a	a	a	a
Kontrol2	Tukey HSD	a	ab	ab	a	b	a	ab	a	a	abcd	ab	-	ab	a	a	ab
	Duncan	a	a	a	ab	c	ab	a	a	ab	bcd	bc	-	ab	ab	a	a
Lok1	Tukey HSD	bc	bc	ab	a	ab	a	abcd	abc	abc	abcd	ab	-	abc	abc	ab	d
	Duncan	bc	b	a	a	bc	ab	ab	abc	abcd	bcd	abc	-	abcd	cd	ab	d
Lok2	Tukey HSD	a	cd	abcd	a	ab	a	abcd	abc	c	abc	ab	-	abc	abc	b	abcd
	Duncan	a	bc	abc	a	abc	abc	abc	bc	g	abc	bc	-	abc	bcd	bc	cd
Lok3	Tukey HSD	ab	cd	abc	a	ab	abc	bcd	ab	abc	ab	ab	-	c	ab	ab	abc
	Duncan	a	cd	ab	ab	bc	c	bcd	ab	cdef	ab	bc	-	d	abc	ab	ab
Lok4	Tukey HSD	abc	d	abcd	a	ab	c	abcd	bcd	ab	a	ab	-	abc	ab	ab	a
	Duncan	bc	d	bcd	ab	bc	d	abcd	cd	abc	a	c	-	cd	abc	ab	a
Lok5	Tukey HSD	abc	e	abcd	a	ab	bc	a	abc	ab	bcd	ab	-	abc	abc	b	abcd
	Duncan	ab	e	bcd	ab	abc	d	a	bc	ab	cde	bc	-	bcd	abc	bc	abc
Lok6	Tukey HSD	abc	ef	abc	a	ab	ab	cd	d	a	abc	ab	-	abc	abc	ab	d
	Duncan	bc	ef	ab	a	ab	bc	cd	de	a	abcd	abc	-	bcd	cd	bc	d
Lok7	Tukey HSD	cd	e	cd	a	ab	a	abc	bcd	cd	abc	ab	-	abc	ab	ab	cd
	Duncan	c	e	d	a	bc	abc	a	cd	fg	acbd	bc	-	abc	abc	bc	cd
Lok8	Tukey HSD	e	ef	cd	a	a	a	d	bcd	abc	abc	a	-	abc	abc	ab	abcd
	Duncan	d	fg	d	ab	a	abc	d	d	bcde	abc	a	-	abc	abcd	bc	bcd
Lok9	Tukey HSD	abc	f	bcd	a	ab	ab	abcd	cd	cd	d	c	-	abc	bc	b	bcd
	Duncan	bc	g	cd	b	ab	bc	ab	de	ef	e	d	-	bcd	de	c	cd
Lok10	Tukey HSD	de	f	d	a	ab	bc	cd	d	bcd	bcd	b	-	bc	c	ab	d
	Duncan	d	g	d	ab	bc	d	cd	e	def	cde	c	-	d	e	ab	d

Çoklu karşılaştırma analizlerine göre:

- As sonuçları açısından Lok 4-5-9 benzer bulunmuştur.
- Ba sonuçları açısından Lok 9-10 benzer bulunmuştur.
- Li sonuçları açısından Lok 4-5 ve Lok 7-8 benzer bulunmuştur.

- Be sonuçları açısından Lok1-2, Lok 3-4-5, Lok 6-7 ve Lok 8-10 benzer bulunmuştur.
- Cr sonuçları açısından Lok1-3-4-10, Lok 2-5, Lok 6-9 benzer bulunmuştur.
- Mn sonuçları açısından Kontrol 1-Lok 1, Lok 2-7-8 benzer bulunmuştur.
- Co sonuçları açısından Lok 6-10 benzer bulunmuştur.
- Cu sonuçları açısından Kontrol 1-Lok 3, Lok 4-7 benzer bulunmuştur.
- Zn sonuçları açısından Kontrol 1- Lok 1 benzer bulunmuştur.
- Se sonuçları açısından Kontrol 2-Lok 1, Lok 6-7 benzer bulunmuştur.
- Sr sonuçları açısından Kontrol 1-Lok 2, Lok 3-5, Lok 1-6 benzer bulunmuştur.
- Al sonuçları açısından Lok 5-6-9, Lok 7-8 benzer bulunmuştur.
- Ni sonuçları açısından Lok3-4-7 benzer bulunmuştur.
- Fe sonuçları açısından Lok 1-3-4-10 benzer bulunmuştur.
- Pb sonuçları açısından Kontrol 1- Lok, Lok 1-6-10 benzer bulunmuştur.

Yaş gruplarına bağlı olarak her lokalite için ortalama ağır metal birikimlerini gösteren çizelgeler (Çizelge 4.2-14) aşağıda yer almaktadır:

Çizelge 4.2. Kontrol 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Kontrol 1											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±Se	n	Min	Maks	X±Se	n	Min	Maks	X±Se	N	Min	Maks
As	0.27±0.04	4	0.22	0.38	0.27±0.04	4	0.22	0.38	0.27±0.03	8	0.22	0.38
Ba	0.26±0.21	4	1.88	2.88	2.54±0.21	4	1.97	2.94	2.50±0.14	8	1.88	2.94
Li	0.98±0.05	4	0.83	1.03	1.03±0.14	4	0.67	1.34	1.00±0.07	8	0.67	1.34
Be	0.04±0.00	4	0.03	0.04	0.04±0.00	4	0.03	0.05	0.04±0.00	8	0.03	0.05
Cr	4.47±0.14	4	4.25	4.88	4.48±0.34	4	3.82	5.31	4.48±0.17	8	3.82	5.31
Mn	43.28±5.47	4	35.53	59.51	30.15±4.99	4	20.19	40.21	36.71±4.23	8	20.19	59.51
Co	0.49±0.02	4	0.42	0.53	0.49±0.07	4	0.33	0.67	0.49±0.03	8	0.33	0.67
Cu	7.55±0.43	4	6.31	8.34	8.2±0.14	4	7.78	8.36	7.88±0.24	8	6.31	8.36
Zn	50.13±2.48	4	45.74	57.16	57.5±3.30	4	52.08	66.68	53.82±2.36	8	45.74	66.68
Se	0.39±0.03	4	0.33	0.44	0.38±0.01	4	0.35	0.39	0.38±0.01	8	0.33	0.44
Sr	5.47±0.28	4	5.02	6.26	4.72±0.65	4	3.52	6.47	5.09±0.36	8	3.52	6.47
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	27.05±14.03	4	4.30	63.45	32.40±14.80	4	4.11	66.12	29.72±9.49	8	4.11	66.12
Ni	0.07±0.04	4	0.02	0.18	0.07±0.02	4	0.03	0.12	0.07±0.02	8	0.02	0.18
Fe	41.22±7.51	4	20.56	55.15	49.35±10.01	4	21.08	67.36	45.28±5.99	8	20.56	67.36
Pb	0.51±0.13	4	0.30	0.82	0.75±0.12	4	0.42	0.94	0.64±0.09	8	0.30	0.94

Çizelge 4.3. Kontrol 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokale	Kontrol 2											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.26±0.01	4	0.24	0.26	0.26±0.01	4	0.25	0.28	0.26±0.00	8	0.24	0.28
Ba	2.75±0.24	4	2.04	3.04	3.15±0.15	4	2.95	3.60	2.95±0.15	8	2.04	3.60
Li	1.27±0.19	4	0.95	1.82	1.05±0.30	4	0.55	1.92	1.16±0.17	8	0.55	1.92
Be	0.05±0.01	4	0.03	0.07	0.04±0.01	4	0.02	0.08	0.05±0.01	8	0.02	0.08
Cr	5.88±0.58	4	4.84	6.93	5.11±0.60	4	4.31	6.90	5.49±0.41	8	4.31	6.93
Mn	35.10±3.29	4	25.53	39.73	32.99±3.44	4	23.96	40.70	34.05±2.24	8	23.96	40.70
Co	0.63±0.04	4	0.54	0.72	0.39±0.11	4	0.08	0.60	0.51±0.07	8	0.08	0.72
Cu	6.92±0.14	4	6.58	7.25	6.79±0.25	4	6.11	7.30	6.86±0.14	8	6.11	7.30
Zn	48.66±1.16	4	46.12	50.88	45.86±1.86	4	40.91	49.92	47.26±1.14	8	40.91	50.88
Se	0.36±0.01	4	0.32	0.38	0.35±0.03	4	0.29	0.42	0.35±0.01	8	0.29	0.42
Sr	7.39±1.24	4	5.03	10.21	5.57±1.37	4	3.62	9.61	6.48±0.92	8	3.62	10.21
Cd	1.98	1	2.00	2.00	-	-	-	-	1.98	1	2.00	2.00
Al	18.53±5.65	4	8.81	32.65	121.00±100.11	4	10.10	421.01	69.76±50.29	8	8.81	421.01
Ni	0.09±0.04	4	0.03	0.21	0.18±0.11	4	0.05	0.51	0.14±0.06	8	0.03	0.51
Fe	71.72±12.70	4	48.22	104.02	48.16±14.81	4	28.02	91.80	59.94±10.07	8	28.02	104.02
Pb	0.58±0.17	4	0.30	1.05	2.07±1.43	4	0.31	6.35	1.32±0.72	8	0.30	6.35

Çizelge 4.4. Lokalite 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 1											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±Se	n	Min	Maks	X±Se	n	Min	Maks	X±Se	N	Min	Maks
As	1.90±0.52	5	0.79	3.25	1.43±0.90	3	0.31	3.22	1.73±0.44	8	0.31	3.25
Ba	4.01±0.20	5	3.61	4.77	4.10±0.36	3	3.66	4.82	4.05±0.17	8	3.61	4.82
Li	1.10±0.05	5	0.97	1.25	1.69±0.69	3	0.93	3.07	1.33±0.25	8	0.93	3.07
Be	0.03±0.00	5	0.02	0.04	0.05±0.00	3	0.04	0.05	0.04±0.00	8	0.02	0.05
Cr	5.33±0.73	5	3.50	7.11	4.64±0.49	3	3.79	5.50	5.07±0.48	8	3.50	7.11
Mn	41.99±7.09	5	20.09	59.51	31.50±3.02	3	27.19	37.33	38.06±4.76	8	20.09	59.51
Co	0.67±0.18	5	0.30	1.33	0.62±0.09	3	0.51	0.80	0.65±0.11	8	0.30	1.33
Cu	7.72±0.23	5	7.32	8.60	9.21±0.88	3	7.50	10.41	8.28±0.42	8	7.32	10.41
Zn	52.67±1.81	5	47.77	57.16	54.70±6.33	3	45.19	66.68	53.43±2.37	8	45.19	66.68
Se	0.35±0.02	5	0.33	0.42	0.34±0.01	3	0.33	0.36	0.35±0.01	8	0.33	0.42
Sr	5.77±0.32	5	4.56	6.24	6.17±0.52	3	5.22	7.03	5.92±0.27	8	4.56	7.03
Cd	6.27±4.97	2	1.00	11.00	-	-	-	-	6.27±4.97	2	1.00	11.00
Al	159.56±82.43	5	14.28	410.00	123.20±98.90	3	22.48	321.00	145.92±59.32	8	14.28	410.00
Ni	0.41±0.09	5	0.07	0.63	0.43±0.19	3	0.09	0.73	0.42±0.08	8	0.07	0.73
Fe	164.49±86.22	5	40.52	500.55	169.27±119.97	3	30.44	408.16	166.28±64.79	8	30.44	500.55
Pb	6.37±1.27	5	2.65	10.13	7.03±3.17	3	0.87	11.39	6.62±1.29	8	0.87	11.39

Çizelge 4.5. Lokalite 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 2											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±Se	n	Min	Maks	X±Se	N	Min	Maks
As	0.36±0.03	4	0.31	0.42	0.41±0.06	4	0.33	0.58	0.39±0.03	8	0.31	0.58
Ba	4.42±0.21	4	4.06	5.02	4.64±0.27	4	4.07	5.14	4.53±0.16	8	4.06	5.14
Li	2.43±0.99	4	0.62	4.40	1.74±0.76	4	0.72	3.96	2.08±0.59	8	0.62	4.40
Be	0.04±0.01	4	0.02	0.07	0.04±0.01	4	0.02	0.08	0.04±0.01	8	0.02	0.08
Cr	4.13±0.24	4	3.59	4.70	4.69±0.59	4	3.73	6.40	4.41±0.31	8	3.59	6.40
Mn	41.30±2.03	4	35.53	44.79	43.22±1.02	4	40.86	45.58	42.26±1.11	8	35.53	45.58
Co	0.89±0.22	4	0.34	1.31	0.59±0.14	4	0.33	0.83	0.74±0.13	8	0.33	1.31
Cu	8.48±0.43	4	7.83	9.73	8.57±0.45	4	7.83	9.87	8.52±0.29	8	7.83	9.87
Zn	69.01±2.68	4	62.78	75.23	71.08±2.68	4	64.85	77.31	70.04±1.80	8	62.78	77.31
Se	0.33±0.00	4	0.32	0.33	0.32±0.00	4	0.31	0.33	0.32±0.00	8	0.31	0.33
Sr	6.43±0.05	4	6.31	6.54	6.47±0.05	4	6.35	6.58	6.45±0.03	8	6.31	6.58
Cd	1.68	1	2.00	2.00	-	-	-	-	1.68	1	2.00	2.00
Al	51.44±28.15	4	4.82	132.65	195.28±66.73	4	4.99	312.28	123.36±43.16	8	4.82	312.28
Ni	0.29±0.11	4	0.05	0.48	0.46±0.14	4	0.07	0.77	0.38±0.09	8	0.05	0.77
Fe	333.43±95.55	4	98.69	528.16	340.17±119.83	4	33.02	560.81	336.80±70.96	8	33.02	560.81
Pb	3.37±1.48	4	0.89	7.53	6.09±1.62	4	2.95	10.47	4.73±1.14	8	0.89	10.47

Çizelge 4.6. Lokalite 3 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 3											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.50±0.03	4	0.45	0.59	0.51±0.04	4	0.44	0.61	0.50±0.02	8	0.44	0.61
Ba	5.08±0.21	4	4.47	5.41	4.88±0.21	4	4.44	5.26	4.98±0.14	8	4.44	5.41
Li	1.60±0.36	4	0.66	2.26	1.68±0.51	4	0.77	3.15	1.64±0.29	8	0.66	3.15
Be	0.05±0.01	4	0.02	0.08	0.05±0.01	4	0.03	0.08	0.05±0.01	8	0.02	0.08
Cr	4.60±0.76	4	3.53	6.76	5.08±0.43	4	4.45	6.34	4.84±0.41	8	3.53	6.76
Mn	54.02±6.11	4	46.37	72.24	65.05±10.11	4	47.15	87.33	59.53±5.85	8	46.37	87.33
Co	1.06±0.06	4	0.91	1.22	0.80±0.16	4	0.51	1.14	0.93±0.09	8	0.51	1.22
Cu	7.74±0.53	4	6.28	8.63	8.14±0.50	4	6.65	8.71	7.94±0.34	8	6.28	8.71
Zn	55.61±4.75	4	47.69	69.38	60.19±4.75	4	49.77	71.46	57.90±3.23	8	47.69	71.46
Se	0.31±0.00	4	0.30	0.31	0.30±0.00	4	0.29	0.31	0.30±0.00	8	0.29	0.31
Sr	6.74±0.05	4	6.62	6.85	6.78±0.05	4	6.66	6.89	6.76±0.03	8	6.62	6.89
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	279.29±89.14	4	21.98	410.00	278.16±86.10	4	28.03	421.01	278.72±57.37	8	21.98	421.01
Ni	0.31±0.16	4	0.03	0.72	0.21±0.04	4	0.03	0.22	0.21±0.09	8	0.03	0.72
Fe	293.86±114.91	4	55.89	500.71	93.81±40.79	4	20.61	210.41	193.83±67.94	8	20.61	500.71
Pb	2.15±1.04	4	0.49	5.17	1.18±0.40	4	0.33	2.16	1.66±0.55	8	0.33	5.17

Çizelge 4.7. Lokalite 4 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 4											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	2.20±1.24	2	0.96	3.44	1.19±0.43	6	0.52	3.33	1.44±0.43	8	0.52	3.44
Ba	5.72±0.06	2	5.66	5.77	5.57±0.20	6	4.67	6.12	5.60±0.15	8	4.67	6.12
Li	2.41±1.11	2	1.30	3.52	2.73±0.59	6	0.88	4.20	2.65±0.48	8	0.88	4.20
Be	0.05±0.00	2	0.05	0.05	0.05±0.00	6	0.05	0.05	0.05±0.00	8	0.05	0.05
Cr	7.10±0.02	2	7.08	7.11	4.29±0.46	6	3.52	6.50	4.99±0.57	8	3.52	7.11
Mn	86.23±1.46	2	84.77	87.68	83.31±4.75	6	61.26	95.01	84.04±3.52	8	61.26	95.01
Co	0.72±0.28	2	0.44	1.00	0.80±0.19	6	0.31	1.59	0.78±0.15	8	0.31	1.59
Cu	9.62±0.57	2	9.05	10.19	9.68±0.46	6	8.84	11.74	9.66±0.35	8	8.84	11.74
Zn	56.02±11.14	2	44.88	67.16	48.29±1.21	6	43.74	51.71	50.23±2.61	8	43.74	67.16
Se	0.28±0.00	2	0.28	0.28	0.28±0.00	6	0.27	0.29	0.28±0.00	8	0.27	0.29
Sr	5.62±1.46	2	4.16	7.08	7.45±0.85	6	4.64	11.01	7.00±0.74	8	4.16	11.01
Cd	-	-	-	-	1.46	1	1.00	1.00	1.46	1	1.00	1.00
Al	134.20±63.13	2	71.07	197.33	263.94±46.98	6	104.80	413.85	231.50±42.14	8	71.07	413.85
Ni	0.41±0.08	2	0.33	0.49	0.17±0.06	6	0.03	0.41	0.23±0.06	8	0.03	0.49
Fe	132.12±72.63	2	59.49	204.75	186.51±29.23	6	83.34	286.86	172.92±26.94	8	59.49	286.86
Pb	1.34±0.35	2	0.99	1.69	0.91±0.27	6	0.39	2.04	1.02±0.22	8	0.39	2.04

Çizelge 4.8. Lokalite 5 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 5											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.93±0.12	5	0.71	1.24	1.05±0.16	3	0.73	1.25	0.98±0.09	8.00	0.71	1.25
Ba	6.89±0.69	5	6.08	9.64	7.54±1.07	3	6.44	9.67	7.13±0.55	8.00	6.08	9.67
Li	2.65±0.75	5	1.05	4.74	2.76±0.94	3	1.18	4.44	2.69±0.54	8.00	1.05	4.74
Be	0.05±0.00	5	0.05	0.05	0.05±0.00	3	0.05	0.05	0.05±0.00	8.00	0.05	0.05
Cr	4.72±0.66	5	3.41	7.18	4.78±0.78	3	4.00	6.34	4.75±0.47	8.00	3.41	7.18
Mn	94.95±1.46	5	90.58	99.31	50.22±21.49	3	20.76	92.04	78.17±10.83	8.00	20.76	99.31
Co	0.54±0.09	5	0.32	0.79	0.41±0.13	3	0.16	0.57	0.49±0.07	8.00	0.16	0.79
Cu	8.85±0.55	5	6.67	9.66	8.04±1.21	3	6.23	10.34	8.55±0.54	8.00	6.23	10.34
Zn	45.02±1.52	5	40.33	48.12	54.82±8.33	3	45.95	71.47	48.70±3.39	8.00	40.33	71.47
Se	0.35±0.04	5	0.26	0.46	0.39±0.06	3	0.27	0.46	0.37±0.03	8.00	0.26	0.46
Sr	6.20±0.47	5	5.10	7.76	5.98±0.88	3	4.85	7.72	6.12±0.40	8.00	4.85	7.76
Cd	2.06	1	2.00	2.00	-	-	-	-	2.06	1.00	2.00	2.00
Al	152.29±56.30	5	33.17	344.11	265.04±117.91	3	30.98	406.91	194.58±55.20	8.00	30.98	406.91
Ni	0.33±0.08	5	0.10	0.56	0.23±0.13	3	0.03	0.48	0.29±0.07	8.00	0.03	0.56
Fe	362.35±21.74	5	314.24	438.46	306.18±134.03	3	41.61	475.83	341.29±46.90	8.00	41.61	475.83
Pb	2.84±0.69	5	0.44	4.49	3.91±0.62	3	2.74	4.84	3.24±0.50	8.00	0.44	4.84

Çizelge 4.9. Lokalite 6 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 6											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	1.25±0.11	5	0.86	1.46	1.47±0.06	3	1.37	1.59	1.34±0.08	8	0.86	1.59
Ba	7.54±0.50	5	6.53	8.83	7.56±0.70	3	6.78	8.95	7.55±0.37	8	6.53	8.95
Li	1.31±0.58	5	0.39	3.58	2.02±0.73	3	1.18	3.47	1.57±0.44	8	0.39	3.58
Be	0.05±0.00	5	0.05	0.05	0.03±0.01	3	0.02	0.05	0.04±0.00	8	0.02	0.05
Cr	3.93±0.18	5	3.48	4.35	4.32±0.18	3	4.02	4.64	4.08±0.14	8	3.48	4.64
Mn	56.26±12.04	5	22.22	90.00	51.47±17.46	3	21.23	81.70	54.46±9.23	8	21.23	90.00
Co	1.00±0.10	5	0.79	1.32	0.90±0.12	3	0.70	1.12	0.96±0.07	8	0.70	1.32
Cu	11.37±0.37	5	10.45	12.29	10.92±0.69	3	9.87	12.21	11.20±0.33	8	9.87	12.29
Zn	45.99±1.58	5	43.23	52.15	46.02±2.81	3	42.69	51.60	46.00±1.32	8	42.69	52.15
Se	0.33±0.02	5	0.29	0.40	0.34±0.00	3	0.33	0.34	0.34±0.01	8	0.29	0.40
Sr	4.37±0.28	5	3.58	5.25	7.14±1.68	3	3.83	9.33	5.41±0.77	8	3.58	9.33
Cd	2.67	1	3.00	3.00	2.40	1	2.00	2.00	2.54±0.14	2	2.00	3.00
Al	203.72±30.68	5	139.09	317.86	152.21±15.16	3	125.96	178.47	184.41±21.20	8	125.96	317.86
Ni	0.46±0.11	5	0.06	0.71	0.37±0.16	3	0.06	0.55	0.43±0.08	8	0.06	0.71
Fe	233.13±95.26	5	50.58	513.21	322.77±153.93	3	38.43	567.16	266.74±77.78	8	38.43	567.16
Pb	6.70±0.81	5	5.19	9.59	6.94±0.40	3	6.24	7.64	6.79±0.50	8	5.19	9.59

Çizelge 4.10. Lokalite 7 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 7											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±Se	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	1.88±0.10	4	1.63	2.06	1.95±0.10	4	1.66	2.08	1.91±0.07	8	1.63	2.08
Ba	7.32±0.28	4	6.71	7.90	7.43±0.25	4	6.97	7.93	7.38±0.17	8	6.71	7.93
Li	3.17±1.02	4	0.64	5.32	3.81±0.36	4	3.24	4.86	3.49±0.51	8	0.64	5.32
Be	0.04±0.01	4	0.02	0.05	0.04±0.01	4	0.02	0.05	0.04±0.00	8	0.02	0.05
Cr	5.21±0.45	4	4.40	6.14	4.77±0.24	4	4.16	5.30	4.99±0.25	8	4.16	6.14
Mn	52.13±14.72	4	27.89	94.82	40.03±3.62	4	31.94	48.81	46.08±7.38	8	27.89	94.82
Co	0.63±0.07	4	0.43	0.75	0.58±0.10	4	0.34	0.79	0.60±0.06	8	0.34	0.79
Cu	9.07±0.84	4	6.87	10.74	10.62±0.22	4	9.96	10.94	9.85±0.50	8	6.87	10.94
Zn	65.59±2.65	4	61.06	72.45	62.11±3.19	4	55.12	69.78	63.85±2.03	8	55.12	72.45
Se	0.33±0.00	4	0.33	0.33	0.34±0.01	4	0.33	0.38	0.34±0.01	8	0.33	0.38
Sr	7.68±1.25	4	5.37	10.33	5.38±0.04	4	5.31	5.48	6.53±0.72	8	5.31	10.33
Cd	2.77	1	3.00	3.00	4.62	1	5.00	5.00	3.70±0.93	2	3.00	5.00
Al	98.44±26.33	4	34.06	160.31	105.32±33.63	4	47.19	200.93	101.88±19.81	8	34.06	200.93
Ni	0.19±0.14	4	0.05	0.59	0.31±0.15	4	0.05	0.61	0.25±0.10	8	0.05	0.61
Fe	312.71±108.16	4	44.59	574.06	311.04±69.63	4	119.69	447.22	311.87±59.55	8	44.59	574.06
Pb	7.04±2.16	4	0.69	10.09	5.14±2.27	4	1.04	9.74	6.09±1.50	8	0.69	10.09

Çizelge 4.11. Lokalite 8 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 8											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	3.38±0.71	4	2.09	4.88	3.17±0.57	4	2.18	4.48	3.28±0.43	8	2.09	4.88
Ba	7.98±0.47	4	7.05	9.28	8.56±0.42	4	7.63	9.28	8.27±0.31	8	7.05	9.28
Li	3.31±0.74	4	1.49	4.84	3.63±1.01	4	1.16	5.46	3.47±0.58	8	1.16	5.46
Be	0.07±0.01	4	0.05	0.08	0.06±0.01	4	0.02	0.07	0.06±0.01	8	0.02	0.08
Cr	3.80±0.12	4	3.46	3.99	3.64±0.14	4	3.22	3.88	3.72±0.09	8	3.22	3.99
Mn	46.73±1.41	4	43.46	50.00	47.82±1.41	4	44.55	51.09	47.28±0.94	8	43.46	51.09
Co	1.03±0.08	4	0.85	1.21	1.09±0.08	4	0.91	1.27	1.06±0.05	8	0.85	1.27
Cu	11.31±0.07	4	11.13	11.44	9.18±1.18	4	6.33	11.50	10.24±0.68	8	6.33	11.50
Zn	52.45±4.93	4	40.67	62.87	57.69±6.01	4	44.57	68.97	55.07±3.73	8	40.67	68.97
Se	0.31±0.02	4	0.27	0.36	0.33±0.03	4	0.27	0.42	0.32±0.02	8	0.27	0.42
Sr	4.51±0.31	4	3.78	5.24	4.27±0.31	4	3.54	5.00	4.39±0.21	8	3.54	5.24
Cd	-	-	-	-	3.01	1	3.00	3.00	3.01	1	3.00	3.00
Al	120.68±39.82	4	63.53	237.83	134.69±53.41	4	45.68	289.98	127.68±30.95	8	45.68	289.98
Ni	0.31±0.15	4	0.03	0.58	0.36±0.17	4	0.03	0.74	0.33±0.11	8	0.03	0.74
Fe	266.14±67.14	4	66.56	357.70	266.14±99.29	4	29.01	503.26	266.14±55.48	8	29.01	503.26
Pb	3.66±1.34	4	1.79	7.61	5.11±1.92	4	0.56	9.96	4.38±1.12	8	0.56	9.96

Çizelge 4.12. Lokalite 9 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 9											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	NN	Min	Maks
As	1.55±0.80	3	0.29	3.03	1.21±0.66	5	0.33	3.75	1.34±0.48	8	0.29	3.75
Ba	8.93±0.27	3	8.38	9.22	8.94±0.16	5	8.48	9.32	8.93±0.13	8	8.38	9.32
Li	3.34±0.70	3	2.43	4.72	2.84±0.34	5	2.05	3.75	3.03±0.32	8	2.05	4.72
Be	0.27±0.22	3	0.02	0.70	0.04±0.01	5	0.02	0.08	0.12±0.08	8	0.02	0.70
Cr	4.50±0.37	3	3.95	5.21	4.22±0.10	5	4.01	4.60	4.33±0.15	8	3.95	5.21
Mn	45.81±9.82	3	26.53	58.71	56.10±1.17	5	53.27	59.80	52.24±3.79	8	26.53	59.80
Co	0.64±0.16	3	0.39	0.93	0.65±0.12	5	0.28	0.96	0.65±0.09	8	0.28	0.96
Cu	11.02±0.64	3	9.76	11.78	10.38±0.76	5	7.76	11.83	10.62±0.51	8	7.76	11.83
Zn	59.85±4.67	3	50.54	65.07	63.86±2.33	5	55.64	68.84	62.35±2.19	8	50.54	68.84
Se	0.43±0.02	3	0.41	0.48	0.41±0.03	5	0.32	0.48	0.42±0.02	8	0.32	0.48
Sr	11.06±0.55	3	10.29	12.12	9.96±0.51	5	8.81	11.65	10.38±0.41	8	8.81	12.12
Cd	8.46	1	8.00	8.00	-	-	-	-	8.46	1	8.00	8.00
Al	221.40±82.90	3	94.26	377.13	161.98±71.09	5	22.07	404.29	184.26±51.57	8	22.07	404.29
Ni	0.52±0.10	3	0.35	0.71	0.63±0.13	5	0.12	0.89	0.59±0.09	8	0.12	0.89
Fe	398.49±184.94	3	48.83	677.76	371.12±133.47	5	55.60	802.19	381.39±100.26	8	48.83	802.19
Pb	5.84±0.88	3	4.11	7.01	5.47±1.52	5	1.71	9.36	5.61±0.95	8	1.71	9.36

Çizelge 4.13. Lokalite 10 Bölgesinden yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokalite	Lok 10											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	3.14±0.19	2	2.95	3.33	3.04±0.20	6	2.28	3.51	3.07±0.15	8	2.28	3.51
Ba	7.67±1.76	2	5.91	9.42	9.17±0.56	6	6.40	9.97	8.80±0.58	8	5.91	9.97
Li	3.82±1.08	2	2.74	4.90	3.82±0.47	6	2.01	5.28	3.82±0.40	8	2.01	5.28
Be	0.06±0.02	2	0.04	0.07	0.04±0.01	6	0.02	0.09	0.05±0.01	8	0.02	0.09
Cr	4.80±0.13	2	4.67	4.93	4.93±0.06	6	4.73	5.12	4.90±0.06	8	4.67	5.12
Mn	72.07±8.18	2	63.89	80.24	80.24±3.95	6	67.98	92.51	78.20±3.54	8	63.89	92.51
Co	0.92±0.18	2	0.74	1.10	1.02±0.10	6	0.66	1.36	1.00±0.09	8	0.66	1.36
Cu	10.62±2.07	2	8.55	12.69	12.60±1.47	6	7.72	18.67	12.10±1.19	8	7.72	18.67
Zn	65.75±1.60	2	64.15	67.34	57.49±3.05	6	45.85	67.56	59.55±2.63	8	45.85	67.56
Se	0.37±0.02	2	0.35	0.39	0.37±0.04	6	0.22	0.49	0.37±0.03	8	0.22	0.49
Sr	5.97±1.73	2	4.24	7.70	7.45±0.84	6	5.10	10.97	7.08±0.74	8	4.24	10.97
Cd	8.91	1	9.00	9.00	6.12±2.66	3	1.00	10.00	6.82±2.01	4	1.00	10.00
Al	146.92±55.57	2	91.35	202.49	308.05±38.42	6	153.54	400.39	267.77±39.96	8	91.35	400.39
Ni	0.91±0.07	2	0.84	0.97	0.61±0.17	6	0.03	0.97	0.69±0.13	8	0.03	0.97
Fe	175.49±51.14	2	124.35	226.62	171.02±7.74	6	148.78	199.92	172.13±11.23	8	124.35	226.62
Pb	6.19±3.38	2	2.81	9.57	7.53±1.54	6	3.23	12.90	7.20±1.31	8	2.81	12.90

Çizelge 4.14. Tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde yakalanan örneklerde yaş gruplarına bağlı olarak ortalama ağır metal birikimi değerleri (mg/L)

Lokale	TOTAL											
Yaş Grubu	Genç				Yetişkin				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	1.35±0.18	46	0.22	4.88	1.39±0.17	50	0.22	4.48	1.37±0.12	96	0.22	4.88
Ba	5.78±0.33	46	1.88	9.64	6.31±0.34	50	1.97	9.97	6.06±0.24	96	1.88	9.97
Li	2.15±0.22	46	0.39	5.32	2.49±0.21	50	0.55	5.46	2.33±0.15	96	0.39	5.46
Be	0.06±0.01	46	0.02	0.70	0.04±0.00	50	0.02	0.09	0.05±0.01	96	0.02	0.70
Cr	4.77±0.17	46	3.41	7.18	4.57±0.12	50	3.22	6.90	4.67±0.10	96	3.22	7.18
Mn	54.57±3.34	46	20.09	99.31	53.97±3.16	50	20.19	95.01	54.26±2.28	96	20.09	99.31
Co	0.76±0.04	46	0.30	1.33	0.71±0.05	50	0.08	1.59	0.74±0.03	96	0.08	1.59
Cu	9.08±0.27	46	6.28	12.69	9.52±0.32	50	6.11	18.67	9.31±0.21	96	6.11	18.67
Zn	54.51±1.41	46	40.33	75.23	56.77±1.39	50	40.91	77.31	55.68±0.99	96	40.33	77.31
Se	0.35±0.01	46	0.26	0.48	0.34±0.01	50	0.22	0.49	0.35±0.01	96	0.22	0.49
Sr	6.32±0.29	46	3.58	12.12	6.60±0.30	50	3.52	11.65	6.47±0.21	96	3.52	12.12
Cd	4.56±1.28	9	1.00	11.00	4.26±1.25	7	1.00	10.00	4.43±0.87	16	1.00	11.00
Al	134.48±18.09	46	4.30	410.00	186.61±20.33	50	4.11	421.01	161.63±13.87	96	4.11	421.01
Ni	0.33±0.04	46	0.02	0.97	0.34±0.04	50	0.03	0.97	0.33±0.03	96	0.02	0.97
Fe	236.67±27.61	46	20.56	677.76	216.60±26.24	50	20.61	802.19	226.22±18.95	96	20.56	802.19
Pb	3.94±0.47	46	0.30	10.13	4.26±0.52	50	0.31	12.90	4.11±0.35	96	0.30	12.90

Bireylerin cinsiyetlere göre her lokalite için ortalama ağır metal birikimleri (Çizelge 4.15-27) aşağıda yer almaktadır:

Çizelge 4.15. Kontrol 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Kontrol 1											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.3±0.05	4	0.22	0.38	0.23±0.00	4	0.23	0.23	0.27±0.03	8	0.22	0.38
Ba	2.21±0.17	4	1.88	2.55	2.78±0.08	4	2.63	2.94	2.50±0.14	8	1.88	2.94
Li	1.08±0.11	4	0.83	1.34	0.93±0.09	4	0.67	1.03	1.00±0.07	8	0.67	1.34
Be	0.04±0.00	4	0.03	0.05	0.04±0.00	4	0.03	0.04	0.04±0.00	8	0.03	0.05
Cr	4.65±0.28	4	4.02	5.31	4.31±0.20	4	3.82	4.78	4.48±0.17	8	3.82	5.31
Mn	39.75±8.03	4	20.19	59.51	33.68±3.61	4	23.06	39.00	36.71±4.23	8	20.19	59.51
Co	0.52±0.06	4	0.42	0.67	0.46±0.04	4	0.33	0.51	0.49±0.03	8	0.33	0.67
Cu	7.54±0.43	4	6.31	8.32	8.21±0.14	4	7.79	8.36	7.88±0.24	8	6.31	8.36
Zn	55.75±4.35	4	45.74	66.68	51.88±2.15	4	47.98	57.81	53.82±2.36	8	45.74	66.68
Se	0.40±0.02	4	0.35	0.44	0.37±0.01	4	0.33	0.39	0.38±0.01	8	0.33	0.44
Sr	5.52±0.57	4	3.95	6.47	4.67±0.39	4	3.52	5.19	5.09±0.36	8	3.52	6.47
Cd												
Al	45.49±14.29	4	4.30	66.12	13.96±7.12	4	4.11	34.80	29.72±9.49	8	4.11	66.12
Ni	0.03±0.00	4	0.02	0.04	0.10±0.03	4	0.03	0.18	0.07±0.02	8	0.02	0.18
Fe	42.51±8.16	4	20.56	58.16	48.06±9.79	4	21.08	67.36	45.28±5.99	8	20.56	67.36
Pb	0.69±0.13	4	0.30	0.90	0.59±0.14	4	0.32	0.94	0.64±0.09	8	0.30	0.94

Çizelge 4.16. Kontrol 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Kontrol 2											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.25±0.00	4	0.24	0.26	0.27±0.01	4	0.26	0.28	0.26±0.00	8	0.24	0.28
Ba	2.76±0.24	4	2.04	3.08	3.14±0.16	4	2.95	3.60	2.95±0.15	8	2.04	3.60
BuLi	1.30±0.21	4	0.97	1.92	1.02±0.28	4	0.55	1.82	1.16±0.17	8	0.55	1.92
Be	0.06±0.01	4	0.03	0.08	0.04±0.01	4	0.02	0.07	0.05±0.01	8	0.02	0.08
Cr	5.81±0.61	4	4.61	6.90	5.17±0.60	4	4.31	6.93	5.49±0.41	8	4.31	6.93
Mn	34.75±3.41	4	25.53	40.70	33.35±3.37	4	23.96	39.73	34.05±2.24	8	23.96	40.70
Co	0.47±0.14	4	0.08	0.72	0.56±0.05	4	0.42	0.66	0.51±0.07	8	0.08	0.72
Cu	6.79±0.09	4	6.58	7.01	6.93±0.28	4	6.11	7.30	6.86±0.14	8	6.11	7.30
Zn	46.12±2.04	4	40.91	50.88	48.40±1.04	4	46.02	50.35	47.26±1.14	8	40.91	50.88
Se	0.34±0.02	4	0.29	0.38	0.36±0.02	4	0.32	0.42	0.35±0.01	8	0.29	0.42
Sr	7.58±1.36	4	4.90	10.21	5.38±1.15	4	3.62	8.71	6.48±0.92	8	3.62	10.21
Cd					1.98	1	2.00	2.00	1.98	1	2.00	2.00
Al	24.45±5.33	4	10.10	32.65	115.07±102.01	4	8.81	421.01	69.76±50.29	8	8.81	421.01
Ni	0.11±0.04	4	0.05	0.21	0.17±0.11	4	0.03	0.51	0.14±0.06	8	0.03	0.51
Fe	75.86±16.71	4	28.02	104.02	44.03±5.00	4	31.68	55.06	59.94±10.07	8	28.02	104.02
Pb	0.61±0.19	4	0.30	1.05	2.04±1.44	4	0.39	6.35	1.32±0.72	8	0.30	6.35

Çizelge 4.17. Lokalite 1 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 1											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	2.57±0.60	4	0.77	3.25	0.88±0.21	4	0.31	1.24	1.73±0.44	8	0.31	3.25
Ba	3.72±0.05	4	3.61	3.83	4.38±0.24	4	3.94	4.82	4.05±0.17	8	3.61	4.82
Li	1.56±0.51	4	0.97	3.07	1.09±0.07	4	0.93	1.25	1.33±0.25	8	0.93	3.07
Be	0.04±0.00	4	0.04	0.05	0.03±0.01	4	0.02	0.05	0.04±0.00	8	0.02	0.05
Cr	4.80±0.24	4	4.41	5.50	5.35±0.98	4	3.50	7.11	5.07±0.48	8	3.50	7.11
Mn	36.86±4.21	4	29.98	48.56	39.25±9.32	4	20.09	59.51	38.06±4.76	8	20.09	59.51
Co	0.52±0.04	4	0.43	0.60	0.78±0.21	4	0.30	1.33	0.65±0.11	8	0.30	1.33
Cu	8.17±0.75	4	7.32	10.41	8.40±0.50	4	7.61	9.73	8.28±0.42	8	7.32	10.41
Zn	48.61±1.47	4	45.19	52.23	58.25±2.91	4	53.43	66.68	53.43±2.37	8	45.19	66.68
Se	0.36±0.02	4	0.33	0.42	0.34±0.00	4	0.33	0.34	0.35±0.01	8	0.33	0.42
Sr	5.63±0.52	4	4.56	7.03	6.22±0.02	4	6.16	6.27	5.92±0.27	8	4.56	7.03
Cd	11.23	1	11.00	11.00	1.30	1	1.00	1.00	6.27±4.97	2	1.00	11.00
Al	193.87±100.75	4	21.98	410.00	97.98±68.85	4	14.28	303.45	145.92±59.32	8	14.28	410.00
Ni	0.38±0.17	4	0.07	0.73	0.45±0.00	4	0.44	0.46	0.42±0.08	8	0.07	0.73
Fe	75.13±26.52	4	30.44	151.06	257.44±115.53	4	40.52	500.55	166.28±64.79	8	30.44	500.55
Pb	7.50±2.35	4	0.87	11.39	5.74±1.33	4	2.65	8.83	6.62±1.29	8	0.87	11.39

Çizelge 4.18. Lokalite 2 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 2											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.33±0.01	4	0.31	0.33	0.45±0.04	4	0.39	0.58	0.39±0.03	8	0.31	0.58
Ba	4.55±0.28	4	4.06	5.06	4.51±0.21	4	4.24	5.14	4.53±0.16	8	4.06	5.14
Li	0.92±0.20	4	0.62	1.51	3.24±0.84	4	0.75	4.40	2.08±0.59	8	0.62	4.40
Be	0.03±0.01	4	0.02	0.04	0.05±0.01	4	0.02	0.08	0.04±0.01	8	0.02	0.08
Cr	4.80±0.59	4	3.59	6.40	4.02±0.13	4	3.73	4.31	4.41±0.31	8	3.59	6.40
Mn	40.12±1.56	4	35.53	42.44	44.40±0.51	4	43.22	45.58	42.26±1.11	8	35.53	45.58
Co	0.71±0.23	4	0.34	1.31	0.77±0.17	4	0.33	1.17	0.74±0.13	8	0.33	1.31
Cu	8.82±0.57	4	7.83	9.87	8.23±0.05	4	8.14	8.36	8.52±0.29	8	7.83	9.87
Zn	65.89±1.34	4	62.78	69.00	74.20±1.34	4	71.08	77.31	70.04±1.80	8	62.78	77.31
Se	0.33±0.00	4	0.32	0.33	0.32±0.00	4	0.31	0.32	0.32±0.00	8	0.31	0.33
Sr	6.37±0.03	4	6.31	6.43	6.53±0.02	4	6.47	6.58	6.45±0.03	8	6.31	6.58
Cd					1.68	1	2.00	2.00	1.68	1	2.00	2.00
Al	61.70±50.10	4	4.82	211.29	185.02±60.40	4	42.61	312.28	123.36±43.16	8	4.82	312.28
Ni	0.55±0.07	4	0.47	0.77	0.20±0.10	4	0.05	0.50	0.38±0.09	8	0.05	0.77
Fe	330.59±115.26	4	33.02	528.16	343.01±100.92	4	98.69	560.81	336.80±70.96	8	33.02	560.81
Pb	2.52±0.81	4	0.89	4.59	6.94±1.46	4	3.41	10.47	4.73±1.14	8	0.89	10.47

Çizelge 4.19. Lokalite 3 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 3											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.53±0.04	4	0.45	0.61	0.47±0.02	4	0.44	0.51	0.50±0.02	8	0.44	0.61
Ba	5.23±0.01	4	5.21	5.26	4.73±0.23	4	4.44	5.41	4.98±0.14	8	4.44	5.41
Li	1.57±0.15	4	1.37	2.02	1.71±0.60	4	0.66	3.15	1.64±0.29	8	0.66	3.15
Be	0.07±0.01	4	0.03	0.08	0.04±0.01	4	0.02	0.06	0.05±0.01	8	0.02	0.08
Cr	4.47±0.66	4	3.53	6.34	5.21±0.52	4	4.55	6.76	4.84±0.41	8	3.53	6.76
Mn	47.55±0.51	4	46.37	48.72	71.52±7.98	4	49.51	87.33	59.53±5.85	8	46.37	87.33
Co	1.03±0.05	4	0.91	1.14	0.83±0.18	4	0.51	1.22	0.93±0.09	8	0.51	1.22
Cu	8.05±0.47	4	6.65	8.63	7.83±0.57	4	6.28	8.71	7.94±0.34	8	6.28	8.71
Zn	62.50±4.61	4	53.54	71.46	53.31±3.64	4	47.69	63.92	57.90±3.23	8	47.69	71.46
Se	0.31±0.00	4	0.30	0.31	0.30±0.00	4	0.29	0.30	0.30±0.00	8	0.29	0.31
Sr	6.68±0.03	4	6.62	6.74	6.83±0.02	4	6.78	6.89	6.76±0.03	8	6.62	6.89
Cd												
Al	362.20±26.87	4	297.57	421.01	195.25±99.96	4	21.98	410.00	278.72±57.37	8	21.98	421.01
Ni	0.23±0.17	4	0.03	0.72	0.20±0.08	4	0.07	0.42	0.21±0.09	8	0.03	0.72
Fe	303.06±115.08	4	20.61	500.71	84.60±18.46	4	55.89	138.31	193.83±67.94	8	20.61	500.71
Pb	2.04±1.12	4	0.33	5.17	1.29±0.23	4	0.76	1.81	1.66±0.55	8	0.33	5.17

Çizelge 4.20. Lokalite 4 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 4											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	1.38±0.66	4	0.52	3.33	1.51±0.65	4	0.67	3.44	1.44±0.43	8	0.52	3.44
Ba	5.45±0.26	4	4.67	5.72	5.75±0.14	4	5.46	6.12	5.60±0.15	8	4.67	6.12
Li	2.29±0.82	4	0.88	4.20	3.01±0.58	4	1.30	3.82	2.65±0.48	8	0.88	4.20
Be	0.05±0.00	4	0.05	0.05	0.05±0.00	4	0.05	0.05	0.05±0.00	8	0.05	0.05
Cr	3.93±0.14	4	3.58	4.28	6.05±0.86	4	3.52	7.11	4.99±0.57	8	3.52	7.11
Mn	81.13±7.17	4	61.26	95.01	89.95±0.94	4	84.77	89.13	84.04±3.52	8	61.26	95.01
Co	0.83±0.29	4	0.31	1.59	0.73±0.13	4	0.44	1.00	0.78±0.15	8	0.31	1.59
Cu	9.62±0.71	4	8.84	11.74	9.71±0.28	4	9.05	10.19	9.66±0.35	8	8.84	11.74
Zn	50.00±0.74	4	48.29	51.71	50.45±5.59	4	43.74	67.16	50.23±2.61	8	43.74	67.16
Se	0.29±0.00	4	0.28	0.29	0.28±0.00	4	0.27	0.28	0.28±0.00	8	0.27	0.29
Sr	7.99±1.01	4	6.93	11.01	6.00±0.95	4	4.16	8.12	7.00±0.74	8	4.16	11.01
Cd	1.46	1	1.00	1.00					1.46	1	1.00	1.00
Al	299.55±54.42	4	156.63	413.85	163.46±47.31	4	71.07	280.65	231.50±42.14	8	71.07	413.85
Ni	0.14±0.05	4	0.03	0.25	0.32±0.10	4	0.03	0.49	0.23±0.06	8	0.03	0.49
Fe	150.03±26.08	4	83.34	210.71	195.81±48.54	4	59.49	286.86	172.92±26.94	8	59.49	286.86
Pb	0.52±0.07	4	0.39	0.64	1.52±0.23	4	0.99	2.04	1.02±0.22	8	0.39	2.04

Çizelge 4.21. Lokalite 5 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 5											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.74±0.01	4	0.71	0.77	1.21±0.02	4	1.18	1.25	0.98±0.09	8	0.71	1.25
Ba	7.88±1.03	4	6.08	9.67	6.39±0.09	4	6.12	6.51	7.13±0.55	8	6.08	9.67
Li	3.59±0.86	4	1.05	4.74	1.79±0.33	4	1.18	2.66	2.69±0.54	8	1.05	4.74
Be	0.05±0.00	4	0.05	0.05	0.05±0.00	4	0.05	0.05	0.05±0.00	8	0.05	0.05
Cr	3.98±0.26	4	3.41	4.67	5.51±0.75	4	4.01	7.18	4.75±0.47	8	3.41	7.18
Mn	92.77±0.94	4	90.58	94.95	63.58±20.10	4	20.76	99.31	78.17±10.83	8	20.76	99.31
Co	0.49±0.09	4	0.32	0.74	0.49±0.13	4	0.16	0.79	0.49±0.07	8	0.16	0.79
Cu	8.36±0.74	4	6.67	9.66	8.75±0.88	4	6.23	10.34	8.55±0.54	8	6.23	10.34
Zn	50.63±7.14	4	40.33	71.47	46.76±0.35	4	45.95	47.58	48.70±3.39	8	40.33	71.47
Se	0.29±0.03	4	0.26	0.37	0.45±0.01	4	0.41	0.46	0.37±0.03	8	0.26	0.46
Sr	7.01±0.45	4	5.87	7.76	5.23±0.16	4	4.85	5.61	6.12±0.40	8	4.85	7.76
Cd					2.06	1	2.00	2.00	2.06	1	2.00	2.00
Al	163.48±86.90	4	33.17	406.91	225.68±77.62	4	30.98	357.24	194.58±55.20	8	30.98	406.91
Ni	0.22±0.05	4	0.10	0.33	0.37±0.12	4	0.03	0.56	0.29±0.07	8	0.03	0.56
Fe	262.80±74.66	4	41.61	368.98	419.78±24.12	4	363.72	475.83	341.29±46.90	8	41.61	475.83
Pb	2.17±0.59	4	0.44	3.09	4.32±0.23	4	3.79	4.84	3.24±0.50	8	0.44	4.84

Çizelge 4.22. Lokalite 6 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok6											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	1.19±0.11	4	0.86	1.37	1.48±0.04	4	1.41	1.59	1.34±0.08	8	0.86	1.59
Ba	8.25±0.58	4	6.53	8.95	6.86±0.05	4	6.77	6.96	7.55±0.37	8	6.53	8.95
Li	0.89±0.21	4	0.39	1.40	2.26±0.74	4	0.79	3.58	1.57±0.44	8	0.39	3.58
Be	0.05±0.00	4	0.05	0.05	0.04±0.01	4	0.02	0.05	0.04±0.00	8	0.02	0.05
Cr	4.02±0.18	4	3.51	4.35	4.15±0.24	4	3.48	4.64	4.08±0.14	8	3.48	4.64
Mn	49.89±16.98	4	21.23	90.00	59.03±9.76	4	36.35	81.70	54.46±9.23	8	21.23	90.00
Co	1.12±0.08	4	0.91	1.32	0.81±0.04	4	0.70	0.88	0.96±0.07	8	0.70	1.32
Cu	10.81±0.25	4	10.45	11.54	11.60±0.58	4	9.87	12.29	11.20±0.33	8	9.87	12.29
Zn	44.59±0.35	4	43.78	45.40	47.42±2.58	4	42.69	52.15	46.00±1.32	8	42.69	52.15
Se	0.35±0.02	4	0.30	0.40	0.32±0.01	4	0.29	0.34	0.34±0.01	8	0.29	0.40
Sr	4.22±0.17	4	3.83	4.60	6.61±1.33	4	3.58	9.33	5.41±0.77	8	3.58	9.33
Cd	2.67	1	3.00	3.00	2.40	1	2.00	2.00	2.54±0.14	2	2.00	3.00
Al	223.17±32.02	4	178.47	317.86	145.65±8.47	4	125.96	165.34	184.41±21.20	8	125.96	317.86
Ni	0.55±0.05	4	0.48	0.71	0.30±0.14	4	0.06	0.55	0.43±0.08	8	0.06	0.71
Fe	253.62±111.04	4	50.58	513.21	279.87±125.63	4	38.43	567.16	266.74±77.78	8	38.43	567.16
Pb	5.72±0.23	4	5.19	6.24	7.87±0.59	4	6.94	9.59	6.79±0.50	8	5.19	9.59

Çizelge 4.23. Lokalite 7 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 7											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	1.78±0.09	4	1.63	2.01	2.05±0.01	4	2.03	2.08	1.91±0.07	8	1.63	2.08
Ba	7.82±0.06	4	7.66	7.93	6.93±0.08	4	6.71	7.03	7.38±0.17	8	6.71	7.93
Li	3.70±0.51	4	2.55	4.86	3.28±0.97	4	0.64	5.32	3.49±0.51	8	0.64	5.32
Be	0.03±0.00	4	0.02	0.03	0.05±0.00	4	0.04	0.05	0.04±0.00	8	0.02	0.05
Cr	5.56±0.26	4	4.97	6.14	4.42±0.10	4	4.16	4.63	4.99±0.25	8	4.16	6.14
Mn	52.45±14.42	4	31.94	94.82	39.70±4.37	4	27.89	48.81	46.08±7.38	8	27.89	94.82
Co	0.48±0.06	4	0.34	0.61	0.73±0.03	4	0.66	0.79	0.60±0.06	8	0.34	0.79
Cu	10.34±0.23	4	9.93	10.74	9.35±0.97	4	6.87	10.94	9.85±0.50	8	6.87	10.94
Zn	61.59±1.10	4	59.09	64.43	66.11±3.82	4	55.12	72.45	63.85±2.03	8	55.12	72.45
Se	0.33±0.00	4	0.33	0.33	0.34±0.01	4	0.33	0.38	0.34±0.01	8	0.33	0.38
Sr	7.57±1.31	4	5.31	10.33	5.49±0.08	4	5.37	5.72	6.53±0.72	8	5.31	10.33
Cd	2.77	1	3.00	3.00	4.62	1	5.00	5.00	3.70±0.93	2	3.00	5.00
Al	93.14±8.48	4	73.44	112.83	110.62±41.34	4	34.06	200.93	101.88±19.81	8	34.06	200.93
Ni	0.33±0.16	4	0.05	0.61	0.17±0.12	4	0.05	0.53	0.25±0.10	8	0.05	0.61
Fe	346.26±93.12	4	119.69	574.06	277.49±84.19	4	44.59	447.22	311.87±59.55	8	44.59	574.06
Pb	4.52±2.11	4	0.69	8.34	7.67±2.08	4	1.44	10.09	6.09±1.50	8	0.69	10.09

Çizelge 4.24. Lokalite 8 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 8											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	3.67±0.55	4	2.09	4.48	2.89±0.67	4	2.18	4.88	3.28±0.43	8	2.09	4.88
Ba	7.90±0.48	4	7.05	9.26	8.65±0.36	4	7.96	9.28	8.27±0.31	8	7.05	9.28
Li	2.58±0.83	4	1.16	4.84	4.37±0.60	4	2.78	5.46	3.47±0.58	8	1.16	5.46
Be	0.06±0.00	4	0.05	0.07	0.06±0.01	4	0.02	0.08	0.06±0.01	8	0.02	0.08
Cr	3.58±0.15	4	3.22	3.93	3.86±0.05	4	3.75	3.99	3.72±0.09	8	3.22	3.99
Mn	45.10±0.70	4	43.46	46.73	49.46±0.70	4	47.82	51.09	47.28±0.94	8	43.46	51.09
Co	0.94±0.04	4	0.85	1.03	1.18±0.04	4	1.09	1.27	1.06±0.05	8	0.85	1.27
Cu	9.22±1.20	4	6.33	11.24	11.27±0.19	4	10.71	11.50	10.24±0.68	8	6.33	11.50
Zn	50.32±2.77	4	44.57	57.79	59.82±6.51	4	40.67	68.97	55.07±3.73	8	40.67	68.97
Se	0.28±0.00	4	0.27	0.29	0.36±0.02	4	0.33	0.42	0.32±0.02	8	0.27	0.42
Sr	4.88±0.16	4	4.51	5.24	3.90±0.16	4	3.54	4.27	4.39±0.21	8	3.54	5.24
Cd					3.01	1	3.00	3.00	3.01	1	3.00	3.00
Al	96.11±5.44	4	79.80	102.27	159.26±61.46	4	45.68	289.98	127.68±30.95	8	45.68	289.98
Ni	0.61±0.05	4	0.54	0.74	0.06±0.02	4	0.03	0.09	0.33±0.11	8	0.03	0.74
Fe	247.36±72.81	4	29.01	324.58	284.91±93.96	4	66.56	503.26	266.14±55.48	8	29.01	503.26
Pb	2.63±1.00	4	0.56	5.26	6.14±1.67	4	2.31	9.96	4.38±1.12	8	0.56	9.96

Çizelge 4.25. Lokalite 9 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 9											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	N	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	0.57±0.25	4	0.29	1.31	2.12±0.78	4	0.35	3.75	1.34±0.48	8	0.29	3.75
Ba	8.63±0.14	4	8.38	9.03	9.24±0.03	4	9.18	9.32	8.93±0.13	8	8.38	9.32
Li	2.92±0.39	4	2.08	3.75	3.14±0.56	4	2.05	4.72	3.03±0.32	8	2.05	4.72
Be	0.04±0.02	4	0.02	0.09	0.21±0.16	4	0.02	0.70	0.12±0.08	8	0.02	0.70
Cr	4.05±0.04	4	3.95	4.14	4.61±0.21	4	4.27	5.21	4.43±0.15	8	3.95	5.21
Mn	53.81±0.70	4	52.18	55.44	50.67±8.06	4	26.53	59.80	52.24±3.79	8	26.53	59.80
Co	0.86±0.06	4	0.71	0.96	0.45±0.07	4	0.28	0.61	0.65±0.09	8	0.28	0.96
Cu	10.96±0.47	4	9.64	11.70	10.28±0.97	4	7.76	11.83	10.62±0.51	8	7.76	11.83
Zn	66.62±0.87	4	65.07	68.84	58.09±3.09	4	50.54	63.94	62.35±2.19	8	50.54	68.84
Se	0.43±0.02	4	0.39	0.48	0.42±0.03	4	0.32	0.48	0.42±0.02	8	0.32	0.48
Sr	9.52±0.35	4	8.81	10.29	11.23±0.40	4	10.38	12.12	10.38±0.41	8	8.81	12.12
Cd					8.46	1	8.00	8.00	8.46	1	8.00	8.00
Al	267.86±80.75	4	51.44	404.29	100.67±35.07	4	22.07	192.80	184.26±51.57	8	22.07	404.29
Ni	0.54±0.16	4	0.12	0.89	0.64±0.10	4	0.35	0.77	0.59±0.09	8	0.12	0.89
Fe	144.73±62.04	4	48.83	314.46	618.04±75.66	4	468.89	802.19	381.39±100.26	8	48.83	802.19
Pb	5.54±1.67	4	1.71	9.36	5.69±1.20	4	3.46	8.76	5.61±0.95	8	1.71	9.36

Çizelge 4.26. Lokalite 10 Bölgesinden yakalanan örneklerde cinsiyetlere göre ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	Lok 10											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	2.84±0.25	4	2.28	3.48	3.30±0.09	4	3.08	3.51	3.07±0.15	8	2.28	3.51
Ba	8.69±0.76	4	6.40	9.48	8.91±1.00	4	5.91	9.97	8.80±0.58	8	5.91	9.97
Li	4.24±0.35	4	3.47	4.90	3.39±0.70	4	2.01	5.28	3.82±0.40	8	2.01	5.28
Be	0.04±0.01	4	0.02	0.06	0.05±0.02	4	0.02	0.09	0.05±0.01	8	0.02	0.09
Cr	4.77±0.04	4	4.67	4.86	5.03±0.04	4	4.93	5.12	4.90±0.06	8	4.67	5.12
Mn	70.02±2.64	4	63.89	76.15	86.38±2.64	4	80.24	92.51	78.20±3.54	8	63.89	92.51
Co	0.80±0.07	4	0.66	0.97	1.19±0.06	4	1.08	1.36	1.00±0.09	8	0.66	1.36
Cu	13.11±2.09	4	8.55	18.67	11.09±1.25	4	7.72	13.23	12.10±1.19	8	7.72	18.67
Zn	59.90±3.06	4	52.45	67.34	59.21±4.77	4	45.85	67.56	59.55±2.63	8	45.85	67.56
Se	0.33±0.06	4	0.22	0.49	0.41±0.02	4	0.39	0.46	0.37±0.03	8	0.22	0.49
Sr	6.79±1.50	4	4.24	10.97	7.37±0.49	4	6.29	8.56	7.08±0.74	8	4.24	10.97
Cd	10.01	1	10.00	10.00	5.75±2.41	3	1.00	9.00	6.82±2.01	4	1.00	10.00
Al	234.62±68.21	4	91.35	389.00	300.92±45.46	4	202.49	400.39	267.77±39.96	8	91.35	400.39
Ni	0.69±0.22	4	0.03	0.97	0.69±0.18	4	0.16	0.97	0.69±0.13	8	0.03	0.97
Fe	188.27±16.21	4	151.05	226.62	156.00±12.31	4	124.35	177.64	172.13±11.23	8	124.35	226.62
Pb	5.08±1.23	4	2.81	7.88	9.32±1.88	4	4.06	12.90	7.20±1.31	8	2.81	12.90

Çizelge 4.27. Yakalanan örneklerin cinsiyetlerine göre tüm loklatelerdeki ortalama ağır metal birikimleri (mg/L)

Lokalite	TOTAL											
Cinsiyet	Dişi				Erkek				Total			
Ağır Metal	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	n	Min	Maks	X±SE	N	Min	Maks
As	1.34±0.18	48	0.22	4.48	1.40±0.17	48	0.23	4.88	1.37±0.12	96	0.22	4.88
Ba	6.09±0.35	48	1.88	9.67	6.02±0.32	48	2.63	9.97	6.06±0.24	96	1.88	9.97
Li	2.22±0.21	48	0.39	4.90	2.44±0.22	48	0.55	5.46	2.33±0.15	96	0.39	5.46
Be	0.05±0.00	48	0.02	0.09	0.06±0.01	48	0.02	0.70	0.05±0.01	96	0.02	0.70
Cr	4.53±0.13	48	3.22	6.90	4.81±0.16	48	3.48	7.18	4.67±0.10	96	3.22	7.18
Mn	53.68±3.17	48	20.19	95.01	54.83±3.33	48	20.09	99.31	54.26±2.28	96	20.09	99.31
Co	0.73±0.05	48	0.08	1.59	0.75±0.05	48	0.16	1.36	0.74±0.03	96	0.08	1.59
Cu	9.32±0.32	48	6.31	18.67	9.30±0.27	48	6.11	13.23	9.31±0.21	96	6.11	18.67
Zn	55.21±1.35	48	40.33	71.47	56.16±1.46	48	40.67	77.31	55.68±0.99	96	40.33	77.31
Se	0.34±0.01	48	0.22	0.49	0.35±0.01	48	0.27	0.48	0.35±0.01	96	0.22	0.49
Sr	6.64±0.29	48	3.83	11.01	6.29±0.30	48	3.52	12.12	6.47±0.21	96	3.52	12.12
Cd	5.63±2.06	5	1.00	11.00	3.89±0.90	11	1.00	9.00	4.43±0.87	16	1.00	11.00
Al	172.13±20.63	48	4.30	421.01	151.13±18.66	48	4.11	421.01	161.63±13.87	96	4.11	421.01
Ni	0.36±0.04	48	0.02	0.97	0.30±0.04	48	0.03	0.97	0.33±0.03	96	0.02	0.97
Fe	201.68±23.53	48	20.56	574.06	250.75±29.53	48	21.08	802.19	226.22±18.95	96	20.56	802.19
Pb	3.29±0.45	48	0.30	11.39	4.92±0.52	48	0.32	12.90	4.11±0.35	96	0.30	12.90

5. TARTIŞMA

Akdeniz Bölgesi'nden kontrol lokaliteleri de dahil olmak üzere 12 farklı lokaliteden *Erinaceus concolor* türünden dikensi kıl örnekleri alınmış ve lokalitelere bağlı olarak bu örneklerdeki ağır metal birikim seviyeleri tespit edilmiştir. Örneklerin elde edildiği lokalitelerden Kontrol 1-2 lokaliteleri kirlilik seviyelerinin minimum olduğu düşünülen bölgelerdir.

Bu çalışma kapsamında çalışılan ağır metal (As, Ba, Li, Be, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Sr, Cd, Al, Ni, Fe, Pb) birikim seviyeleri yapılan analizler sonucunda; *E. concolor* türünden farklı lokalitelerden alınan dikensi kıl örneklerinin farklı yaş gruplarına göre ortalamaları Çizelge 4.2-4.14'te farklı cinsiyet ortalamalarına göre Çizelge 4.15-4.27'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

5.1. Farklı Lokalitelerden Alınan *Erinaceus concolor* Türünün Ağır Metal Birikim Seviyelerinin Belirlenmesinde Kullanılması

Erinaceus cinsi ile yürütülen çalışmalar incelendiğinde; farklı ağır metallerin bu canlılar üzerinde birikime neden olduğu tespit edilmiştir. Birikim seviyelerinin bu canlıların bulundukları ortamların kirlilik seviyelerine göre farklılık gösterdiği de gözlemlenmiştir. *Erinaceus* cinsine ait bireylerin bulundukları habitatlardaki kirlilik düzeyleri hakkında bilgi verebilmeleri nedeni ile biyoindikatör organizmalar olarak bilinmektedirler. (Allema vd. 2006; D'Have' vd. 2005; D'Have' vd. 2006b; Vermeulen vd. 2009a; Rautio vd. 2010; Yavuz vd. 2019). Bu yüksek lisans tezi kapsamında da bu biyoindikatör organizmalardan *E. concolor* türü kullanılarak ağır metal birikim seviyeleri analizleri yapılmıştır.

5.1.1. Dikensi Kıl Örneklerinde Total Ağır Metal Birikimi

Bu çalışma kapsamında belirlenen lokalitelerden yakalanan *E. concolor* türlerinden non-invaziv yöntem ile dikensi kıllarda birikim gösteren As, Ba, Li, Be, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Sr, Cd, Al, Ni, Fe ve Pb ağır metallerinin her birinin farklı lokalitelerdeki birikim seviyeleri yaşa bağlı olarak da Şekil 5.1-5.16; cinsiyete bağlı olarak Şekil 6.1-6.16'daki grafiklerde verilmiştir. Her bir lokalite için yaş gruplarına bağlı ortalama ağır metal birikim seviyeleri Çizelge 2.1-2.13'te; cinsiyetlere bağlı ortalama ağır metal birikimleri ise Çizelge 3.1-3.13'te verilmiştir. Metal birikim seviyeleri açısından lokaliteler arasındaki ilişkiyi açıklayan Canonical Diskriminant Modeli ise Şekil 5'te verilmiştir.

5.1.1.1. As Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre; farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen As birikim seviyeleri Şekil 5.1'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde As için ($t=-0.16$; $df= 94$; $p= 0.88$) genç ve yetişkin bireyler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen As birikim seviyeleri Şekil 6.1'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde As için ($t=-0.25$; $df= 94$; $p= 0.81$) dişi ve erkek bireyler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Literatürdeki farklı çalışmalar incelendiğinde; D'Have ve ekibinin (2006) yürüttüğü çalışmada, dikensi kıllardaki As seviyelerinin karaciğerdeki metal seviyeleri ile benzer olduğu

görülmüştür. Bununla birlikte kıl ve dikensi kıllarda As birikiminin daha fazla olduğu sonucu da elde edilmiştir (D'Have vd. 2006). Bir diğer çalışmada As elementinin topraktaki ve *E. concolor* birikim seviyelerinin benzer olduğu sonucu elde edilmiştir (D'Have vd. 2005). Kirpilerden (*E. concolor*) alınan karaciğer. Böbrek, kıl ve dikensi kıl kullanılarak yürütülen çalışmada ise dişi ve erkek bireylerin dokularında biriken As seviyelerinde farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Rautio vd. 2005), bu durum bu çalışmada bulduğumuz sonuçlarla tamamen örtüşmektedir. ICP-MS tekniği kullanılarak yürütülen bir çalışmada 47 ağır metal ve mikroelement (iz element) kullanılmıştır. Yaşamlarının erken evrelerindeki kontrol ratlarının kılları kullanılarak yürütülen bu çalışmada As analizi yapılan ağır metaller arasında yer almaktadır. Yaşamlarının erken dönemlerinde PERM (permetrin)'e maruz kalan sıçanların, altı aya kıyasla 12 ayda önemli bir As artışı gösterdikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte tüm zaman noktalarında uygulama grubu ve kontrol grupları arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunmadığı sonucuna varılmıştır (Nasuti vd. 2016). Bu çalışmada da tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde, farklı yaş grupları arasında her bir ağır metal için istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır. İngiltere'de temiz bir lokasyondan alınan ve As rafinerisine yakın bir lokaliteden alınan *Apodemus sylvaticus*, *Clethrionomys glareolus*, *Sorex araneus* (küçük kemirgen türleri), türlerinin farklı doku ve orgalarından alınan örnekler üzerindeki As birikim seviyeleri incelenmiş ve sonuç olarak As rafinerisine yakın lokalitelerden yakalan bireylerdeki birikim seviyelerinin temiz bölgeden yakalanan bireylerdeki birikim seviyelerine oranla daha yüksek olduğu görülmüştür (İsmail ve Roberts 1992). İngiltere'de yürütülen bu çalışma da kirlenici kaynaklara yakın alanlarda yaşamlarını sürdüren canlılarda meydana gelen yüksek birikim seviyelerini ortaya koymaktadır.

Arsenik insanlarda kanserleşmeye neden (karsinojen) olduğu da bilinen bir zehirdir. Yürütülen çalışmalar serbest radikallerin As metabolizması sonucu meydana geldiğini ortaya koymuştur (Yamanaka vd. 2001). Yürütülen bazı deneysel çalışmalar; serbest radikallerin As tarafından indüklendiği ve bu serbest radikallerin oksidatif hassas sinyal yollarının aktivasyonuna neden olduğu dolayısıyla hücre hasar ve hücre ölümüne neden olduğunu ortaya koymuştur (Kamat vd. 2005).

Böbrekler As elementinin vücuttan atılmasında rol oynayan birincil organ olarak bilinmektedir (WHO 1981; Hunder vd. 1999; Liu vd. 2000). Böbrekler organizmada As'nin vücuttan elimine edilmesini sağlarken aynı zamanda As elementine de büyük ölçüde maruz kalmaktadırlar (WHO 1981). Hayvanlar üzerinde yürütülen deneyler böbreklerdeki As maruziyetinin kronik bir etkiye neden olduğunu göstermiştir (WHO 1981). Bununla birlikte hidroksil radikallerinin oluşumunu arttıran Arsenat (AsO_4^{3-}) maruziyeti merkezi sinir sistemi hastalıklarına da neden olmaktadır (Roy ve Saha 2002).

5.1.1.2. Ba Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Ba birikim seviyeleri Şekil 5.2'de gösterildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Ba için ($t=-1.13$; $df=94$; $p=0.26$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Ba birikim Şekil 6.2'de gösterildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Ba elementi

için ($t= 0.14$; $df= 94$; $p= 0.89$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır.

5.1.1.3. Li Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Li birikim seviyeleri Şekil 5.3'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Li için ($t=-1.15$; $df= 94$; $p= 0.25$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Li birikim seviyeleri Şekil 6.3'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Li için ($t=-0.72$; $df= 94$; $p= 0.47$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır.

5.1.1.4. Be Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Be birikim seviyeleri Şekil 5.4'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Be için ($t=1.24$; $df= 94$; $p= 0.22$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Be birikim seviyeleri Şekil 6.4'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Be için ($t=-0.84$; $df= 94$; $p= 0.41$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır.

5.1.1.5. Cr Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Cr birikim seviyeleri Şekil 5.5'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Cr için ($t=0.97$; $df= 94$; $p= 0.34$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Cr birikim seviyeleri Şekil 6.5'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Cr için ($t=-1.33$; $df= 94$; $p= 0.19$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Literatürdeki farklı çalışmalar incelendiğinde; kirpi kıl ve dikensi kıl örnekleri ile ICP-MS kullanılarak yapılan ağır metal analizlerinde Cr'nin kıl ve dikensi kıllarda baskın olduğu tespit edilmiştir (D'Have vd. 2006).

5.1.1.6. Mn Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Mn birikim seviyeleri Şekil 5.6'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Mn için ($t=0.13$; $df= 94$; $p= 0.90$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Mn birikim seviyeleri Şekil 6.6'da verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Mn için ($t=-0.25$; $df= 94$; $p= 0.80$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde *Crocidura russula* (Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009), *Microtus agrestis* ve *Apodemus sylvaticus* için (Beardsley vd. 1978; Gdula-Argasinska vd. 2004; Gorriz 1996) türlerindeki Mn birikim

seviyelerinin düşük olduğu saptanmıştır. Mn seviyelerinin memelilerde fizyolojik olarak düzenlendiği ve genel olarak dokulardaki yüksek birikim seviyelerinin çevresel artışlarda ilişkili olmadığı (Beardsley vd. 1978) ifade edilmiştir. Ancak bu çalışmada yaşa ve cinsiyete bağlı olarak elde edilen Mn seviyeleri lokalite 4-5'te yüksektir. Bu lokaliteler kıyı kesimlerine yakın konumdadır.

5.1.1.7. Co Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Co birikim seviyeleri Şekil 5.7'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Co için ($t=0.79$; $df= 94$; $p= 0.43$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Co birikim seviyeleri Şekil 6.7'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Co için ($t=-0.30$; $df= 94$; $p= 0.77$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır.

Kalp için toksik etki gösteren kobalt, hayvanlara yüksek miktarlarda verilmesi durumunda kanserleşme (karsinojen) etkisi gösterebilmektedir. Solunum yoluyla kobalt sülfata maruz bırakılan dişi ve erkek farelerde alveolar/bronşial neoplazma, solunum yollarında inflamasyon, fibrotik ve proliferatif lezyonlar meydana gelmesine neden olduğu görülmüştür (Bucher vd. 1999).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde doku ve organlardaki metal dağılımlarının farklı türlerde birbirinden ayrıldığı görülmüştür (Talmage ve Walton 1991; Komarnicki 2000; Swiergosz-Kowalewska vd. 2005). Bu farklılığın, fizyolojik mekanizmanın toksisiteyi azaltması, metale maruz kalma süresi ve şekli ve/veya yumuşak dokularda metallerin yarı ömürlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007).

Birçok çalışmada serbest radikal indüklemesinin Co toksisitesinden kaynaklandığı gösterilmiştir. Yapılan bir çalışmada çeşitli Co (II) kompleksleri ve hidrojen peroksitin belli fizyolojik koşullarda reaksiyona girmesi ile serbest radikallerin meydana geldiği görülmüştür (Hanna vd. 1992).

5.1.1.8. Cu Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Cu birikim seviyeleri Şekil 5.8'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Cu için ($t=-1.06$; $df= 94$; $p= 0.29$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Cu birikim seviyeleri Şekil 6.8'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Cu için ($t=0.031$; $df= 94$; $p= 0.98$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Literatürdeki farklı çalışmalar incelendiğinde; Slovakya'da yapılan bir çalışmada, çevresel kirleticilerin etkisi nedeniyle kirlendiği bilinen bir alandan yakalanan *Apodemus flavicollis* ve *Myodes glareolus* örneklerinin çeşitli doku ve organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri tespit edilmiş ve en yüksek Cu konsantrasyonları ağırlıklı olarak karaciğer ve böbrek organlarında tespit edilmiştir (Martiniaková vd. 2010). *Myodes glareolus* örneklerinde Cu birikim

konsantrasyonlarının organlardaki birikim seviyeleri karaciğer> kemik> böbrek olarak tespit edilmiştir.

Bir diğer çalışmada kirpilerden alınan örnekleri ile bu çalışmada da ICP-MS kullanılarak yapılan ağır metal analizlerinde Cu birikim seviyelerin en yüksek olduğu dokulardan birinin kıl olduğu tespit edilmiştir (D'Have vd. 2006).

5.1.1.9. Zn Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Zn birikim seviyeleri Şekil 5.9'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Zn için ($t=-1.14$; $df= 94$; $p= 0.26$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Zn birikim seviyeleri Şekil 6.9'da verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Zn için ($t=-0.48$; $df= 94$; $p= 0.64$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Zn elementi genel olarak temel eser elementlerin davranış modeline uygundur. Bu nedenle eser elementlerde olduğu gibi diyetteki Zn biyokonsantrasyonu arttıkça artmakta ve azaldıkça azalmaktadır (Wiegand ve Kirchgessner 1980). Bu nedenle metal kirliliğinin fazla olduğu bölgelerden yakalanan hayvan doku ve organlarındaki biyokonsantrasyon da yüksek olmaktadır (Johnson vd. 1978; Roberts ve Johnson 1978). Ancak atık baraj bölgesinden yakalanan *Apodemus sylvaticus* türünden elde edilen örneklerde yürütülen bir çalışmada Zn birikim seviyelerinin düşük olduğu sonucu elde edilmiştir. Düşük Zn seviyelerindeki sebepler; Pb, Cd ve florid ile Zn arasındaki etkileşimler ve bu metallerin depolama proteinleri veya taşıyıcı proteinlerce alınması esnasındaki rekabetçi bağlanma olasılığı olarak belirtilebilmektedir (Cousins 1985).

5.1.1.10. Se Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Se birikim seviyeleri Şekil 5.10'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Se için ($t=0.07$; $df= 94$; $p= 0.94$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Se birikim seviyeleri Şekil 6.10'da verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Se için ($t=-1.61$; $df= 94$; $p= 0.11$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Literatürdeki farklı çalışmalar incelendiğinde; Kirpiler üzerinde yürütülen bir çalışmada karaciğeri böbrek, kıl ve dikensi kıl örnekleri kullanılmış dişi ve erkek bireylerin dokularında biriken Se seviyelerinde -bu çalışmada da görüldüğü üzere- farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Rautio vd. 2010).

5.1.1.11. Sr Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Sr birikim seviyeleri Şekil 5.11'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Sr için ($t=-0.65$; $df= 94$; $p= 0.52$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Sr birikim seviyeleri Şekil 6.11'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Sr

için ($t=0.86$; $df= 94$; $p= 0.39$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır.

5.1.1.12. Cd Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Cd birikim seviyeleri Şekil 5.12’de verildiği gibidir. Yapılan t-testi’ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Cd için ($t=0.87$; $df= 0.30$; $p= 1.79$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Cd birikim seviyeleri Şekil 6.12’de verildiği gibidir. Yapılan t-testi’ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Cd için ($t=0.47$; $df= 1.74$; $p= 2.25$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Kadmiyum yüksek oranda toksik etkiye sahip olduğu bilinen bir metaldir. Cd serbest radikalleri doğrudan üretmek yerine süperoksit, hidroksil ve nitrik oksit gibi radikalleri dolaylı yollarla üretir (Galan vd. 2001). Cd insanlarda kanser oluşumuna neden olan bir metaldir. Mesleki maruziyet ile birlikte akciğer, prostat, pankreas ve böbrek kanserleri ile ilgili olduğu görülmüştür. Cd’un akciğerlerde kanser oluşumuna neden olması nedeniyle, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (International Agency for Research on Cancer) ve Amerika Ulusal Toksikoloji Programı’na (National Toxicology Program of the USA) göre 1. kategori içerisinde yer almaktadır (Waisberg vd. 2003). Yüksek dozda Cd doğrudan DNA hasarına neden olabilmekte ve genetik materyali bozabilmektedir (Chang vd. 1996; Godt vd. 2006; Usuda vd. 2010).

Cd elementinin Zn ve Fe gibi eser elementlerin seviyelerini değiştirebildiği ve organizma diyetinde Cd’un varlığı Fe emilimini azalttığı ve gastrointestinal sistemde de Zn emilimini arttırdığı bilinmektedir (Friberg vd. 1986; Kabata-Pendias ve Pendias 1999). Karaciğer ve böbrek Cd biyobirikiminde hedef organ olduğu birçok çalışmada gözlemlenmiştir (Leita vd. 1991; Talmage ve Walton 1991; Alonso vd. 2002; Pereira vd. 2006). Bununla birlikte böbrek Cd konantrasyonu için birincil organdır ve dokuda hastalığın oluşması ile (histopatolojik) meydana gelen değişimlerin erken görülebilmesine de neden olan bir organdır (Świergosz-Kowalewska 2001).

İngiltere’de yürütülen bir çalışmada, temiz olduğu bilinen bir lokaliteden ve florür atıkları bulunan bir başka lokaliteden *Apodemus sylvaticus*, *Microtus agrestis* ve *Sorex araneus* türlerine ait böbrek, karaciğer ve kemik örnekleri alınmıştır. Alınan bu örneklerdeki kurşun, florid ve Kadmiyum birikim seviyeleri incelenmiş; en yüksek birikim seviyelerinin hem kirli hem de temiz alan için kemik dokuda Pb ve florid birikimi olduğu, böbrekte ise Cd birikimi olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada yalnızca kirli alanda yakalanan *S. araneus* türünde karaciğerdeki Cd birikim seviyelerinin böbrekten daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Cooke vd. 1990).

Ağır metal ihtiva ettiği bilinen maden alınan yakın bölgelerden ve temiz olduğu bilinen kontrol lokalitesinden *Clethrionomys glareolus* türünden örnekler alınmış ve bu dokularda Pb, Zn ve Cd tespit edilmiştir (Milton vd. 2003). Maden alanına yakın bölgelerden yakalanan türlerin tahmini besin alımlarının belirlenmesi ile birlikte hayvanların üç metale (Pb, Zn ve Cd) yüksek seviyelerde maruz kaldıkları ve dokulardaki birikim seviyelerinin bu durumu yansıttığı gösterilmiştir. Pb seviyelerinin maden alanından yakalanan örneklerdeki tüm dokular ve organlarda yüksek olduğu, Cd birikiminin ise yalnızca böbreklerde yüksek olduğu tespit edilmiştir (Milton vd. 2003).

5.1.1.13. Al Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Al birikim seviyeleri Şekil 5.13'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Al için ($t=-1.90$; $df= 94$; $p=0.06$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Cd birikim seviyeleri Şekil 6.13'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Al için ($t=0.76$; $df= 94$; $p=0.45$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Literatürdeki farklı çalışmalar incelendiğinde; *E. concolor* ile yürütülen bir çalışmada karaciğer, böbrek ve dikensi kıl kısımlarında ağır metal birikim seviyeleri ICP-MS ile yapılmış, Al konsantrasyonunun dikensi kıllarda en yüksek olduğu belirlenmiştir (D'Have vd. 2006).

5.1.1.14. Ni Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Ni birikim seviyeleri Şekil 5.14'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Ni için ($t=-0.13$; $df= 94$; $p= 0.90$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Ni birikim seviyeleri Şekil 6.14'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Ni için ($t=1.02$; $df= 94$; $p= 0.20$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Nikel, DNA metilasyonunun etkileyerek gen ekspresyonunu değiştirmek suretiyle kansere neden olabilen bir insan karsinojenidir (Lee vd. 1995). Farklı nikel bileşikleri (çözünmeyen nikel sülfhidril tozları ve nikel oksitler, nikel karbonil buharı, çözünebilir aerosoller olan nikel sülfat, nitrit ve klorit) potansiyel karsinojenlerdir (Barceloux ve Nickel 1999). Akciğer, insanlardaki nikel maruziyetinde ilk hedef organdır. Norveç'te nikel rafinerilerinde çalışan işçiler üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışma suda çözünebilen nikel bileşiklerinin akciğer kanserinin gelişmesi riski ile yakın ilişkili olduğunu göstermiştir (Grimsrud vd. 2005).

Hayvanlarda Ni DNA tamir mekanizması üzerine etki göstererek tamire engel olurken, toksik konsantrasyonlardaki Ni'in lipid peroksidasyonunu ve protein karbonil oluşumunu indüklediği gözlenmiştir (Valko vd. 2006b). Nikelin karsinojen, teratojenik, genotoksik ve hepatotoksik olduğu bilinmektedir (Pandey ve Srivastava 2000; Punshon vd. 2003).

5.1.1.15. Fe Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağlı olarak elde edilen Fe birikim seviyeleri Şekil 5.15'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Fe için ($t=0.53$; $df= 94$; $p= 0.60$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağlı olarak elde edilen Fe birikim seviyeleri Şekil 6.15'te verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Fe için ($t=-1.30$; $df= 94$; $p= 0.20$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır.

Esansiyel metallere biri olan Fe canlı organizmaların düzgün işleyişi için esas olan elementlerden biri olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda alındığında toksik etkilere de neden olabilmektedir (Angelova vd. 2004; Jusufi vd. 2017).

Yürütölmüş birçok çalışmaya göre Fe konsantrasyonlarının vücutta artış göstermesi; kanser, dolaşım sistemi hastalıkları ve birçok nörolojik hastalığın oluşumu ile neredeyse doğrudan ilişkilidir (Siah vd. 2005). Dikensi kıllar üzerinde yapılan analizlerde dikensi kıllardaki metal konsantrasyonu karaciğerdeki metal konsantrasyonu ile pozitif ilişkili olmasına rağmen Fe için bu veri elde edilmemiştir (D'Have vd. 2006).

5.1.1.16. Pb Birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre farklı lokalitelerdeki yaşa bağılı olarak elde edilen Pb birikim seviyeleri Şekil 5.16'de verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Pb için ($t=-0.45$; $df= 94$; $p= 0.65$) genç ve yetişkin bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır. Farklı lokalitelerdeki cinsiyete bağılı olarak elde edilen Pb birikim seviyeleri Şekil 6.16'da verildiği gibidir. Yapılan t-testi'ne göre tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde Pb için ($t=-2.40$; $df= 94$; $p= 0.020$) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda fark bulunmuştur. Pb elementinin fizyolojik olarak insan ve hayvan fonksiyonlarında herhangi bir rolü olmadığı ancak zaman içerisinde birçok sistemle toksik etkiye neden olabildiği bilinmektedir (Chang vd. 1996; Goyer 1990). Pb elementine düşük dozlarda dahi maruz kalma durumunda çocuklarda IQ, gelişim ve davranışsal etkiler gözlemlenmiştir (Schwartz 1994; Chang vd. 1996). Yine Pb birikimi yetişkinlerde enerji üretimini etkilediği ve nörotransmitter maddeleri etkileyerek hipertansiyona neden olabileceği de ifade edilmiştir (Chang vd. 1996). Kronik olarak Pb maruziyeti sonucunda karaciğer hasarı (Bolognani Fantin vd. 1992), böbrek yetmezliği (Venugopal ve Luckey 1978; Nolan ve Shaikh 1992), ani dişi düşüklerinde artış ve erkek fertilitesinde azalmalar ortaya çıkmaktadır (Friberg vd. 1986). Pb birikimi toksik etkiye neden olarak akciğer, böbrek ve mide dokularında kanserleşme ve genotoksik etkilere neden olduğu bilinmektedir (Chang vd. 1996). Mesleki olarak kansere neden olan etmenlere ve sigaraya maruz kalma durumları ile Pb maruziyetinin ortaya çıkması; çalışanlarda mide, akciğer, idrar kesesi ve böbrek organlarında kanserleşmeye neden olduğu görölmüştür (Fu ve Boffetta 1995). Yürütölen bir başka çalışmada Pb birikimine çok az örnekte rastlanmış ve bunun nedeni olarak da örnek olarak kullanılan kemirgen memeli örneklerinin Pb elementine maruz kalmamış olmaları gösterilmiştir (Pereira vd. 2006). Bununla birlikte vücutta bulunan Pb'nin %90 oranında kemik dokuda bulunduğu bilinmektedir (Talmage ve Walton 1991). Çinko ertime fabrikasının yakınlarında yürütölen bir çalışmada küçük kemirgen memeli türlerinin doku ve organlarındaki Pb birikim seviyeleri farklı lokalitelerden yakalanan örneklerden daha yüksek çıkmış (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003) ve Pb birikiminin en yüksek olduğu dokunun kemik doku olduğu görölmüştür (Hunter vd. 1982; Shore ve Rattner 2001).

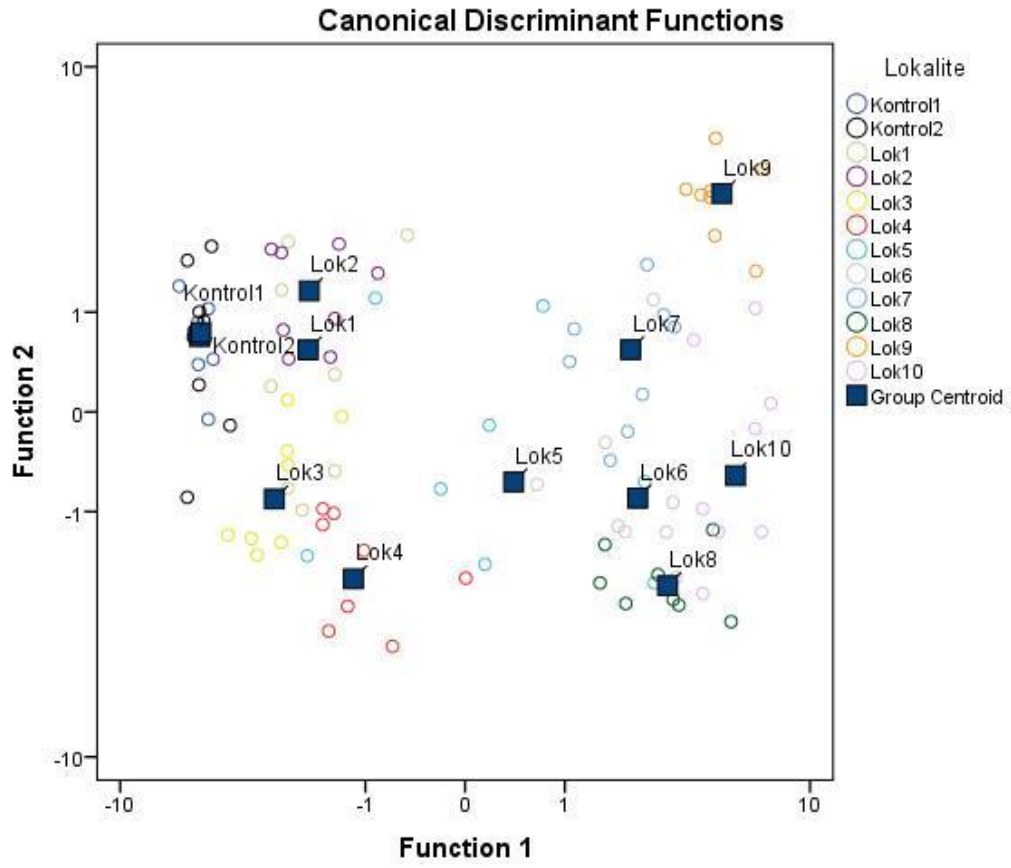
Bir diğör çalışmada *Apodemus sylvaticus* (dağ faresi) türünün kılları kullanılmış ve kıllardaki Pt, Pd, Rh, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin karaciğer, böbrek ve kıl dokudaki birikim seviyeleri incelenmiştir. Sonuç olarak da kıllardaki Pt, Pd, Rh, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonları karaciğer ve böbrekteki konsantrasyonla uyumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu analiz sonuçları da

göstermektedir ki; kıl örnekleri metal maruziyetinin girişimsel olmayan yöntem ile ölçülmesinde ve lokaliteler arasındaki metal maruziyet farklarının belirlenmesinde iyi bir araç olma özelliği göstermektedir (Marcheselli vd. 2010). Bununla birlikte D'Have (2006) ve ekibi Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn and As metallerinin *Erinaceus europaeus* türünü kullanarak kıl-dikensi kıllardaki ağır metal birikim seviyeleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma sonucunda kıl ve iç dokular arasındaki metal konsantrasyonları arasında ciddi anlamda pozitif bir ilişki olduğu sonucuna da varılmıştır.

Bilindiği üzere canlılar üzerinde elementlerin dolayısıyla ağır metallerin ve bunlardan türevlenen birçok molekülün tek başına etkileri olduğu gibi birlikte (kümülatif olarak değerlendirilmelidir) etkileri de vardır. Özellikle sinerjistik ve/veya antagonistik etkilerin fizyolojik ve metabolik olayları etkilediği bilinmektedir. Bu bakımdan ağır metal birikiminin tek tek ele alınmasının yanında incelenen ağır metaller bakımından total bir değerlendirmeye tabi tutulması da yerinde olacaktır.

Ağır Metal birikimi bakımından lokaliteler arasındaki ilişki ve diskriminant modeli aşağıda yer almaktadır:

Bu çalışma kapsamında. Belirlenen lokalitelerden (1-2 kontrol ve örnek yakalanan lokaliteler 1-10) yakalanan *E. concolor* örneklerinin dikensi kıllarında meydana gelen ağır metal birikimleri As, Ba, Li, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Se, Sr, Al, Ni, Fe ve Pb (Be ve Cd elementlerinin birikimi bakımından lokaliteler arasında fark olmadığından veri setine dahil edilmemiştir) ağır metalleri bakımından lokaliteler bazında Canonical Diskriminant ile değerlendirilmiş olup sonuç olarak; Kontrol 1 ve Kontrol 2 lokalitelerinin birbirine benzer olup bunlara en benzer gruplar Lok 1 ve Lok 2 dir. Bunun yanında Lok 3 ve Lok 4 ün birbirine benzer, Lok 5-8 ile 10 un birbirine kısmen benzer, Lok 9'un ise tüm diğer lokalitelerden belirgin biçimde farklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.1). Bu çalışma kapsamında *E. concolor* türünün dikensi kıllarında araştırılan ağır metal birikimlerinin Canonical Diskriminant Modeline ait grafik Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5.1. *E. concolor* örneklerinin dikensi kıllarında ağır metal birikim seviyeleri açısından lokaliteler arasındaki ilişkiyi açıklayan Canonical Diskriminant Modeli

6. SONUÇLAR

E. concolor türü ile yürütülen bu çalışmada ağır metal birikim seviyelerinin belirlenebilmesi için non-invaziv yöntem kullanılmıştır. Bireylerin öldürülmesine gerek kalmadan, invaziv yöntemle kıyasla daha kolay uygulanan bu yöntem sayesinde, bireylerin öldürülmesi gerekmez. Kıl yapılarında meydana gelen birikim seviyelerinin genel olarak iç organlardaki birikim seviyeleriyle benzer olduğu farklı bilimsel çalışmalarla da desteklenmiştir (Vermeulen vd. 2008; (Beernaert vd. 2007; Pereira vd. 2006; D'Have vd. 2006; Marcheselli vd. 2010).

Bu tez çalışmasında *E. concolor* türünün dikensi kılları kullanılarak 16 farklı ağır metalin birikim seviyeleri incelenmiştir. 96 bireyden alınan örneklerle yürütülen çalışmada bireyler alt gruplara ayrılmıştır. Dişi ve erkek, yetişkin ve genç bireyler halinde oluşturulan her bir alt grubun tablo ve grafikleri oluşturulmuştur.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde ve tüm lokaliteler dikkate alındığında dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda total ağır metal birikimi açısından bir fark bulunamamıştır. Öte yandan Pb elementi için dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunmuştur. Şekil 4.32'da verildiği gibi Pb elementi birikim seviyeleri erkek bireylerde dişi bireylere kıyasla daha yüksektir. Yine elde edilen veriler dikkate alındığında ve tüm lokaliteler birlikte değerlendirildiğinde genç ve yetişkin bireylerde hiçbir ağır metal için istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır.

Küçük boyutlu memeli hayvanlar ile yapılan çalışmalarda 12 aylık bireylerde Magnezyum ve Kükürt için daha fazla birikim meydana geldiği gözlemlenmiş olsa da (Nasuti vd. 2016), bu tez çalışmasında *E. concolor* türünde anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bireylerde farklı gelişim evrelerinde farklı birikim seviyelerinin meydana gelmesi olasıdır. Genç evredeki bireylerin vücutlarında, yetişkin evrelerdeki dönemlerine göre daha fazla ağır metal birikimi meydana gelme durumu da göz önünde bulundurulmalıdır. Buna rağmen omurgalıların birçoğunda yaş ilerledikçe daha önce çok fazla rol üstlenmeyen sistemlerin daha aktif hale geldiği bilinen bir gerçektir. Özellikle yetişkinliğe doğru üreme sistemlerinin (primer ve sekonder karakterler de dahil) metabolik aktivitede önemli rol üstlenmesiyle birlikte elementlerin potansiyel etkileşimlerinin de değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Birçok çalışmada eşey hücrelerinin bazı elementleri daha fazla biriktirdiği, özellikle dişilerde gelişen meme dokusu gibi dokuların bazı elementleri daha fazla içerdiği (tam tersine bazı elementleri hiç biriktirmedikleri) gösterilmiştir (Kalisińska 2019). Bu bakımdan yaş grupları değerlendirilirken, gelişime bağlı olarak aktivitesi artan ve azalan dokuların da birlikte değerlendirilmesi gerekir. Yine benzer bir şekilde vücutta Cd ve Pb için önemli akümülatör doku olan kemik dokusu örnek verilebilir. Kemik dokusu gençlerde daha sıkı yoğun ve kompakt olduğundan bu tip elementleri yaşlılardaki yoğunluğu düşük gözenekli hale gelmiş (osteoporoz) kemik dokusuna göre daha fazla biriktirecektir. Dolayısıyla bazı elementler genç bireylerde yoğun bir birikim gösterirken, yaş ilerledikçe daha fazla birikim göstermesi beklenmesine rağmen metabolik aktivite ve fizyolojik değişim nedeni ile tam tersine birikimin azalması veya birikimin belli seviyelerde kalması söz konusu olacaktır. Bu durum bütün dokuların birbirleriyle olan ilişkisi dikkate alındığında bir deri türevi olan kılda yaş grupları arasında beklenen farkın ortaya çıkmamasının temel nedeni olabilir.

Bunun yanı sıra yalnızca metabolik olarak değil türün bulunduğu habitatteki yaşam koşulları da ağır metal birikim seviyelerinin belirlenmesinde etkilidir. Öyle ki non-invaziv yöntem kullanılarak, dikensi kıl üzerinde yapılan analizler canlının yetişkin evrede çıkmış dikensi kıl yapılarından biri olabilir. *E. concolor* türüne ait bireyler bulundukları ortamda herhangi bir yaralanma veya kılın olduğu bölgelerde dikensi kıl kaybı yaşamış olabileceği de bilinmelidir. Bununla birlikte bu kıl yapılarının dönemsel olarak dökülüyor olması da (bazı memelilerde gerçekleşen post değişimine benzer bir şekilde) yaşa ve cinsiyete bağlı olarak istatistiksel anlamda bir farkın ortaya çıkmamasının nedenlerinden biri olarak gösterilebilir (Kalisínska 2019).

Toksik madde kontaminasyonu bakımından organizmalar vücuttan atılması zor olan bu maddelere minimum düzeyde maruz kalmaktadırlar. Çoğu canlı organizma yaşam süreçleri boyunca; biyotransformasyon (biyolojik değişim) olsun veya olmasın süreç içerisinde devamlı ve kronik olmak üzere bu maddeleri biriktirmektedirler. Bu durum da çoğunlukla yaşlı hayvanlarda yüksek konsantrasyonların görülmesine yol açmaktadır (Ali and Khan 2019; Monteiro vd. 2016; Jota vd. 2022).

Bu çalışmada Akdeniz Bölgesi kapsamında örnekleme yapılan lokaliteler ve kirlilik kaynaklarıyla olan ilişkileri genel olarak değerlendirildiğinde: Lok 3-8'in genel olarak kıyı şeridine yakın olması nedeniyle kıyıdan ve daha çok evsel kaynaklı kirlilikle yüz yüze kalması söz konusudur. Kıyı şeridindeki lokalitelerde yüksek çıkan ağır metaller lokalitelerine göre şu şekildedir: Lok 3 için Al, Co, Zn; Lok 4 için Mn, Zn; Lok 5 için Zn, Fe; Lok 6 için Co, Cu, Zn, Fe, Pb; Lok 7 için Cu, Zn, Fe, Pb; Lok 8 için As, Ba, Co, Cu, Zn'dir. Ayrıca bu lokalitelerin daha yoğun bir şehirleşmeye sahip olması, buna bağlı olarak trafik yükünün fazla olması ve yakıt yanması sonucu oluşan emisyon (Pb, Al, Ni vb) nedeniyle ya da araçlardan kaynaklı teknik kirlenme (As, Co vb) gibi sebeplerle maruziyetler yaşaması söz konusudur. Tüm bunların yanında Lokalite 7 ve 8 deniz taşımacılığı ve liman faaliyetleriyle de ilişkilidir. Tüm lokaliteler içinde: Lokalite 9 ve 10 ise organize sanayi bölgelerine en yakın lokaliteler olup, sanayi kaynaklı kirliliğe en çok maruz kalan lokaliteler konumundadırlar. Diğer tarftan, Lokalite 2 ve 9 ise tarımsal faaliyetlere yakın konumlarıyla pestisit (Cu, B, Mn vb) kaynaklı kirliliğe en uygun durumdadırlar. Ayrıca Lokalite 2 maden ocaklarına da oldukça yakındır. Lokalite 1 meyve bahçelerine oldukça yakın olup, insan ve sanayiden oldukça uzaktır. Tüm bunların yanında, Kontrol 1 ve Kontrol 2 ise hem insan yerleşiminden, hem tarımdan, hem de madencilik faaliyetlerinden oldukça uzak konumda yer almaktadır. Bu bakımdan ağır metal maruziyeti bakımından en az etki altında olduğu düşünülen sahalardır. Bu düşüncüyü analiz sonuçları da desteklemektedir. Neredeyse tüm ağır metal elementlerin birikimleri bakımından kontrol lokaliteleri en düşük derişimleri içermektedir.

Kirlilik faktörlerinden biri olan ağır metaller canlı grupları için risk oluşturmaktadır. Çeşitli faktörlere bağlı olarak (genetik, maruz kalınan doz, yaş, sağlık durumu vs.) insanlarda -başta kanser olmak üzere- birçok hastalığa sebep olmaktadır (Seven vd. 2018). Beslenme diyeti yoluyla solunum ve deri yoluyla ağır metaller maruz kalınması durumunda canlılar üzerinde ciddi zararlar meydana getirmektedirler. Bu nedenle kirlletici kaynaklarına yakın olan yerleşim alanları insanların ağır metal maruziyetini artırır niteliktedir. Çalışma lokalitelerinden Lok 3-8 kıyı şeridinde olmakla birlikte insan yerleşim alanlarına da yakındır. Bu alanlardaki kirlilik

düzeylerinin belirlenmesi ve önlem alınabilmesi amacıyla çeşitli gruplardan biyoindikatörlerin kullanılması ve değerlendirilmesi yararlı olacaktır.

Sonuç olarak; yaş gruplarına, cinsiyete vb. ne göre değerlendirildiğinde gruplar arasında fark olmaması ancak bazı istasyonlarda bu gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olması buna neden olan/olabilecek değişken/lerin neler olabileceğini araştırmayı zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen verilerin ışığında doğal hayat örneklemeleri ve gerekirse kaptivde yapılacak olan çalışmalarla bu sonuçların nedenlerinin araştırılması bu türün ve hatta yakın akraba grupların yaşamlarında gizli kalmış olabilecek noktaları aydınlayabilecektir. Bu tez çalışmasında elde edilen verilerin *E. concolor* türü ile daha kapsamlı çalışmalar yapılabilmesi için ön veri seti oluşturacağı umut edilmektedir.



7. KAYNAKLAR

- Alleva E. Francia N. Pandolfi M. De Marinis A.M. Chirrotti F. Santuccul D. 2006. Organochlorine and Heavy-Metal Contaminants in Wild Mammals and Birds of Urbino-Pesaro Province. Italy: An Analytic Overview for Potential Bioindicators. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 51. 123–134.
- Alonso, M.L., Benedito, J.L., Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J. and Shore, R.F. 2002. Interactions between toxic and essential trace metals in cattle from a region with low levels of pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 42: 165- 172.
- Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V. and Ivanov, K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fiber crops (flax, cotton, and hemp). *Ind. Crops Prod.*, 19 (3): 197-205.
- Anonymous 1: <https://www.iucnredlist.org/species/14327/113304138/> [Son erişim tarihi:12.10.2019]
- Anonim 2: <http://dictionary.cambridge.org/tr/sözlük/ingilizce/non-invaziv> [Son erişim tarihi: 08.08.2022]
- Appenzeller. B. M. & Tsatsakis. A. M. 2012. Hair analysis for biomonitoring of environmental and occupational exposure to organic pollutants: state of the art. critical review and future needs. *Toxicology letters*. 210(2). 119-140.
- Arıkan K. Yaşar Arıkan Z. Turan S. L. 2018. Persistent Organochlorine Contaminant Residues in Tissues of Hedgehogs from Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 100:361–368.
- Ateş D. 2010. Kırıkkale İli *Erinaceus concolor* (Martın. 1838) Türünün Sds-Page ile Kan Serum Proteinlerinin Analizi (Mammalia: Insectivora). Kırıkkale Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans. 58 s.
- Barceloux, D.G. 1999. Nickel. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, 37: 239-258.
- Beardsley, A., Vagg, M.J., Beckett, P.H.T. and Sansom, B.F. 1978. Use of field vole (*M. agrestis*) for monitoring potentially harmful elements in environment. *Environ. Pollut.*, 16: 65-71.
- Beernaert. J. Scheirs. J. Leirs. H. Blust. R. & Verhagen. R. 2007. Non-destructive pollution exposure assessment by means of wood mice hair. *Environmental Pollution*. 145(2). 443-451.
- Behrooz. R. D. Poma. G. & Covaci. A. 2020. Assessment of persistent organic pollutants in hair samples collected from several Iranian wild cat species. *Environmental research*. 183. 109198.
- Benjamin. T. Brasso. R. Midway. S. Thompson. D. & Harden. L. A. 2018. Using non-destructive techniques to measure mercury (Hg) concentrations in gravid Blanding's turtles (*Emydoidea blandingii*) in northeastern Illinois. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 101(3). 295-299.
- Berglund. Å. M. 2018. Evaluating blood and excrement as bioindicators for metal accumulation in birds. *Environmental Pollution*. 233. 1198-1206.

- Bezerra. M. F. Lacerda. L. D. D. Lima. E. H. S. M. & Melo. M. T. D. 2013. Monitoring mercury in green sea turtles using keratinized carapace fragments (scutes). *Marine pollution bulletin*. 77(1-2). 424-427.
- Bolognani Fantin, A.M., Franchini, A., Trevisan, P. and Pederzoli, A. 1992. Histomorphological and cytochemical changes induced in the liver of goldfish *Carassius carassius* var. *auratus* by short-term exposure to lead. *Acta Histochem.*, 92: 228-235.
- Bucher, J.R., Hailey, J.R., Roycroft, J.R., Haseman, J.K., Sills, R.C., Grumbein, S.L., Mellick, P.W. and Chou, B.J. 1999. Inhalation toxicity and carcinogenicity studies of cobalt sulfate. *Toxicol. Sci.*, 49: 56-67.
- Bulut Ş. 2016. Farklı Habitat Tiplerinde Küçük Memelilerin Biyo-Ekolojilerinin İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Bölümü. Doktora 144s.
- Burger. J. Marquez. M. & Gochfeld. M. 1994. Heavy metals in the hair of opossum from Palo Verde. Costa Rica. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 27(4). 472-476.
- Carravieri. A. & Scheifler. R. 2012. Effets des substances chimiques sur les Chiroptères: état des connaissances. *Université de Franche-Comté*.
- Chang, L.W., Magos, L. and Suzuki, T. 1996. Toxicology of metals. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Clark. D.R. Shore. R.F. 2001. Chiroptera. In: Shore. R.F. Rattner. B.A. (Eds.). *Ecotoxicology of Wild Mammals*. John Wiley & Sons. New York. pp. 159-215.
- Cooke, J.A., Andrews, S.M. and Johnson, M.S. 1990. Lead, zinc, cadmium, and fluoride in small mammals from contaminated grassland established on fluorspar tailings. *Water Air Soil Pollut.*, 51: 43-54.
- Cousins, R.J. 1985. Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiol. Rev.*, 65: 238- 309.
- Cousins. S. Blencowe. N. S. & Blazeby. J. M. 2019. What is an invasive procedure? A definition to inform study design. evidence synthesis and research tracking. *BMJ open*. 9(7). e028576.
- D'Have' H. Scheirs J. Mubiana VK. Verhagen R. Blust R. De Coen W. 2005. Nondestructive pollution exposure assessment in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*); I. Relationships between concentrations of metals and arsenic in hair. spines. and soil. *Environ Toxicol Chem* 24:2356-2364.
- D'Have' H. Scheirs J. Covaci A. Schepens P. Verhagen R. De Coen W. 2006a. Non-destructive pollution exposure assessment in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*): III. Hair as an indicator of endogenous organochlorine compound concentrations. *Environ Toxicol Chem* 25:158-167.
- D'Have' H. Scheirs J. Mubiana VK. Verhagen R. Blust R. De Coen W. 2006b. Non-destructive pollution exposure assessment in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*): II. Hair and spines as indicators of endogenous metal and As concentrations. *Environ Pollut* 142:438-448.

- D'Have H. Scheirs J. Covaci A. van den Brink NW. Verhagen R. De Coen W. 2007. Non-destructive pollution exposure assessment in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*): IV. Hair
- Dahmardeh Behrooz. R. Esmaili-Sari. A. & Chakraborty. P. 2020. Distribution and Ecotoxicological risk assessment of legacy persistent organic pollutants in surface water of Talar. Babolrood and Haraz rivers. *Water*. 12(11). 3104.
- Dahmardeh Behrooz. R. & Poma. G. 2021. Evaluation of mercury contamination in Iranian wild cats through hair analysis. *Biological Trace Element Research*. 199(1). 166-172.
- 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?. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 39(4). 541-546.
- Day. R. D. Christopher. S. J. Becker. P. R. & Whitaker. D. W. 2005. Monitoring mercury in the loggerhead sea turtle. *Caretta caretta*. *Environmental science & technology*. 39(2). 437-446.
- Demirsoy. A. 1996. Türkiye Omurgalıları Memeliler II. Baskı. Çevre Bakanlığı. Çevre Koruma Genel Müdürlüğü Proje No: 90-K-1000-90. *Ankara*. 292s.
- Demirtaş S. 2012. Türkiye *Erinaceus* (Erinaceomorpha: Mammalia) Cinsinin Moleküler Filocoğrafyası. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Doktora Tezi. 229 s.
- Evans. R. D. Addison. E. M. Villeneuve. J. Y. MacDonald. K. S. & Joachim. D. G. 1998. An examination of spatial variation in mercury concentrations in otter (*Lutra canadensis*) in south-central Ontario. *Science of the Total Environment*. 213(1-3). 239-245.
- Friberg, L., Nordberg, G.F. and Vouk, V.B. (Eds.). 1986. Handbook on the Toxicology of Metals, second ed. Elsevier, Amsterdam, New York, Oxford, 947 p.
- Friberg, L., Nordberg, G.F. and Vouk, V.B. (Eds.). 1986. Handbook on the Toxicology of Metals, second ed. Elsevier, Amsterdam, New York, Oxford, 947 p.
- Fu, H. and Boffetta, P. 1995. Cancer and occupational exposure to inorganic lead compounds: A meta-analysis of published data. *Occup. Environ. Med.*, 52 (2): 73-81.
- González-Gómez. X. Simal-Gándara. J. Alvarez. L. E. F. López-Beceiro. A. M. Pérez-López. M. & Martínez-Carballo. E. 2020. Non-invasive biomonitoring of organic pollutants using feather samples in feral pigeons (*Columba livia domestica*). *Environmental Pollution*. 267. 115672.
- Güven. A. Kahvecioğlu. Ö. Kartal. G. & Timur. S. 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-I. *İstanbul Teknik Üniversitesi. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü. Metalurji Dergisi*. 15s.
- Galan, A., Garcia-Bermejo, L., Troyano, A., Vilaboa, N.E., Fernandez, C., de Blas, E. and Aller, P. 2001. The role of intracellular oxidation in death induction (apoptosis and necrosis) in human promonocytic cells treated with stress inducers (cadmium, heat, X-rays). *Eur. J. Cell. Biol.*, 80: 312-320.
- Gdula-Argasinska, J., Appleton, J., Sawicka-Kapusta, K. and Spence, B. 2004. Further investigation of the heavy metal content of the teeth of the bank vole as an exposure indicator of environmental pollution in Poland. *Environ. Pollut.*, 131: 71-79.

- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A. and Groneberg, D.A. 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *J. Occup. Med. Toxicol.*, 1: 22-22.
- Gorritz, M.A. 1996. Efectes de la contaminació atmosférica a *Apodemus sylvaticus* i *Mus musculus*. PhD thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Goyer, R.A. 1990. Lead toxicity: from overt to subclinical to subtle health effects. *Environ. Health Perspect.*, 86: 177-181.
- Grimsrud, T.K., Berge, S.R., Haldorsen, T. and Andersen, A. 2005. Can lung cancer risk among nickel refinery workers be explained by occupational exposures other than nickel? *Epidemiology*, 16: 146-154.
- Hanna, P.M., Kadiiska, M.B. and Mason, R.P. 1992. Oxygen-derived free radical and active oxygen complex-formation from cobalt(II) chelates in vitro. *Chem. Res. Toxicol.*, 5: 109-115.
- Hernout, B. V. McClean, C. J. Arnold, K. E. Walls, M. Baxter, M. & Boxall, A. B. 2016. Fur: a non-invasive approach to monitor metal exposure in bats. *Chemosphere*, 147, 376-381.
- Hernout, B. V. Pietravalle, S. Arnold, K. E. McClean, C. J. Aegerter, J. & Boxall, A. B. 2015. Interspecies variation in the risks of metals to bats. *Environmental Pollution*, 206, 209-216.
- Hernout, B. V. Somerwill, K. E. Arnold, K. E. McClean, C. J. & Boxall, A. B. 2013. A spatially-based modeling framework for assessing the risks of soil-associated metals to bats. *Environmental pollution*, 173, 110-116.
- Hickey, M. B. C. Fenton, M. B. MacDonald, K. C. & Soulliere, C. 2001. Trace elements in the fur of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) from Ontario and Quebec, Canada. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 66(6), 699-706.
- Hopkins, B. C. Hepner, M. J. & Hopkins, W. A. 2013. Non-destructive techniques for biomonitoring of spatial, temporal, and demographic patterns of mercury bioaccumulation and maternal transfer in turtles. *Environmental pollution*, 177, 164-170.
- Hopkins, W. A. 2000. Reptile toxicology: challenges and opportunities on the last frontier in vertebrate ecotoxicology. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 19(10), 2391-2393.
- Hopkins, W. A. Bodinof, C. Budischak, S. & Perkins, C. 2013. Nondestructive indices of mercury exposure in three species of turtles occupying different trophic niches downstream from a former chloralkali facility. *Ecotoxicology*, 22(1), 22-32.
- Hunder, G., Schaper, J., Ademuyiwa, O. and Elsenhans, B. 1999. Species differences in arsenic-mediated renal copper accumulation: a comparison between rats, mice and guinea pigs. *Hum. Exp. Toxicol.*, 18: 699-705.
- Hunter, B.A., Johnson, M.S. and Thompson, D.J. 1982. Cadmium induced lesions in tissues of *Sorex araneus* from metal refinery grasslands. In: Osborn D. (Ed.), *Metals in Mammals*. Proceedings Workshop Monks Wood Exp. Stn., 15-16 September, pp. 39-44.
- Ismail, A. and Roberts, R.D. 1992. Arsenic in small mammals. *Environ. Technol.*, 13:1091-1095.

- Johnson M. S., Roberts R. D., Hutton M. and Inskip M.J. 1978. Distribution of Lead, Zinc and Cadmium in Small Mammals from Polluted Environments. *Oikos*, 30 (1): 153-159.
- Jota Baptista. C. Seixas. F. Gonzalo-Orden. J. M. & Oliveira. P. A. 2022. Biomonitoring metals and metalloids in wild mammals: invasive versus non-invasive sampling. *Environmental Science and Pollution Research*. 1-10.
- Jusufi, K., Stafilov, T., Vasjari, M., Korca, B., Halili, J. and Berisha, A. 2017. Measuring the presence of heavy metals and their bioavailability in potato crops around Kosovo's power plants. *Fresen. Environ. Bull.*, 26: 1682-1686.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1999. *Biogeochemia pierwiastkow sladowych*. PWN, Warsaw, 400 p.
- Kales. S. N. & Christiani. D. C. 2005. Hair and metal toxicity. *Hair in toxicology: an important biomonitor*. Royal Society of Chemistry. Cambridge. MA. 125-158.
- Kalisińska, E. 2019. *Mammals and birds as bioindicators of trace element contaminations in terrestrial environments: an ecotoxicological assessment of the Northern Hemisphere*. Springer.
- Kamat, C.D., Green, D.E., Curilla, S., Warnke, L., Hamilton, J.W., Sturup, S., Clark, C. and Ihnat, M.A. 2005. Role of HIF signaling on tumorigenesis in response to chronic low-dose arsenic administration. *Toxicol. Sci.*, 86: 248-257.
- Komoroske. L. M. Lewison. R. L. Seminoff. J. A. Deheyn. D. D. & Dutton. P. H. 2011. Pollutants and the health of green sea turtles resident to an urbanized estuary in San Diego. CA. *Chemosphere*. 84(5). 544-552.
- Lee, Y.W., Klein, C.B., Kargacin, B., Salnikow, K., Kitahara, J., Dowjat, K., Zhitkovich, A., Christie, N.T. and Costa, M. 1995. Carcinogenic nickel silences gene-expression by chromatin condensation and DNA methylation-a new model for epigenetic carcinogens. *Mol. Cell. Biol.*, 15: 2547-2557.
- Leita, L., Enne, G., De Nobili, M., Baldini, M. and Sequi, P. 1991. Heavy metal bioaccumulation in lamb and sheep bred in smelting and mining areas of S.W. Sardinia (Italy). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 46: 887-893.
- Liu, J., Liu, Y., Goyer, R.A., Achanzar, W. and Waalkes, M.P. 2000. MetallothioneinI/II null mice are more sensitive than wild-type mice to the hepatotoxic and nephrotoxic effects of chronic oral or injected inorganic arsenicals. *Toxicol. Sci.*, 55: 460-467.
- Marcheselli. M. Sala. L. & Mauri. M. 2010. Bioaccumulation of PGEs and other traffic-related metals in populations of the small mammal *Apodemus sylvaticus*. *Chemosphere*. 80(11). 1247-1254.
- Martiniaková, M., Omelka, R., Grosskopf, B. and Jančová, A. 2010. Yellow-necked mice (*Apodemus flavicollis*) and bank voles (*Myodes glareolus*) as zoomonitors of environmental contamination at a polluted area in Slovakia. *Acta Vet. Scand.*, 52 (1): 58.
- McLean. C. M. Koller. C. E. Rodger. J. C. & MacFarlane. G. R. 2009. Mammalian hair as an accumulative bioindicator of metal bioavailability in Australian terrestrial environments. *Science of the Total Environment*. 407(11). 3588-3596.

- Milton, A., Cooke, J.A. and Johnson, M.S. 2003. Accumulation of lead, zinc, and cadmium in a wild population of *Clethrionomys glareolus* from an abandoned lead mine. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 44: 405-411.
- Nasuti, C. Ferraro, S. Giovannetti, R. Piangerelli, M. & Gabbianelli, R. 2016. Metal and microelement biomarkers of neurodegeneration in early life permethrin-treated rats. *Toxics*, 4(1). 3.
- Nolan, C.V. and Shaikh, Z.A. 1992. Lead nephrotoxicity and associated disorders: biochemical mechanisms. *Toxicology*, 73: 127-146.
- Nolet, B. A. Dijkstra, V. A. & Heidecke, D. 1994. Cadmium in beavers translocated from the Elbe River to the Rhine/Meuse Estuary. and the possible effect on population growth rate. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 27(2). 154-161.
- Ortiz-Santaliestra, M. E. & Egea-Serrano, A. 2013. Análisis del impacto de la contaminación química sobre la herpetofauna: nuevos desafíos y aplicaciones prácticas.
- Ortiz-Santaliestra, M. E. Rodríguez, A. Pareja-Carrera, J. Mateo, R. & Martinez-Haro, M. 2019. Tools for non-invasive sampling of metal accumulation and its effects in Mediterranean pond turtle populations inhabiting mining areas. *Chemosphere*, 231. 194-206.
- Pandey, R. and Srivastava, S.P. 2000. Spermatotoxic effects of nickel in mice. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 64 (2): 161-177.
- Pereira, R. Pereira, M. L. Ribeiro, R. & Gonçalves, F. 2006. Tissues and hair residues and histopathology in wild rats (*Rattus rattus* L.) and Algerian mice (*Mus spretus* Lataste) from an abandoned mine area (Southeast Portugal). *Environmental Pollution*, 139(3). 561-575.
- Pereira, R. Ribeiro, R. & Goncalves, F. 2004. Scalp hair analysis as a tool in assessing human exposure to heavy metals (S. Domingos mine, Portugal). *Science of the Total Environment*, 327(1-3). 81-92.
- Perrault, J. R. Miller, D. L. Garner, J. & Wyneken, J. 2013. Mercury and selenium concentrations in leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*): population comparisons, implications for reproductive success, hazard quotients and directions for future research. *Science of the total environment*, 463. 61-71.
- Perry, G. & Garland Jr. T. 2002. Lizard home ranges revisited: effects of sex, body size, diet, habitat, and phylogeny. *Ecology*, 83(7). 1870-1885.
- Punshon, T., Gaines, K.F. and Jenkins, Jr.R.A. 2003. Bioavailability and trophic transfer of sediment-bound Ni and U in a southeastern wetland system. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 44: 30-35.
- Rautio A. Kunasranta M. Valtonen A. Ikonen M. Hyvarinen H. Holopainen IJ. Kukkonen JV. 2010. sex, age, and tissue specific accumulation of eight metals, arsenic, and selenium in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*). *Arch Environ Contam Toxicol* 59(4):642-51.

- Reinecke. A. J. Reinecke. S. A. Musilbono. D. H. and Champan. A. 2000. The transfer of lead (Pb) from earthworms to shrews (*Myosorex varius*). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39: 392-397.
- Rich. C. N. & Talent. L. G. 2009. Soil ingestion may be an important route for the uptake of contaminants by some reptiles. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*. 28(2). 311-315.
- Roberts, R.D. and Johnson, M.S. 1978. Dispersal of heavy metals from abandoned mine workings and their transference through terrestrial food chain. Environ. Pollut., 16: 293-310.
- Roggeman. S. van den Brink. N. Van Praet. N. Blust. R. & Bervoets. L. 2013. Metal exposure and accumulation patterns in free-range cows (*Bos taurus*) in a contaminated natural area: Influence of spatial and social behavior. *Environmental Pollution*. 172. 186-199.
- Roy, P. and Saha, A. 2002. Metabolism and toxicity of arsenic: a human carcinogen. Curr. Sci., 82: 38-45.
- Sánchez-Chardi. A. and Nadal. J. 2007. Bioaccumulation of metals and effects of a landfill in small mammals. Part I. The greater white-toothed shrew. *Crocidura russula*. Chemosphere. 68: 703-711.
- Sánchez-Chardi, A. and López-Fuster, M.J. 2009. Metal and metalloid accumulation in shrews (Soricomorpha, Mammalia) from two protected Mediterranean coastal sites. Environ. Pollut., 157 (4): 1243-1248.
- Seven, T., Büşra, C. A. N., Darende, B. N., & Sevda, O. C. A. K. 2018. Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Schneider. L. Eggins. S. Maher. W. Vogt. R. C. Krikowa. F. Kinsley. L... & Da Silveira. R. 2015. An evaluation of the use of reptile dermal scutes as a non-invasive method to monitor mercury concentrations in the environment. *Chemosphere*. 119. 163-170.
- Schwartz, J. 1994. Low-Level Lead Exposure and Children's IQ: A Metaanalysis and Search for a Threshold. Environ. Res., 65 (1): 42-55.
- Shore, R.F., Rattner, B.A. (Eds.). 2001. Ecotoxicology of Wild Mammals. Wiley, Chichester, New York, Weinheim.
- Shore. R. F. & Rattner. B. A. (Eds.). 2001. *Ecotoxicology of wild mammals* (p. 736). Chichester: Wiley.
- Siah, C.W., Trinder, D. and Olynyk, J.K. 2005. Iron overload. Clin. Chim. Acta, 358: 24-36.
- Silsüpür M. 2018. Hibrit Bölge. Koruma ve Filocoğrafya Bağlamında Türkiye'deki İki Kirpi Türünün (*Erinaceus roumanicus* ve *Erinaceus concolor*) Evrimsel Genetiği: Batı. Doğu İle Karşılaşıyor. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans. 151 s.
- Sobańska. M. A. 2005. Wild boar hair (*Sus scrofa*) as a non-invasive indicator of mercury pollution. *Science of the Total Environment*. 339(1-3). 81-88.
- Sparling. D. W. Linder. G. Bishop. C. A. & Krest. S. (Eds.). 2010. *Ecotoxicology of amphibians and reptiles*. CRC Press.

- Swiergosz-Kowalewska, R. 2001. Cadmium distribution and toxicity in tissues of small rodents. *Microsc. Res. Tech.*, 55: 208-222.
- Talmage S.S. Walton B.T. 1991. Small mammals as monitors of environmental contaminants. *ev. Environ. Contam. Toxicol.* 119. 47-108
- Thanos. P. K. Cavigelli. S. A. Michaelides. M. Olvet. D. M. Patel. U. Diep. M. N. & Volkow. N. D. 2009. A non-invasive method for detecting the metabolic stress response in rodents: characterization and disruption of the circadian corticosterone rhythm. *Physiological research/Academia Scientiarum Bohemoslovaca.* 58(2). 219.
- Tiryaki D. 2009. Türkiye *Erinaceus* (Erinaceomorpha: Mammalia) Cinsinin Moleküler Filogenisi: Mitokondrial Dna (Mtdna) Analizi. On Dokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans. 80 s.
- Turna Demir F. 2018. Farklı Kirlilik Potansiyellerine Sahip Lokalitelerde Yaşayan *Microtus guentheri* Örneklerindeki Ağır Metal Birikim Seviyelerinin Saptanması ve Genetik Hasarın Araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi. Haziran 2018. 326 s.
- Usuda, K., Kono, K., Ohnishi, K., Nakayama, S., Sugiura, Y., Kitamura, Y., Kurita, A., Tsuda, Y., Kimura, M. and Yoshida, Y. 2010. Toxicological aspects of cadmium and occupational health activities to prevent workplace exposure in Japan: A narrative review. *Toxicol. Ind. Health*, 27 (3): 225-233.
- Valko, M., Rhodes, C.J., Moncola, J., Izakovic, M. and Mazura. M. 2006b. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol. Interact.*, 160: 1-40.
- Van Dyke. J. U. Hopkins. W. A. & Jackson. B. P. 2013. Influence of relative trophic position and carbon source on selenium bioaccumulation in turtles from a coal fly-ash spill site. *Environmental pollution.* 182. 45-52.
- Van Dyke. J. U. Jachowski. C. M. B. Steen. D. A. Jackson. B. P. & Hopkins. W. A. 2017. Spatial differences in trace element bioaccumulation in turtles exposed to a partially remediated coal fly ash spill. *Environmental toxicology and chemistry.* 36(1). 201-211.
- Venugopal, B. and Luckey, T.D. 1978. Metal Toxicity In Mammals. Plenum Press, New York, pp. 185-195.
- Vermeulen F. Covaci A. D'Have H. Van den Brink N. W. Blust R. De Coen W. Bervoest L. 2010. Accumulation of background levels of persistent organochlorine and organobromine pollutants through the soil–earthworm–hedgehog food chain. *Environment International* 36. 721-727.
- Vermeulen. F. d'Havé. H. Mubiana. V. K. Van den Brink. N. W. Blust. R. Bervoets. L. & De Coen. W. 2009a. Relevance of hair and spines of the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*) as biomonitoring tissues for arsenic and metals in relation to blood. *Science of the Total Environment.* 407(5). 1775-1783.
- Vermeulen F. Van den Brink N. W. D' Have H. Mubiana v. K. Blust R. Bervoets L. De Coen W. 2009b. Habitat type-based bioaccumulation and risk assessment of metal and As contamination in earthworms. beetles and woodlice. *Environmental Pollution* cilt 157.3098–3105.

- Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B. and Beyersmann, D. 2003. Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology*, 192: 95-117.
- Weigand, E. and Kirchgessner, M. 1980. Total true efficiency of zinc utilization: determination and homeostatic dependence upon the zinc supply status in young rats. *J. Nutr.*, 110 (3): 469-480.
- Weir, S. M. Suski, J. G. & Salice, C. J. 2010. Ecological risk of anthropogenic pollutants to reptiles: evaluating assumptions of sensitivity and exposure. *Environmental Pollution*. 158(12). 3596-3606.
- Wilson, D. E. & Reeder, D. M. (Eds.). 2005. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference* (Vol. 1). JHU press.
- World Health Organization (WHO). 1981. Environmental Health Criteria 18. Arsenic. International Programme on Chemical Safety. World Health Organization, Finland.
- Yamanaka, K., Takabayashi, F., Mizoi, M., An, Y., Hasegawa, A. and Okada, S. 2001. Oral exposure of dimethylarsinic acid, a main metabolite of inorganic arsenics, in mice leads to an increase in 8-oxo-2'-deoxyguanosine level, specifically in the target organs for arsenic carcinogenesis. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 287: 66-70.
- Yavuz M. 2014. "Memeli Biyolojisi Memelilerin Yaşamına Bir Bakış" 10 Ağustos 2022 tarihinde <http://avesis.akdeniz.edu.tr/myavuz/dokumanlar> adresinden erişildi.
- Yavuz M. Tunç M. R. 2015. Phaselis Antik Kenti ve Yakın Çevresinin Faunası I. Phaselis. pp.143-183.
- Yavuz M. Aktas O. 2018. Heavy Metal Accumulation In The *Microtus guentheri* (Danford And Alston. 1880) Living Near The Mines As A Biomonitor. ss: 1104-1121.
- Yavuz M. Kılıç S. Turna Demir F. 2019. Akdeniz'de yakalanan kirpi (*Erinaceus europaeus*) örneklerinde girişimsel olmayan yöntemle ağır metal kirliliği maruziyetinin değerlendirilmesi. 2nd International Health Science and Life Congress (IHSLC 2019). 24-27. Abstract Book – 343.

ÖZGEÇMİŞ

Berçem ERGEN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2015-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya