

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARADENİZ SAHİL SULARINDA BAZI DENİZEL
ORGANİZMALARDA VE SEDİMENTTE AĞIR
METAL KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : E. Sibel ÖNEL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : .09.2024

Enstitü Anabilim Dalı : Biyoloji

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN

Ortak Danışman : Prof. Dr. Erkan KALIPCI

Temmuz 2024
GİRESUN

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARADENİZ SAHİL SULARINDA BAZI DENİZEL
ORGANİZMALARDA VE SEDİMENTTE AĞIR
METAL KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Evrım Sibel ÖNEL

Enstitü Anabilim Dalı

:

BİYOLOJİ

Bu tez 09 / 07 /2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Mustafa TÜRKMEN
Jüri Başkanı

Prof. Dr.
Erkan KALIPCI
Üye

Prof. Dr.
Bülent VEREP
Üye

Prof. Dr.
Tamer AKKAN

Doç. Dr.
Ekrem MUTLU
Üye

Doç. Dr.
Mehmet Ali DERELİ
Üye

Doç. Dr.
Hüseyin CÜCE
Üye

Prof. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

E. Sibel ÖNEL
09/07/2024

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD. Doktora Programı'nda yapılmıştır. Araştırma sürecinde bilgi ve deneyimlerini paylaşımından dolayı tez danışmanlarım Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN ve Prof. Dr. Erkan KALIPCI'nın yanı sıra yardımlarından dolayı Sayın Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ'ye, varlığına minnettar olduğum, bana her zaman destek olan sevgili ailem; eşim Vedat ÖNEL, evlatlarım Aslıhan ve Yaren'e teşekkür ederim.

Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: FEN-BAP-C-301221-09) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLOLAR LİSTESİ	XI
ÖZET	XV
SUMMARY	XVI
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmaya Konu Olan Elementler.....	2
1.2. Balık Tüketiminin Önemi.....	10
1.3. Mevcut Çalışmanın Genel Amaçları:	10
BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Çalışma Alanı.....	21
3.2. Materyal.....	22
3.3. Yöntem.....	24
3.3.1. Balık Örneklerinin Toplanması ve Analizi.....	24
3.3.2. Kabuklu Örneklerinin Toplanması ve Analizi.....	24
3.3.3. Makro Alg Örneklerinin Toplanması ve Analizi.....	25
3.3.4. Sediment Örneklerinin Toplanması ve Analizi.....	26
3.3.5. Verilerin Değerlendirilmesi.....	27

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI	28
4.1. Boy ve Ağırlık Ölçüm Sonuçları.....	28
4.2. Barbun (<i>Mullus barbatus</i>) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	30
4.3. Çinekop (<i>Pomatomus saltatrix</i>) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	34
4.4. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i> , L., 1758) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	38
4.5. İstavrit (<i>Trachurus trachurus</i> , L., 1758) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	42
4.6. Kefal (<i>Mugil cephalus</i>) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	46
4.7. Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i>) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	50
4.8. Palamut (<i>Sarda sarda</i> , Bloch, 1793) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	54
4.9. Akdeniz Midyesi (<i>Mytilus galloprovincialis</i> , L. 1758) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	58
4.10. Deniz Salyangozu (<i>Rapana venosa</i>) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	62
4.11. Makro Alg: Kahverengi Alg (<i>Cytoceria barbata</i>) Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	66
4.12. Sediment Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar.....	70
4.13. Korelasyon Verileri.....	74
4.13.1. Barbun (<i>Mullus barbatus</i>) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri....	78
4.13.2. Çinekop (<i>Pomatomus saltatrix</i>) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	81
4.13.3. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i> , L., 1758) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	84
4.13.4. İstavrit (<i>Trachurus trachurus</i> , L., 1758) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	87
4.13.5. Kefal (<i>Mugil cephalus</i>) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	90
4.13.6. Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i>) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	93

4.13.7. Palamut (<i>Sarda sarda</i> , Bloch, 1793) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	96
4.13.8. Akdeniz midyesi (<i>M. galloprovincialis</i> , L. 1758) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	99
4.13.9. Deniz salyangozu (<i>R. venosa</i>) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	102
4.13.10. Kahverengi alg (<i>C. barbata</i>) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	105
4.13.11. Sediment Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri.....	108
4.14. İnsan Vücuduna Tüketim Yoluyla Alınan Ağır Metallerin Belirlenmesi.....	111
 BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	115
5.1. Balık Türleri İçin Ölçüm Sonuçları.....	115
5.2. Akdeniz Midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>), Deniz Salyangozu (<i>R. venosa</i>), Kahverengi Alg (<i>C. barbata</i>) ve Sediment Örnekleri İçin Ölçüm Sonuçları.....	126
5.3. Tespit edilen elementlerin konsantrasyon dağılımları.....	132
5.4. Korelasyon Verileri.....	134
5.4.1. Balık Örneklerinde Korelasyon Verileri.....	134
5.4.2. Akdeniz Midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>), Deniz Salyangozu (<i>R. venosa</i>), Kahverengi Alg (<i>C. barbata</i>) ve Sediment Örneklerinde Korelasyon Verileri.....	139
5.5. İnsan Vücuduna Tüketim Yoluyla Alınan Ağır Metallerin Değerlendirilmesi.....	142
5.6. Öneriler.....	146
 KAYNAKLAR	147
ÖZGEÇMİŞ.....	157

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ART	: Artvin
BRT	: Bartın
CB	: <i>Cyrtoceria barbata</i>
DZC	: Düzce
EC	: European Commission
EDI	: Estimated Daily Intake (tahmini günlük alım)
EE	: <i>Engraulis encrasicolus</i>
EWI	: Estimated Weekly Intake (tahmini haftalık alım)
FAO	: Food and Agriculture Organization
GRS	: Giresun
ISNO	: Iranian Standard National Organization
İST	: İstanbul
KCL	: Kocaeli
KRD	: Karadeniz
KRK	: Kırklareli
KST	: Kastamonu
MB	: <i>Mullus barbatus</i>
MC	: <i>Mugil cephalus</i>
MG	: <i>Mytilus galloprovincialis</i>
MHPRC	: Chinese Health Ministry
MM	: <i>Merlangius merlangus</i>
ORD	: Ordu
PS	: <i>Pomatomus saltatrix</i>
PTDI	: Permissible Tolerable Daily Intake (izin verilen tolere edilebilir günlük alım)
PTWI	: Provisional Tolerable Weekly Intake (geçici tolere edilebilir haftalık alım)

RV	: <i>Rapana venosa</i>
RZ	: Rize
SD	: Sediment
SKR	: Sakarya / Adapazarı
SMS	: Samsun
SNP	: Sinop
SS	: <i>Sarda sarda</i>
TFC	: Turkish Food Codex
TRB	: Trabzon
TT	: <i>Trachurus trachurus</i>
WHO	: World Health Organisation
ZNG	: Zonguldak

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Çalışma alanını ve örnekleme istasyonlarını gösteren Karadeniz havzası haritası.	22
Şekil 3.2. Materyal örnekleri	23
Şekil 4.1. Barbun (<i>M. barbatus</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	32
Şekil 4.2. Çinekop (<i>P. saltatrix</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	36
Şekil 4.3. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	40
Şekil 4.4. İstavrit (<i>T. trachurus</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	44
Şekil 4.5. Kefal (<i>M. cephalus</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	48
Şekil 4.6. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	52
Şekil 4.7. Palamut (<i>S. sarda</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	56
Şekil 4.8. Akdeniz midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya).....	60
Şekil 4.9. Deniz salyangozu (<i>R. venosa</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	64
Şekil 4.10. Kahverengi Alg (<i>C. barbata</i>) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	68
Şekil 4.11. Sediment örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	72
Şekil 4.12. Balık örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	77
Şekil 4.13. Barbun (<i>M. barbatus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	79

Şekil 4.14. Çinekop (<i>P. saltatrix</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	82
Şekil 4.15. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	85
Şekil 4.16. İstavrit (<i>T. trachurus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	88
Şekil 4.17. Kefal (<i>M. cephalus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	91
Şekil 4.18. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	94
Şekil 4.19. Palamut (<i>S. sarda</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	97
Şekil 4.20. Akdeniz midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	100
Şekil 4.21. Deniz salyangozu (<i>R. venosa</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	103
Şekil 4.22. Kahverengi alg (<i>C. barbata</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	106
Şekil 4.23. Sediment örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.....	109

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Çalışmaya konu olan elementlerin gruplandırılması.....	3
Tablo 4.1. Araştırmada kullanılan balık türlerinin ortalama boy (cm) ve ağırlık (gr)±standart hata.....	29
Tablo 4.2. Barbun (<i>M. barbatus</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	33
Tablo 4.3. Çinekop (<i>P. saltatrix</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	37
Tablo 4.4. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	41
Tablo 4.5. İstavrit (<i>T. trachurus</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	45
Tablo 4.6. Kefal (<i>M. cephalus</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	49
Tablo 4.7. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	53
Tablo 4.8. Palamut (<i>S. sarda</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	57
Tablo 4.9. Akdeniz Midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	61
Tablo 4.10. Deniz Salyangozu (<i>R. venosa</i>) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	65
Tablo 4.11. Kahverengi Alg (<i>C. barbata</i>) örneklerinde ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	69
Tablo 4.12. Sediment örneklerinde ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata.....	73
Tablo 4.13. Balık örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri) ...	76
Tablo 4.14. Balık örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.....	77

Tablo 4.15. Barbun (<i>M. barbatus</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	79
Tablo 4.16. Barbun (<i>M. barbatus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	80
Tablo 4.17. Çinekop (<i>P. saltatrix</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	82
Tablo 4.18. Çinekop (<i>P. saltatrix</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	83
Tablo 4.19. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	85
Tablo 4.20. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	86
Tablo 4.21. İstavrit (<i>T. trachurus</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	88
Tablo 4.22. İstavrit (<i>T. trachurus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	89
Tablo 4.23. Kefal (<i>M. cephalus</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	91
Tablo 4.24. Kefal (<i>M. cephalus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	92
Tablo 4.25. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	94
Tablo 4.26. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	95
Tablo 4.27. Palamut (<i>S. sarda</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	97
Tablo 4.28. Palamut (<i>S. sarda</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	98
Tablo 4.29. Akdeniz midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.	100
Tablo 4.30. Akdeniz midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	101

Tablo 4.31. Deniz salyangozu (<i>R. venosa</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.....	103
Tablo 4.32. Deniz Salyangozu (<i>R. venosa</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	104
Tablo 4.33. Kahverengi alg (<i>C. barbata</i>) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.....	106
Tablo 4.34. Kahverengi alg (<i>C. barbata</i>) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	107
Tablo 4.35. Sediment örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar.....	109
Tablo 4.36. Sediment örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri)	110
Tablo 4.37. Bu çalışmada incelenen balık türleri için önerilen değerler ile PTWI (PTDI) karşılaştırılması.....	113
Tablo 4.38. Bu çalışmada incelenen kabuklu türleri için önerilen değerler ile EDI/EWI karşılaştırılması.....	114
Tablo 5.1. Barbun (<i>M. barbatus</i>) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	119
Tablo 5.2. Çinekop (<i>P. saltatrix</i>) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	120
Tablo 5.3. Hamsi (<i>E. encrasicolus</i>) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	121
Tablo 5.4. İstavrit (<i>T. trachurus</i>) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	122
Tablo 5.5. Kefal (<i>M. cephalus</i>) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	123
Tablo 5.6. Mezgit (<i>M. merlangus</i>) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	124
Tablo 5.7. Palamut (<i>S. sarda</i>) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	125
Tablo 5.8. Akdeniz Midyesi (<i>M. galloprovincialis</i>) dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	129

Tablo 5.9. Deniz salyangozu (<i>R. venosa</i>) dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	130
Tablo 5.10. Kahverengi Alg (<i>C. barbata</i>)’de tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	130
Tablo 5.11. Sedimentte tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)	131



KARADENİZ SAHİL SULARINDA BAZI DENİZEL ORGANİZMALARDA VE SEDİMENTTE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'ndeki 8 ilde yürütülen bu çalışmada hem türler arası hem de istasyonlara bağlı değişimlerin incelenmesi için ekonomik önemi olan 7 tür balığın yanı sıra, kıyasal kirliliğin biyomonitör örnekleri olarak kabuklu, alg ve sediment kullanılmıştır. Tespit edilen mineral madde ve ağır metal derişimleri indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile ölçülmüş ve uluslararası standartların belirlediği izin verilen maksimum limitler ile karşılaştırılmıştır. Örneklerde ölçülen en yüksek ortalama konsantrasyonlar ise şu şekildedir: Ca için CB (393,8), K için CB (31194), Mg için CB (12299), Na için CB (28251), P için CB (2471), Al için SD (11295), B için CB (393,8), Cu için CB (114,7), Fe için SD (17667), Mn için SD (293), Se için CB (2,70), Si için SD (2586), Zn için CB (66,27), As için CB (23,89), Cd için RV (4,58), Co için SD (5,87), Cr için SD (20,32), Hg için CB (0,079), Ni için CB (13,78), Pb için SD (22,48). Yapılan tüm örnekleme ve analizlerde ölçülen makro besin elementleri, iz elementler ve ağır metallerin tümünün maksimum değerleri il bazında değerlendirildiğinde çoğunlukla *C. barbata* ve sediment örneklerinde ve genelde Rize ilinde rastlanmıştır. Genel olarak alüminyum verileri tüm balık örneklerinde, arsenik değerleri sediment hariç tüm örneklerde, mangan değerleri *M. barbatus* ve *E. encrasicolus* örneklerinde, kadmiyum seviyeleri *M. galloprovincialis*, *R. venosa*, *C. barbata* örneklerinde, kurşun seviyeleri *C. barbata* örnekleri ve seminde izin verilen sınırların üzerindedir. Kadmiyum seviyeleri *E. encrasicolus* örneklerinde Artvin'de, *T. trachurus* numunelerinde ise Artvin hariç tüm illerde halk sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığı anlaşılmıştır. Balık ağırlığı ile elementler arasındaki korelasyonlar Pearson Korelasyon Analizi ile istatistiki olarak anlamlı ilişkiler belirlenerek, daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Ek olarak, balık tüketiminden kaynaklanan insan sağlığı risk seviyeleri değerlendirilmiştir. Her bir balık türünde tahmini günlük alım, bunlara karşılık gelen tolere edilebilir günlük alım miktarından çok daha düşüktü, bu da belirlenen ağır metal seviyelerinin örnekleme yapılan mevsim ve istasyonlar dikkate alındığında halk sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığını, dolayısıyla tüketiciler için sağlık riski oluşturmayacağını düşündürmektedir.

Anahtar kelimeler: Balık, Ağır metal, Eser element, Metal kirliliği, Geçici Tolere Edilebilir Haftalık Alım (PTWI), Karadeniz

EVALUATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN SOME MARINE ORGANISMS AND SEDIMENT IN BLACK SEA COAST WATERS

SUMMARY

In this study conducted in 8 provinces of the Black Sea Region of Turkey, 7 species of fish with economic importance were used to examine both interspecies and station-dependent changes, as well as crustaceans, algae and sediment as biomonitor samples of coastal pollution. The detected mineral substance and heavy metal concentrations were measured by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and compared with the maximum permissible limits determined by international standards. The highest average concentrations measured in the samples are as follows: CB (393,8) for Ca, CB (31194) for K, CB (12299) for Mg, CB (28251) for Na, CB (2471) for P, SD (11295) for Al, CB (393,8) for B, CB (114,7) for Cu, SD (17667) for Fe, SD (293) for Mn, CB (2,70) for Se, SD (2586) for Si, CB (66,27) for Zn, CB (23,89) for As, RV (4,58) for Cd, SD (5,87) for Co, SD (20,32) for Cr, CB (0,079) for Hg, CB (13,78) for Ni, SD (22,48) for Pb. When the maximum values of all macronutrient elements, trace elements and heavy metals measured in all samplings were evaluated on a provincial basis, they were mostly found in *C. barbata* and sediment samples and generally in Rize province. In general, aluminum data were above the permissible limits in all fish samples, arsenic values in all samples except sediment, manganese values in *M. barbatus* and *E. encrasicolus* samples, cadmium levels in *M. galloprovincialis*, *R. venosa*, *C. barbata* samples, lead levels in *C. barbata* samples and *seminet*. Cadmium levels were found to be at a level that would threaten public health in *E. encrasicolus* samples in Artvin and in *T. trachurus* samples in all provinces except Artvin. Correlations between fish weight and elements were compared with the results of previous studies by determining statistically significant relationships using Pearson Correlation Analysis. In addition, human health risk levels resulting from fish consumption were assessed. The estimated daily intake for each fish species was much lower than the corresponding tolerable daily intake, suggesting that the determined heavy metal levels were not at a level that would threaten public health when the sampling season and stations were taken into account, and therefore would not pose a health risk to consumers.

Keywords: Fish, Heavy metal, Trace element, Metal pollution, Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI), Black Sea

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Endüstriyel gelişme ile birlikte metal kullanımındaki artış, ağır metal kirliliğini önemli bir çevre sorunu olarak ortaya koymaktadır. Günümüzde ağır metaller, çevrenin başlıca kirleticileridir ve endüstrinin yoğun olduğu bölgelerde okyanuslar, göller ve nehirler gibi su sistemleri için hızla büyüyen bir sorun haline gelmiştir (Aras ve ark., 2017; Kalıpcı ve Namal, 2018). Ağır metaller uzun süre bozulmadıkları için suda, sedimentte ve sucul organizmaların bünyesinde depolanırlar. Vücuttaki birikim ve besin zincirine katılım sonucu uzun süre aktif kalır ve tolerasyon sınırını geçtiğinde ise toksik etki yaparlar (Kahvecioğlu ve ark., 2003^a; Kahvecioğlu ve ark., 2003^b; Özbolat ve Tuli, 2016^a; Özbolat ve Tuli, 2016^b). Çevresel kalıcılığı olan ağır metaller biyolojik olarak sucul biyota ve besin zincirinde solunum, absorpsiyon ve yutma yoluyla birikebilmektedir. Bu nedenle ağır metaller, tüm canlı organizmalar için yüksek toksisiteye sahiptir ve biyolojik olarak parçalanamadıkları için de önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Türkmen ve Ögütçü, 2020; Ustaoglu ve İslam, 2020; Cüce ve ark., 2022^a; Cüce ve ark., 2022^b).

Balıklar, yüksek protein ve doymamış omega yağ asitleri içermesi nedeniyle yaygın olarak tüketilen deniz ürünlerinden biri haline gelmiştir (Töre ve ark., 2021; Türkmen ve ark., 2009). Protein kaynağı olarak bol miktarda deniz ürünlerinin tüketimi, özellikle kıyı sakinleri için potansiyel sağlık risklerine yol açabilmektedir (Türkmen ve ark., 2018; Liu ve ark., 2018; Liu ve ark., 2019; Kalıpcı ve ark., 2023). Balıklarda eser metaller uzun süre maruz kalmak, toksik etkilere, insanlarda üreme ve hematolojik etkilere, kardiyovasküler hastalıklara, sinir sistemi bozukluklarına, gelişimsel anomalilere, karaciğer ve böbrek hasarına ve kansere neden olabilmektedir (Türkmen ve Ögütçü, 2020; Qu ve ark., 2018). TEPGE'nin 2022 Su Ürünleri Ürün Raporu'na göre; 2019 yılında hayvansal protein ihtiyacının %17'sinin

balıktan karşılandığı tespit edilmiştir (Çöteli, 2022). Türkiye balık üretiminin %76'sı ise bu çalışmada araştırma alanı olarak seçilen Karadeniz'den karşılanmaktadır (Sirkecioğlu, 2002). Protein kaynağı olan balıkların insanlar tarafından gıda olarak tüketilmesi ve tüketiminin sağlık açısından risk oluşturması nedeniyle kas dokusunun analizi oldukça önemlidir. Ağır metallerin sucul organizmalardaki biyolojik birikimi bu metallerin mevcut ekosistemdeki konsantrasyonuna, maruz kalma sürelerine, metal çeşidine, organizmanın büyüklüğüne, yaşına, beslenme alışkanlıklarına, metalleri sindirme yeteneklerine bağlıdır (Tokatlı ve ark., 2016; Bat ve ark., 2017^a). Balıkların yaşı ile paralel artış gösteren ağırlıkları, dokulardaki toksik element biyoakümülyasyonlarında önemli bir faktördür. Balıklar; metalin çeşidine göre ağır metalleri farklı dokularda farklı miktarlarda biriktirdiğinden balık ağırlığı ve absorpsiyon arasındaki korelasyon ilişkisi büyük önem arz etmektedir (Tokatlı ve ark., 2016; Düşükcan ve ark., 2017). Bu nedenle yapılan bu çalışmada; Türkiye'de balıkçılık sektörünün en önemli kaynağı olan Karadeniz'de yaygın olarak tüketilen balık türlerinin ağırlığı ile mineral madde ve ağır metallerin kas dokudaki birikimi arasındaki korelasyon ilişkisi belirlenerek, risk seviyeleri değerlendirilmiştir.

1.1. Çalışmaya Konu Olan Elementler

Metaller makro besin elementleri, mikro besin elementleri ve ağır metaller olarak 3 gruba ayrılır. Tan, 2020'den uyarlanmış olan gruplandırma Tablo 1.1'de verilmiştir. Makro besin elementleri (Esansiyel elementler); özgül ağırlığı beşten aşağı olan ve kalsiyum, potasyum gibi sıvı ortamda hareketli katyonlar olarak taşınan hafif metallerdir. Mikro besin elementleri (Eser elementler); demir, kobalt gibi düşük konsantrasyonda esansiyel olup, yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etki gösteren geçiş elementleridir. Ağır metaller; cıva, arsenik gibi metabolik aktivite için ihtiyaç duyulmamasının yanı sıra düşük konsantrasyonda dahi toksik etki gösteren iz elementlerdir (Bat ve ark., 1999; Bolat ve Kara, 2017; Gülser, 2020).

Tablo 1.1. Çalışmaya konu olan elementlerin gruplandırılması

Makro Besin Elementleri	İz Elementler	Ağır Metaller
Kalsiyum ($_{20}\text{Ca}$),	Alüminyum ($_{13}\text{Al}$),	Arsenik ($_{33}\text{As}$),
Potasyum ($_{19}\text{K}$),	Boron ($_{5}\text{B}$),	Kadmiyum ($_{48}\text{Cd}$),
Magnezyum ($_{12}\text{Mg}$),	Bakır ($_{29}\text{Cu}$),	Kobalt ($_{27}\text{Co}$),
Sodyum ($_{11}\text{Na}$)	Demir ($_{26}\text{Fe}$),	Krom ($_{24}\text{Cr}$),
Fosfor ($_{15}\text{P}$)	Mangan ($_{25}\text{Mn}$),	Cıva ($_{80}\text{Hg}$),
	Selenyum ($_{34}\text{Se}$)	Nikel ($_{28}\text{Ni}$),
	Silisyum ($_{14}\text{Si}$),	Kurşun ($_{82}\text{Pb}$),
	Çinko ($_{30}\text{Zn}$)	

Kalsiyum (Ca): Vücut tarafından üretilmeyip besinler yoluyla alınan kalsiyum, iskelet, diş ve kemik gelişimine ek olarak kemik sağlığın korunmasında da büyük önem taşır. İnsan vücut ağırlığının %2'sini oluşturur ve bu miktarın kontrolü D vitamini tarafından sağlanır (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Potasyum (K): Bütün hücrelerde, özellikle kas hücrelerinde bulunan, sıvı ve elektrolit dengesini sağlayan potasyum, yaşam için olmazsa olmaz bir alkali metaldir. Enzim işlevleri, hücre bölünmesi ve büyümesi, DNA sentezi, kalp ve kan basıncı dengelenmesi, ödem oluşumunun önlenmesine kadar birçok görevi vardır. Vücut tarafından üretilmeyip bitkisel besinlerle birlikte alınır (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Magnezyum (Mg): En çok deniz suyunda, mineral kayaçlar ve asbestte bulunur. Vücudumuzda temel nükleik asit kimyası için gereklidir. Enzim aktivatörüdür. Fotosentezi gerçekleştiren klorofil molekülünde magnezyum bulunur. Kemikleri sağlamlaştırır, sinir sisteminin aşırı duyarlılığını azaltır. Günlük ihtiyaç 0,2 – 0,3 g'dır (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Sodyum (Na): Yüksek reaktivitesinden dolayı asla saf bir element olarak bulunmayan sodyum, yerkabuğunda en sık bulunan alkali metaldir. Suda kolayca

Boron (B): Yer kabuğunda farklı minerallerde bulunan, düşük miktarda bir yarı metaldir. En önemli bor bileşiği borakstır. Dünya rezervlerinin %73'ü Türkiye'dedir. Bitki hücre duvarlarının önemli bir bileşenidir ve büyüme için gereklidir. Zehirli olmasa bile yüksek dozda alımı metabolizmayı olumsuz etkileyebilir. İçme suyu standartlarına göre bor konsantrasyonu $0,3 \text{ mg l}^{-1}$ üst sınırını geçmemelidir. Bir insan günlük ortalama 2 mg bor alabilir. Bazı bor bileşikler, beyin tümörleri için olası bir tedavi olarak incelenmektedir. Bor bileşiklerinin vücuttaki en yüksek derişimi beyin, karaciğer ve yap dokularında gözlenmektedir. Bor fazlalığı özellikle merkezi sinir sistemini, üreme ve gelişmeyi olumsuz etkilemektedir (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Bakır (Cu): Yaşamsal açıdan önemli bir elementtir. Yetişkin bir insanda enzimlerin hücrede enerji taşımaya yardımcı olması için günde 1,2 miligram bakıra ihtiyaç duyulur. Biyokatalizör olarak pek çok işleve sahiptir ve bakır olmazsa demir hemoglobine bağlanamaz, anemiye neden olur ve büyüme yavaşlar. Bağışıklık sisteminin düzenlenmesi, tiroit bezinin işlevselliği, doku pigmentasyonu, omuriliğin miyelinleşmesi ve kalp fonksiyonlarında önemli bir rolü vardır. Saç, deri, kemik ve bazı iç organların temel bileşimidir. İçme sularında izin verilen maksimum bakır içeriği 2 mg l^{-1} 'dir. Tüketim yoluyla alınabilen maksimum bakır konsantrasyonu 6-10 yaş grubu çocuklarda, kadınlarda ve erkeklerde sırasıyla; 3 mg/gün, 10 mg/gün ve 12 mg/gün'dür. Oral yolla fazla miktarda alınması, birikim nedeniyle toksik etkiye yol açabilir. Dokularda birikerek başta beyin, merkezi sinir sistemi, kornea, damarlar, karaciğer ve böbrek olmak üzere, pek çok dokuda hasar oluşturabilir. Serbest radikallerin hasarını artırır ve Alzheimer gibi hastalıkların gelişimine katkı sağlar. Aşırı birikim sonucu Wilson Hastalığına da neden olduğu bilinmektedir (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Demir (Fe): Yaşamın sürdürülebilmesi için gerekli olan protein ve enzimlerin zorunlu bir bileşenidir. İnsan vücudunda bulunan ortalama 4 gram demirin önemli bir bölümü oksijen taşınmasında yer alan hemoglobin moleküllerindedir. Karaciğerin yabancı maddelerden arınması, safra asidi, dopamin, serotonin ve steroid sentezinde

görevlidir. Ayrıca hücre gelişimi ve bağışıklık sistemi için de en az 10-18 mg / gün demir alınımı gereklidir. Fazlası karaciğer, dalak ve kemik iliğinde toplanır. Demir eksikliği anemiye neden olabilir. Aşırı miktarda demir alınımı ise sindirim sistemi ve kan dolaşımına girerek başta kalp, karaciğer ve merkezi sinir sistemi olmak üzere tüm organların hücrelerini aşındırır. Vücuttaki demir konsantrasyonunun 20-60 mg kg⁻¹ olması akut zehirlenmeye neden olurken 200-250 mg kg⁻¹ öldürücü doz olarak belirtilmiştir (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Mangan (Mn): Enzim yapısında yer alan mangan tüm canlı yaşamı için hayati önem taşır. Solunum enzimleri için katalizördür. Örneğin; fotosentez sırasında su moleküllerinden oksijen üretilmesi sağlayan enzimde bile dört mangan atomu vardır. Ayrıca enerji metabolizması, bağışıklık ve sinir sistemi Metabolik faaliyetleri için gereklidir. İnsan vücudunda yaklaşık 10-20 miligram mangan bulunur, bunun % 25-40'ı kemiktedir. Kemiklere sertlik verir ve B vitamininin işlenebilmesi için gereklidir. Eksikliği solunum rahatsızlığı, sinirsel bozukluk ve kısırlığa neden olur. Konsantrasyon değeri çok yükseldiğinde ise akciğerlerde tahriş ve iltihaba neden olmasının yanı sıra toksik etki gösterir. İçme sularında 0,05 mg l⁻¹'den fazla olmaması önerilir (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Selenyum (Se): Canlı yaşamı için hayati öneme sahip olan selenyum deri yoluyla da emilebilir. Arsenik, bakır, cıva gibi birçok metalin toksikolojik etkisini azaltmasının yanı sıra pek çok vitamin ve sülfür içerikli aminoasitlerle de etkileşimi vardır. Vücudumuzda yaklaşık 14 miligram selenyum vardır. Eksikliği kas yapısında zayıflık ve kalp damarlarında esneme kabiliyetinde azalma gibi sağlık sorunlarına yol açabilirken, fazlası da tehlikelidir. Elementin kendisi zehirli olmamasına karşın bileşiklerin çoğu son derece zararlıdır. Selenyum alımı 5 mg/gün'den yüksek olursa embriyo ya da fetüsün gelişimini olumsuz etkiler, iştahsızlık, saç ve tırnak kaybı, ishal, merkezi sinir sisteminde bozukluklar, böbrek, karaciğer hasarları ve hatta kansere yol açabilir (Çelik, 2005; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Berzelius, 2024)

Silisyum (Si): Hayvan iskeletlerinde, bitki dokularında, denizel diatomlar gibi omurgasızların dış iskelet yapısına katılması nedeniyle, yaşamsal önem taşımaktadır. Silisyum zehirli olmamasına rağmen asbest gibi belirli silikatların kanserojen etkisi vardır. Silisyumlu tozlara maruz kalan maden ve taş işçilerinde silikoz denilen tehlikeli bir akciğer hastalığı görülebilir (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Çinko (Zn): Suda çözünebilen, 20'den fazla enzimin faaliyetlerinde yer aldığı için yaşam için gerekli elementlerden biridir. Yaraların iyileşmesi, hücre çoğalması, insülinin serbest bırakılması, tat alma, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, büyüme ve gelişme, öğrenme performansında artış gibi birçok olayda görev almaktadır. İnsan vücudunda %90 oranında kemik ve kaslarda depolanan çinkonun alımı, ortamdaki kalsiyum miktarına bağlıdır. Genelde bitki köklerinde bulunan çinkoyu yiyeceklerden günde yaklaşık 15 miligram olarak alırız. İçme sularında ise 5 ppm'den fazla olmaması önerilir. Çinko eksikliği bağışıklık sistemini zayıflatır, gerek gebelerde fetüs gelişimini engeller. Akut zehirlenmelerde ise sindirim sorunları, karın ağrısı, baş dönmesi, bulantı, ishal, uyuşukluk, kas işlevlerinde düzensizlik gibi belirtiler mevcuttur. Uzun süre yüksek doza maruz kalındığında ise anemi, pankreas hasarı ve HDL kolesterol düzeyinde azalma oluşur. Çinko tozu veya ergime sonrası çıkan dumanı solumak metal dumanı (inhalasyon) ateşi denilen hastalığın sebebidir. Balık solungaçlarında birikerek büyüme, gelişme, denge ve yüzme yeteneğini etkileyebilir, hatta yüksek konsantrasyonlardaki toksik etkisi ile yapısal hasarlara neden olarak yaşamı etkileyebilir (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Arsenik (As): Küçük dozlarda bile zehirli etkiye sahiptir. Elemental, gaz, organik ve inorganik formda bulunabilir. Akut toksisitesi kimyasal formuna bağlı olarak değişim gösterir ve en toksik olanı gaz formudur. Sucul canlılarda ağırlık kaybı, karaciğer ve böbrek deformasyonuna neden olur. 60 ppm üzerindeki inorganik arsenik bileşikleri insanlar için ölümcül toksik etki gösterir. Kromozom ve genler üzerinde negatif değişimlere, sindirim sistemi hastalıklarına, kardiyovasküler ve sinir

sistemi bozukluklarına, dolayısıyla deri akciğer ve böbrek kanserine neden olmaktadır (Oğuz, 1989; Boğa ve ark., 2007; Bakar ve Baba, 2009; Özbolat ve Tuli, 2016^a; Özbolat ve Tuli, 2016^b).

Kadmiyum (Cd): Cıvadan sonra en yüksek toksisiteye sahip ağır metallere biridir. İnsan vücudunda çok az miktarda bulunur. Antioksidanlardaki azalma sonucu oksidatif stres nedeniyle doku hasarına, kalsiyum metabolizmasının bozulmasına, organlarda yapısal ev fonksiyonel değişikliklere, damar tıkanıklıkları, kanser ve anne karnındaki bebeklerde gelişim problemlerine neden olabilir. Kadmiyum toksisitesi ilk olarak 1974 yılında, madencilikte kullanılan suyla kontamine olan pirinçlerin tüketimi sonucu ortaya çıkan Itai-Itai hastalığı ile Japonya'da görülmüştür. Toler edilebilir Cd miktarı ayda 5 µg m⁻³'tür ve içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilir (Oğuz, 1989; Boğa ve ark., 2007; Bakar ve Baba, 2009; Özbolat ve Tuli, 2016^a; Özbolat ve Tuli, 2016^b).

Kobalt (Co): Kobalt hayati önem taşıyan bir elementtir, B12 vitamininin önemli bir bileşenidir. Vücudumuzda yalnızca 1 mg bulunur ancak eksikliğinde alyuvarların yeniden oluşu meydana gelmez ve habis kansızlık gibi önemli hastalıklara yol açabilir. Ne var ki yüksek dozda alınması, toz haldeki kobaltın solunması ya da deri ile teması ise alerjik tepkilere, zehirlenmelere veya kansere yol açmaktadır (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Krom (Cr): Vücutta glikozun kullanılmasını, kandaki şeker ve kolesterol düzeyinin kontrolünü sağladığı için insanlar için hayati önem taşır. Bağışıklık sistemini güçlendirir ve gelişimi etkiler. Günde 1 miligram alınması yeterlidir. Yüksek miktarda alınması zehir etkisi göstererek alerjik reaksiyonlar, akciğer kanseri riskinde artış, mide, böbrek, karaciğer hastalıkları ve hatta ölümlere neden olur (Çelik, 2005; Okcu ve ark., 2009; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Cıva (Hg): Oda sıcaklığında sıvı halde bulunur, bu durumda dahi buharlaşır ve ortamda zehir etkisi yapar. Besin zinciri içinde “biyolojik büyüme” yani birikim özelliğindedir. Metalik cıvanın deriden emilmesi veya cıva buharının solunması ile hızla santral sinir sistemine dağılabilir. Cıvanın klor, sülfür ve oksijenle birleşmesi ile en toksik cıva bileşiği olan inorganik cıva oluşur. Cıva klorürün 0,5-2 gr’lık dozu akut ölümcül dozdur. Organik cıva bileşikler cıva ve karbonun birleşmesi ile oluşur. Organik cıvanın mikroorganizmalar tarafından biyolojik proseslerle dönüşümü ile güçlü bir nörotoksin olan metil cıva meydana gelir. Cıva zehirlenmesinde hücre membranında patolojik değişiklikler, enzim blokajı, yapısal proteinlerde anormallik sonucu sinir sistemi, böbrekler, solunum ve bağışıklık sistemi etkilenmektedir (Oğuz, 1989; Boğa ve ark., 2007; Bakar ve Baba, 2009; Özbolat ve Tuli, 2016^a; Özbolat ve Tuli, 2016^a).

Nikel (Ni): Bitkilerin gelişimine katkı sağlayabilir ve bazı canlı türleri için iz elementi olarak hayati önem taşır. Ne var ki kalsiyum metabolizmasını bloke eder ve havada bulunan nikel uzun süre maruz kalmak insan sağlığını olumsuz etkileyerek solunum sistemi kanserlerine neden olabilmektedir. Deriden absorpsiyonu alerjik deri hastalıklarına neden olabilir. Nikelin vücuda 7 - 35 mg/kg alımı ile kronik zehirlenme sonucu alerjik reaksiyonların yanı sıra akut toksisite etkisi de oluşabilir (Çelik, 2005; Bolat ve Kara, 2017; Şener, 2022; Özdoğan, 2021; Özkan, 2019).

Kurşun (Pb): Ekosisteme ciddi zarar veren, zehirli, teratojenik (embriyo gelişimini engelleyici) ve kanserojen bir metaldir. Her durumda toksik özellik taşıyan ve biyoçözünübilirliği olmadığı için vücutta birikerek ciddi sağlık problemlerine neden olan en önemli ağır metaldir. Kana karışıp buradan kemiklere ve dokulara giden kurşunun başlıca etkisi sinir sisteminde görülür. Çoğu kemiklerde depolanır. Kandaki kurşun konsantrasyonu 0,1 µg ml⁻¹ limitini aştığında olumsuz etkiler gözlemlenmektedir. Eklem hareketlerinde zayıflama, kan basıncında artış ve anemiye neden olur (Oğuz, 1989; Boğa ve ark., 2007; Bakar ve Baba, 2009; Özbolat ve Tuli, 2016^a; Özbolat ve Tuli, 2016^b).

1.2. Balık Tüketiminin Önemi

TEPGE'nin 2022 Su Ürünleri Ürün Raporu'na göre; 2019 yılında 157 milyon ton su ürünleri tüketimi ile hayvansal protein ihtiyacının %17'si balıktan karşılandığı tespit edilmiştir. En yüksek su ürünleri tüketim oranı %72 ile Çin, Endonezya, Hindistan ve Japonya olmak üzere Asya Kıtası'nda belirlenmiştir. Kişi başı balık tüketim miktarı gelir düzeyi düşük, gıda açığı bulunan ülkelerde 5,4 kg, Türkiye'de 6,3 kg ve gelir düzeyi yüksek ülkelerde 26,5 kg iken dünya ortalaması 22 kg'dır. 2021 yılında Türkiye'de kişi başı yıllık su ürünleri tüketimi 6,5 kg'dır. Tüketim alışkanlığı, beslenme kültürü, üretim miktarı, fiyat ve tüketici alım gücü gibi faktörler bölgeler ve ülkeler arasındaki su ürünleri tüketim miktarında farklılıklara neden olur. Balıkta protein, doymamış yağ asitleri, zengin A, D, E, K vitamin içeriği ve zekâ gelişiminde etkin rol alan iyot gibi güçlü besin değerleri ile sağlığın korunumu ve gelişim için yaşamın her döneminde düzenli ve yeterli miktarda tüketilmesi gereken bir gıda maddesidir. Yapılan çalışmalar omega 3 yağ asitlerinin bir alt grubu olan DHA (dokosaheksaenoik asit)'nin insan yaşamı için hayati önem taşıdığını, özellikle gebelik döneminde fetüsün ve emzirme döneminde bebeğin görsel ve bilişsel gelişimi için gerekli olduğunu belirtmektedir. Balık tüketiminde avlandığı/yetiştirildiği su kaynaklarından balığa geçebilecek toksik bileşikler nedeniyle yarar/risk dengesine dikkat edilmesi gerekir. Optimal beslenme için balık tüketiminin yararlarının daha ağır bastığı bildirilmekte, Haftada 2 porsiyon balık tüketimi önerilmektedir (Öksüz ve ark., 2017; Beyter, 2020; Çöteli, 2022).

1.3. Mevcut Çalışmanın Genel Amaçları:

- Türkiye'nin Karadeniz bölgesindeki 8 ilde en çok avlanan ve dolayısıyla ekonomik önemi olan 7 balık türünün yanı sıra 2 kabuklu, 1 makro alg türü ve sediment örnekleri için 20 elementin konsantrasyonlarını belirlemek,
- Alınan örneklerdeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi sonucu bölgenin kirlilik derecesini ortaya koymak,
- Elde edilen sonuçları, kabul edilebilir üst limitlerle karşılaştırarak kirlетici konsantrasyonlarını sağlık açısından tehlikeli olup olmadıklarını saptamak,

- Gerçekleştirilen önceki araştırmaların sonuçlarıyla karşılaştırmak,
- Tahmini günlük alımlar (EDI) modelini kullanarak yetişkinler için tehlikeli eser elementlere maruz kalmanın potansiyel sağlık risklerini değerlendirmek,
- Ayrıca alınacak tedbirler konusunda veri oluşturulmasına katkı sağlamak.



BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Türkmen ve ark., (2008)^a Türkiye'nin Karadeniz, Marmara ve Ege denizlerinden ticari olarak önemli olan *Engraulis encrasicolus* L., 1758'deki metal seviyeleri değerlendirmiş, numunelerde farklı seviyelerde farklı metaller bulunmasına rağmen, izin verileme maksimum seviyeler içinde ve genel olarak insan tüketimi için güvenli olduğunu bildirilmişlerdir. Tepe ve ark., (2008) yapmış olduğu çalışmada, Karadeniz'in doğusundaki balık pazarlarından satın alınan çeşitli balık türlerinin kas dokularındaki ağır metal kontaminantlarını incelenmiş, nikel hariç toksin seviyelerinin insan tüketimi için güvenli kabul edilen günlük ve haftalık alım seviyelerinin altında olduğunu ve insan sağlığı için herhangi bir tehlike olmadığını belirlemişlerdir. Türkmen ve ark., (2009) yapmış olduğu bir diğer çalışmada ise Türkiye kıyı sularından zargana ve lüfer dokularındaki metal düzeyleri araştırılmış, Cu, Zn ve Fe değerleri en bol, Cd ve Pb değerlerinin ise en az seviyede olduğu belirlenmiştir. Her iki türün dokularında da metal konsantrasyonunda bölgesel değişiklikler gözlemlendiği, ancak bu varyasyonlar tüketim tavsiyelerini etkilemeyebileceği bulunmuştur. Fındık ve Çiçek, (2011) Karadeniz'in Batı Kıyısında (Türkiye) Amasra'da bulunan *M. merlangus* ve *M. barbatus* türlerinde ortalama olarak Zn>Cu>B>Pb>Ni>Cd konsantrasyonları saptamıştır. Bu iki türde kasların metal seviyeleri arasında önemli farklılıklar olduğu fakat izin verilen seviyeler açısından, Pb seviyelerinin hem *M. merlangus* hem de *M. barbatus* için insan tüketimiyle ilgili herhangi bir risk taşımadığını belirtmişlerdir. Bat ve ark., (2012) Sinop kıyılarında yakalanan *M. galloprovincialis* yumuşak kısımlarındaki Cu, Zn, Pb ve Cd konsantrasyonlarını, kıyı sularındaki metal kirlilik düzeyini mevsimsel olarak izlemek için ölçülmüş, esansiyel metal içeriğinin (Zn ve Cu) midyelerde daha yüksek olduğunu ve *M. galloprovincialis* örneklerinin kıyı bölgesindeki metal kirliliğindeki değişiklikleri değerlendirmek için uygun biyomonitörler oldukları sonucuna varmıştır. Mutlu ve ark., (2012), Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'in farklı

yerlerinden *T. trachurus* kas ve karaciğerlerinde Cd, Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr ve Co konsantrasyonlarını ölçmüş, demirin tüm lokasyonlarda her iki dokuda da en yüksek seviyeleri gösterdiğini ve bunu çinkonun izlediğini saptamışlardır. Aydın ve Tokalıoğlu, (2014) Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nden gelen *S. aurata*, *D. labrax*, *S. trutta labrax*, *T. trachurus*, *M. barbatus* ve *M. merlangius* türlerinin farklı dokulardaki ortalama metal konsantrasyonlarını incelemiş ve türlerin kaslarındaki metal konsantrasyonlarının genel olarak pul, deri, solungaç, karaciğer ve gonadlardakinden daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Bat ve ark., (2014), Güney Karadeniz'in Türkiye ve Gürcistan kıyılarından toplanan *E. encrasicolus* balıklarının yenilebilir kas dokusunda ağır metal konsantrasyonlarını değerlendirmiş, yenilebilir dokulardaki hiçbir değerin standart yönetmeliklerde belirtilen değerleri aşmadığı ve tüketiciler için hiçbir sağlık tehlikesi oluşturmadığını bulmuşlardır. Bat ve ark., (2015)^b Sinop kıyılarından yakalanan *M. barbatus*, *M. merlangus*, *T. mediterraneus* ve *L. aurata* kas dokularında ağır metallerin düzeylerini değerlendirmişlerdir. *T. mediterraneus* türündeki Cu miktarı hariç tüm balık türlerindeki Al, Hg, Cd, Pb ve Cu düzeylerinin ölçüm düzeyleri altında olduğunu ve çalışılan ağır metal konsantrasyonlarının izin verilen değerlerin (TFC, EC) oldukça altında bulunduğunu saptamışlardır. Türkmen ve Dura, (2016) Türkiye'de Orta ve Batı Karadeniz'den toplanan sekiz balık türünün karaciğer ve kas dokularında Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonları belirlemiş, incelenen metal seviyelerinin karaciğerde kastakinden daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Balıkların yenilebilir kas dokusundaki metal birikimlerini, insan tüketimi için geçici tolere edilebilir günlük/haftalık alımlar (PTDI ve PTWI) ile karşılaştırmış, ortalama metal konsantrasyonlarının FAO, WHO ve EPA'nın insan tüketimi için sınırlarının oldukça altında olduğunu bildirmişlerdir. Bat ve ark., (2017)^a Karadeniz Atlantik palamudu, lüfer, *E. encrasicolus* ve Akdeniz istavritinde metal konsantrasyonlarını belirlemiş, Karadeniz'in Türkiye kıyılarından gelen metal kirleticili yükü açısından özellikle İğneada, Trabzon, Bartın ve Samsun'da Karadeniz'in diğer kıyı illerine göre daha yüksek bulmuşlardır. İncelenen metallerin tahmini seviyelerinin AB ve TFC kılavuzları tarafından izin verilen limitlerin altında olduğunu belirtmişlerdir. Mol ve ark., (2017) Güneybatı Karadeniz'den *M. barbatus*, *M. merlangus* ve *P. maxima* türlerinde eser metalleri belirlemiş ve izin verilen limitlerle karşılaştırılmışlardır. *M.*

barbatus türünün %25'inde, *M. merlangus* türünün %33'ünde ve kalkanların %15'inde kurşun konsantrasyonu izin verilen sınırı aştığını, metaller için belirlenen tahmini haftalık alımları (EWI), geçici tolere edilebilir haftalık alımlardan (PTWI) daha düşük olduğu için bu demersal türlerin birlikte tüketilmesinin potansiyel sağlık risklerine neden olmayacağını bildirmişlerdir. Türkmen ve Akaydın (2017) tarafından yapılan bir başka çalışmada, Güneydoğu Karadeniz'in kıyı sularında ticari açıdan önemli olan on balık türünün (*M. barbatus*, *P. saltatrix*, *E. encrasicolus*, *T. trachurus*, *M. merlangus*, *S. sarda*, *B. belone*, *A. alosa*, *M. cephalus* and *S. smaris*) kas / karaciğerlerindeki metal konsantrasyonlarını ve bu balıkların insan tüketimine uygun olup olmadığını araştırmışlardır. Türlerin karaciğerlerindeki metal seviyelerinin kaslardakilerden daha yüksek olduğunu, ayrıca kasların maksimum Cd ve Pb düzeylerinin Türkiye'de izin verilen sınır olan 0,1 mg/kg'ın üzerinde olduğu bulmuşlardır. Kuplulu ve ark., (2018) Türkiye'nin 4 denizinden seçilen 13 balık türü ve deniz hayvanlarında (midye ve karides) Cd, As, Pb ve Hg konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Metal konsantrasyonlarının tüm denizlerde As>Pb>Hg>Cd sırasıyla azaldığını, numunelerdeki arsenik seviyelerinin 0,076-4,230 mg/kg arasında olduğu ve kadmiyum seviyelerinin ise Akdeniz'de *M. barbatus* türünde 0,064 mg/kg olarak limit değerlerin üzerinde seyrettiğini tespit etmişlerdir. Cıva ve kurşunun en yüksek ve en düşük seviyelerinin sırasıyla 0,005-0,405 ve 0,015-0,405 mg/kg olarak ölçüldüğünü, birkaç durum dışında çoğu numunede seçilen ağır metal konsantrasyonlarının limitlerin altında olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, midye ve karides dışında, tüm metallerde sürekli olarak yüksek konsantrasyona sahip olan tek bir balık türünün olmadığı gibi incelenen denizler ve deniz ürünlerinin insan tüketimi için güvenli olduğunu ifade etmişlerdir. Arıcı ve ark., (2019) bölgesel metal kirliliğinin mevcut durumunu izlemek için Sinop kıyı bölgesinden Karadeniz'de yaygın olan *C. barbata*, *C. agardh* ve *C. crinita* örneklerini toplamışlardır. Ölçülen değerler sonucunda Sinop bölgesinin kirlilik seviyesinin altında olduğu, buna ek olarak çalışma alanındaki kıyı kirliliğinin biyo-izleyicisi olarak *Cystoseira* türünü düzenli olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Varol ve ark., (2019) Kahramanmaraş balık pazarlarından temin ettiği ve Türkiye'de sıklıkla tüketilen 10 farklı balık türünde (*C. carpio*, *O. mykiss*, *D. labrax*, *E. encrasicolus*, *T. mediterraneus*, *S. aurata*, *B. boops*, *S. salar*, *M. barbatus*, *S. sphyraena*) 11 ağır metal seviyelerini

belirlenmiş ve maksimum izin verilen limitler (MPL'ler) ile karşılaştırılmışlardır. En yüksek toksik metal içeriğinin *M. barbatus*'da, en düşük toksik metal içeriğinin ise gökkuşağı alabalığında kaydedildiği bildirilmiştir. Esansiyel metaller açısından incelendiğinde en yüksek ve en düşük içeriklerin sırasıyla *E. encrasicolus* ve *M. barbatus*'ta bulunduğu rapor edilmiştir. Ayrıca tüketiciler için insan sağlığı riskleri değerlendirilmiş, sadece Al ve Cr seviyelerinin balık türleri arasında önemli farklılıklar göstermediği, en yüksek As konsantrasyonlarının, bir dip balığı olan *M. barbatus*'ta bulunduğu belirlenmiştir. Tüm balık türlerinde ortalama Cd, Cr, Cu ve Pb konsantrasyonları MPL'lerin altındayken, Avrupa hamsisi ve Akdeniz istavritinde Zn ve *M. barbatus*'ta inorganik As verilerinin MPL'leri aştığını gözlemlemişlerdir. Her balık türünde tahmini günlük alımın, tolere edilebilir günlük alım miktarından çok daha düşük olduğunu belirlemiş, bunun tüketiciler için sağlık riski oluşturmayacağını düşünmektedirler. Bat ve ark., (2020)'nın *M. merlangus* ve *M. barbatus* türlerinde Cd, Hg, Pb, Cu ve Zn miktarlarının belirlenmeyi amaçlayan çalışmasında bu seviyelerin İngiltere Tarım, Orman ve Balıkçılık Bakanlığı (MAFF), Türk Gıda Kodeksi (TFC) ve AB Komisyonu Yönetmeliği tarafından belirlenen izin verilen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Türkmen ve Ögütçü, (2020) Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesindeki balık pazarlarından satın alınan *S. sarda*, *T. trachurus*, *M. merlangus*, *M. barbatus*, *S. pilchardis*, *T. thynnus*, *B. belone*, *E. encrasicolus*, *S. scomber* gibi çeşitli balık türlerinin kas dokularındaki ağır metal kontaminantlarını incelemişlerdir. Toksin seviyelerinin, insan tüketimi için güvenli kabul edilen günlük ve haftalık alım kılavuzlarıyla karşılaştırıldığında nikel hariç, belirtilen seviyelerin altında olduğunu belirlemişlerdir. Bir istasyondan bir türde bulunan normalin üzerindeki nikel seviyeleri haricinde, şu anda insan sağlığı için herhangi bir tehlike olmadığı sonucuna varmışlardır. Baki, (2021) Sinop'ta avcılık ile elde edilen *M. merlangus* balığındaki ağır metallerin birikim konsantrasyonlarını belirlemiş, sınır değerlerinin altında olduklarından insan tüketimi için olumsuzluk teşkil etmeyeceğini rapor etmişlerdir. Erdem ve ark., (2021) Karadeniz'in Sinop-Samsun kıyılarından avlanan *E. encrasicolus* balıklarının mineral madde ve ağır metal içeriklerinin tespit edilmesi amaçlamış, sonuç olarak ağır metal içeriklerinin sağlık açısından sakıncalı olmadıklarını belirlemişlerdir. Mutlu, (2021) Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyılarından yakalanan beş deniz balığı türünün (*E. encrasicolus*, *S.*

sarda, *M. barbatus*, *T. mediterraneus* ve *M. merlangus*) kas dokusunda bazı metallerin konsantrasyonları belirlemiş, en yüksek Al, Cd, Cr ve Mn seviyelerini *E. encrasicolus*'ta; en yüksek Pb ve Zn seviyelerini *T. mediterraneus*'ta ve en yüksek Fe ve Cu konsantrasyonlarını ise *S. sarda*'da bulmuştur. Ek olarak, insan tüketimiyle ilişkili potansiyel riskler, tahmini günlük alım ve hedef tehlike oranı gibi kalite endeksleri kullanılarak değerlendirmiş, balık dokularının tüketilmesi nedeniyle insan sağlığı açısından potansiyel bir risk tespit edilmediğini tespit etmiştir. Verap ve Mutlu, (2022) Rize ve Trabzon'dan yakalanan *S. sarda* örneklerinin kas dokularındaki ağır metal seviyelerinin belirlenmesi ve insan sağlığı açısından risk oluşturma potansiyellerinin belirlenmesi amaçlamışlardır. Konsantrasyonların, Avrupa ve Türkiye yönetmeliklerinde izin verilen maksimum değerlerden daha düşük olduğunu, vücut ağırlığı değerleri başına haftalık ortalama ağır metal alımının, belirlenen Geçici Tolere Edilebilir Haftalık Alım (PTWI) değerini aşmadığını, bu nedenle de tüketiciler için herhangi bir sağlık tehdidi oluşturmadığını belirtmişlerdir. Kalıpcı ve ark., (2023) Türkiye'nin Karadeniz kıyısındaki on bir şehirde sıklıkla tüketilen beş farklı balık türünde (*M. barbatus*, *P. saltatrix*, *E. encrasicolus*, *S. sarda* ve *M. merlangus*) on bir tehlikeli eser element (HTE) düzeyini ölçmüşlerdir. En yüksek Fe, Mn, Co, Cr, Ni, Cd ve Hg metal konsantrasyonları Samsun ilinden örneklenen balıklarda tespit etmiş, Düzce ilinden örneklenen balıklarda Cu, Zn, Pb ve As metal konsantrasyonlarının en yüksek olduğunu belirlemişlerdir. En yüksek As, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Hg ve Pb konsantrasyonlarını demersal *M. barbatus*'ta, en yüksek Zn ve Cd konsantrasyonlarını *E. encrasicolus*'ta, en yüksek Cu konsantrasyonlarını ise *S. sarda*'da bulmuşlardır. Ayrıca uluslararası standartlar tarafından belirlenen izin verilen maksimum limitler (MPL'ler) ile karşılaştırmalar yapmış ve balık tüketiminden kaynaklanan insan sağlığı risk seviyelerini çoklu yaklaşımlar kullanılarak değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak tüketimden kaynaklanan bir risk olmadığını saptamışlardır.

Daş ve ark., (2009), Karadeniz'in Samsun ve Sinop kıyılarındaki deniz canlılarının (*M. barbatus*, *M. merlangus*, *S. maximus*, *P. flesus*, *M. galloprovincialis*, *R. venosa*) ağır metal konsantrasyonlarının değerlendirmişlerdir. Salyangoz, *M. galloprovincialis* ve *M. barbatus* grupları hariç diğer numune gruplarında Pb

konsantrasyonlarının maksimum izin limitlerinin altında olduğunu; ek olarak *R. venosa* ve *M. galloprovincialis* örnekleri hariç, Cd konsantrasyonları maksimum izin limitlerini aşmadığını, oysaki tüm numune gruplarında As tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Balkıs ve ark., (2013), Güney Karadeniz Sahanlığı boyunca Terkos, Samsun ve Ordu istasyonlarında *M. galloprovincialis* ve *M. merlangus euxinus* türlerinde ağır metal biyobirikimlerini incelemiş, genel olarak, Pb, Cd ve Hg içeriklerinin Türkiye belirlenen kritik limitlerin üzerinde ölçmüşlerdir. Bat ve Öztekin, (2015) Türkiye'nin Karadeniz'deki Sinop kıyılarında ağır metal yayılımları hakkında veri elde etmek için *M. galloprovincialis*, *R. venosa* ve *E. verrucosa* örneklerini toplamışlardır. İncelenen metallerin haftalık alımlarının, *R. venosa*'daki en yüksek Cd seviyesi haricinde, belirlenen Geçici Tolere Edilebilir Haftalık Alımları aşmadığı, elde edilen verilerin kılavuzlarla karşılaştırılması sonucu metal konsantrasyonlarının insan tüketimi için görünür bir tehlike olmaksızın, uluslararası kuruluşlar tarafından tanımlanan izin verilen düzeyin altında olduğunu göstermişlerdir. Mülâyim ve Balkıs, (2015) Batı Karadeniz'in Trakya Kıyısı boyunca baskın olan *R. venosa* ve *E. verrucosa* bentik omurgasız türlerinde ve bu bölgeden gelen littoral çökeltelerde toksik metal birikim düzeylerini belirlemişlerdir. Cd dışındaki tüm metallerin Sediment Kalite Kılavuzu verilerinin altında olduğunu göstermişlerdir (Gedik ve Boran, 2013). *R. venosa*'nın Cd içeriğinin sadece Kumköy'de sınırı aştığını, tüm istasyonlarda Pb içeriğinin sınırın altında ve Hg içeriğinin ise sınırın altında veya biraz üzerinde olduğunu bulmuşlardır. Tepe ve Süer, (2016) Giresun sahili boyunca toplanan *M. galloprovincialis* yumuşak dokularında ağır metal birikim düzeylerini araştırmış, ortalama Pb ve Zn konsantrasyonların, Uluslararası Türk standartları tarafından önerilen kabul edilebilir sınırın üzerinde olduğunu saptamışlardır. Bat ve ark., (2017)^b Sinop kıyılarından toplanan *M. galloprovincialis*'in yumuşak kısımlarındaki ağır metal seviyelerinin önerilen standartların altında olduğunu ve *M. galloprovincialis* örneklerinin Karadeniz'in bu kıyı bölgesindeki metal kirliliğindeki değişiklikleri değerlendirmek için uygun biyomonitörler olduğu sonucuna varmışlardır. Gedik, (2017)^a Karadeniz'in güney kıyılarından toplanan *M. galloprovincialis* yenilebilir yumuşak dokularındaki Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn'nin biyoerişilebilirliği araştırmış, dokulardaki toplam Pb konsantrasyonunun izin verilen maksimum sınırların üzerinde

olduğunu tespit etmiştir. Örnekleme alanlarından midye tüketimi, porsiyon boyutlarının artması durumunda özellikle Cd ve Pb'nin insan sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturabileceğini vurgulamıştır. Gedik, (2017)^b Güney Karadeniz kıyılarında toplanan *R. venosa* yenilebilir yumuşak dokularındaki ağır metallerin biyoerişilebilirliğini incelenmiştir. Dokulardaki toplam Cd ve Pb konsantrasyonunun Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen izin verilen maksimum limitlerin üzerinde olmasına rağmen insanlar için potansiyel bir tehlike oluşturmayabileceğini, ancak tüketim, porsiyon ve boyutların artması durumunda Cd ve Pb seviyeleri için insan sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturabileceğini bildirmiştir. Bat ve ark., (2018)^a yapmış oldukları derlemede *Mytilus* türünü deniz kıyılarında ağır metal kontaminasyonunun biyomonitörleri olarak incelenmişlerdir. Genel olarak Karadeniz midyelerindeki ortalama ağır metal miktarlarının kabul edilebilir değerlerin altında olmakla birlikte bazı çalışmalarda maksimum miktarlarının kabul edilebilir değerlerin üzerine çıktığını bildirmişlerdir. Yine de bu değerlerin Avrupa Birliği mevzuatı tarafından belirlenen sınırın oldukça altında olduğu, dolayısıyla midye tüketiminin toplum açısından bir risk oluşturmadığını ifade etmişlerdir. Bat ve ark., (2018)^b Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında toplanan ve biyomonitör olarak kullanılan *M. galloprovincialis* yenilebilir dokularındaki metal birikimini izlemiş, İğneada, Sinop, Samsun ve Trabzon gibi örnekleme alanlarında incelenen tüm ağır metallerin miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldüğü vurgulanmıştır. Tarım, Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı (MAFF), Türk Gıda Kodeksi ve Bivalvelerin deniz ürünleri olarak zararsız tüketim kısıtlamaları için Komisyon Yönetmeliği (EC) tarafından belirtilen ana hatlarla karşılaştırılmış, elde edilen sonuçların düşük seviyeli bir ağır metal içeriğini gösterdiği saptanmıştır. Araştırılan ağır metaller açısından insan sağlığı dikkate alındığında ise tahmini günlük alım miktarlarının (EDI) izin verilen alım miktarlarını aşmadığı belirtilmiştir. Bat ve ark., (2018)^c Karadeniz'in İğneada kıyılarında toplanan *M. galloprovincialis* ve *R. venosa* yumuşak dokularındaki toksik element miktarlarını araştırmış, metallerin tahmini seviyelerinin Avrupa Topluluğu Yönetmeliği (AB) ve Türk Gıda Kodeksi (TFC) tarafından izin verilen sınırların altında ölçülmesinin yanı sıra tahmini haftalık alım miktarının da (EWI) tolere edilebilir alım miktarının (PTWI) oldukça altında olduğu, dolayısıyla tüketilmesinin insan sağlığı üzerinde herhangi bir tehlike etkisi ortaya

çıkmadığı sonucuna varmışlardır. Duyar ve Bilgin, (2019) balık, midye ve deniz yosunu olmak üzere deniz organizmalarındaki ağır metal konsantrasyonlarını incelemiş, *M. galloprovincialis* ve *T. trachurus* kaslarında K, Na, Mg, Fe, Zn ve Al'in en yüksek seviyelerde olduğunu belirlemişlerdir. Bat ve ark., (2021) Karadeniz'in Sinop yarımadasından temin edilen *M. galloprovincialis*'teki ağır metallerin içeriğini ölçmek ve sağlık risklerini tahmin etmeyi amaçlamış, genel olarak midyelerdeki metal konsantrasyonlarının oldukça düşük olduğunu, tahmini günlük alımların tolere edilebilir alımları aşmadığını ve midye yemenin herhangi bir sağlık riskine neden olmadığını ifade etmişlerdir. Turanlı ve Gedik, (2021), Karadeniz, Marmara ve Ege Denizi kıyı sularındaki 23 farklı bölgeden örneklenen *M. galloprovincialis* için ağır metallerin mekansal dağılımı ile birlikte potansiyel insan sağlığı risklerine yol açan tüketim sonuçları incelemişlerdir. Pb değerlerinin 10 numune alma istasyonunda izin verilen Avrupa Birliği limitlerinin üzerinde olduğunu, tahmini haftalık alımların, Gıda Katkı Maddeleri Ortak FAO/WHO Uzman Komitesi limitlerini aşmazken, As'yi çocuklar için tehlikeli seviyede bulmuşlardır.

Arıcı, ve Bat, (2016) *U. lactuca*, *E. linza* ve *C. barbata*'da ağır metaller (Fe, Zn, Ni, Cu, Mn, Co, Pb ve Cd) seviyelerini araştırmışlar, makroalglerdeki metallerin nispi bolluğunu belirlemişlerdir. Tüm metal seviyelerinin Sinop kıyılarında en düşük düzeyde ve izin verilen maksimum değerlerden daha düşük olduğunu saptamışlardır. Bat ve Arıcı, (2016) Güney Karadeniz'in Sinop kıyılarında *C. barbata* örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarını tespit etmiş, tüm bölünmelerde, temel elementler arasında, Fe'nin sergilediği en yüksek konsantrasyonları (2143 ± 78) $\mu\text{g/g}$ kuru ağırlık olarak belirtmişlerdir. Elderwish, (2020) Kastamonu kıyılarında (Türkiye) denizel *C. barbata* türünde ağır metal kirliliğinin mevsimsel değişimini incelemiş, metal konsantrasyonlarının her mevsimde henüz tehlikeli boyutlara ulaşmamakla birlikte sonbaharda diğer mevsimlere göre arttığını göstermiştir. Türkmen ve Aydın, (2021) Kuzeydoğu Karadeniz kıyılarında yayılım gösteren kahverengi deniz yosunu türlerinde ağır metal kirliliğini araştırmayı ve çevre kirliliği hakkında bilgi edinmeyi amaçlamıştır.

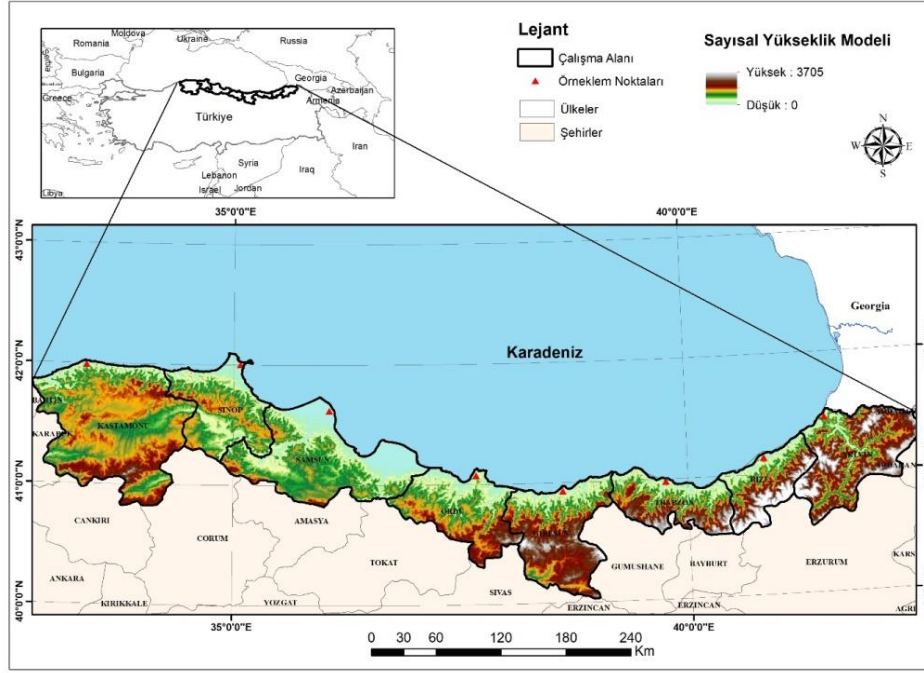
Gedik ve Boran, (2013) Rize Limanı çevresindeki sedimanlarda metal seviyelerinin izlemiş, bölgenin Cu tarafından ağır şekilde kirlenmiştir olduğunu tespit etmişlerdir. Yalçın ve ark., (2013) Sakarya Kanyonu kıyı çökellerinin ağır metal içeriklerini belirlemeyi amaçlayan çalışmalarında maksimum bolluğa göre As, Ni, Mg, Ti, Mn, Fe, V, Cr, Co, Nb, Cu, Zr, Sn, Al, Zn, Ga, Cd, Pb'nin en yüksek anomaliyi gösterdiği, bunun bölgedeki liman atıkları, madencilik faaliyetleri, yol kirliliği, kentsel atıklar ve endüstriyel atıklardan gelen antropojenik etki neticesinde oluşabileceğini öngörmüşlerdir. Özşeker ve ark., (2016) Trabzon limanı çevresindeki sedimanda metal kirliliği ve ekolojik riskin belirlenmesi amaçlamışlar, sonuç olarak Cu, Pb, Zn ve As'nin Trabzon limanı çevresinde toksisiteye önemli katkı sağladıklarını ifade etmişlerdir. Bat ve ark., (2017)^c Sinop ilinde yapılan sediment analizleri sonucu genel olarak en yüksek değerlerin (Zn ve Cd hariç) Türkeli'nde, en düşük değerlerin ise Karakum mevkiinde tespit edildiğini bildirmişlerdir. Bat ve ark., (2019) Sinop Yarımadası'nın Karakum kıyılarında metal kirliliğini değerlendirmek için sudaki, tortudaki ağır metal miktarlarını araştırmış, sedimentteki ağır metal seviyelerinde mevsimler arasında farklılık olmadığını saptamışlardır. Elderwish, (2019) Batı Karadeniz'de, Sinop, Kastamonu ve Zonguldak kıyılarından temin edilen su, sediment ve *E. encrasicolus*, *S. sarda*, *P. saltatrix*, *M. euxmus* örneklerindeki ağır metal kirliliğinin mevsimsel değişimi incelemiş, ağır metal kirliliğinin henüz tehlikeli bir boyuta ulaşmadığını bildirilmiştir. Özşeker ve ark., (2022) Güney Karadeniz kıyılarından (Türkiye) sedimanlardaki toksik metallerin mekansal dağılımı ve ekolojik risk seviyelerini değerlendirdikleri çalışmada Cu ve Pb'nin kirlilik limitlerinin üzerinde olduğunu ve bu nedenle çalışma sonucu olarak, sürekli kirlilik izleme programları oluşturulmasını, ayrıca kirliliğin önlenmesi için önlemler daha etkin bir şekilde uygulanmasını önermişlerdir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Kuzeyde Azak, güneyde ise Akdeniz ile bağlantılı, yarı kapalı bir deniz olan Karadeniz'in Türkiye kıyıları seçilmiştir. Türkiye balık üretiminin %76'sını karşılayan Karadeniz'in tuzluluk oranı kıyı şeridinde % 18, yüzeyde ‰ 23, derinlerde ise ‰ 36 civarındadır. Sakarya, Kızılırmak, Yeşilırmak nehirlerinin yanı sıra Çoruh, Dinyeper, Dinyester ve Tuna nehirleri de Karadeniz'e dökülmektedir. Irmaklardan gelen organik madde miktarının deniz suyundaki ayrışma oranından fazla olduğu için Karadeniz flora ve faunası gün geçtikçe fakirleşmektedir. Su seviyesi ve tuzluluk farkı nedeniyle Karadeniz'den Marmara'ya doğru bir üst akıntı ve tuzluluk ara sınırı olan haloglin tabakasının altında ise Marmara'dan Karadeniz'e doğru bir alt akım vardır. Karadeniz'deki dikey sirkülasyon sadece 150 m'lik sütunda gerçekleşip, üstelik zayıf olduğu için, tüm O₂ 150 m'nin altında biter ve 200 m'nin altında yaşamı engeller. Karadeniz dünyanın en büyük hidrojen sülfür rezervidir. Ayrıca, Hopa, Trabzon, Giresun, Ordu, Samsun, Sinop ve Zonguldak limanlardaki deniz taşımacılığı sebebiyle de ekonomik öneme sahiptir (Sezer, 2018; Arısoy, 1966).

Metal tutma kapasitesi deneyleri için analiz edilecek olan örnekler Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Artvin (ART), Rize (RZE), Trabzon (TRB), Giresun (GRS), Orta Karadeniz Bölgesi'nde Ordu (ORD) ve Samsun (SMS), Batı Karadeniz Bölgesi'nde ise Sinop (SNP) ve Kastamonu (KST) olmak üzere toplam 8 adet ilden toplanmıştır. Çalışma sahasını gösteren harita Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanını ve örnekleme istasyonlarını gösteren Karadeniz havzası haritası.

3.2. Materyal

Araştırmada ekonomik önemi olan 7 deniz balığı türü kullanılmıştır; barbun (*Mullus barbatus*), çinekop (*Pomatomus saltatrix*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), istavrit (*Trachurus trachurus*), kefal (*Mugil cephalus*), mezzit (*Merlangius merlangus*) ve palamut (*Sarda sarda*). Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis* L. 1758), deniz salyangozu (*Rapana venosa*), kahverengi alg (*Cyrtoceria barbata*) ve sediment olmak üzere 11 çeşit kompozit numune analiz edilmiştir.



M. barbatus



E. encrasicolus



T. trachurus



P. saltatrix



M. merlangus



M. cephalus



S. sarda



M. galloprovincialis



R. venosa



C. barbata

Şekil 3.2. Materyal örnekleri

3.3. Yöntem

3.3.1. Balık Örneklerinin Toplanması ve Analizi

Bu araştırmada incelenen balıklar Karadeniz Bölgesi'ndeki 8 ilden ticari balıkçı tekneleri yardımıyla 1 Eylül – 17 Ekim 2021 tarih aralığında toplanmıştır. Çalışmanın objektif veriler ortaya koyabilmesi ve güvenilirliği için, tüm istasyonlarda, *M. cephalus* ve *S. sarda* hariç her bir örnek türünden 10'ar adet, *M. cephalus* ve *S. sarda* için 5'er adet temin edilmiştir. Balık örnekleri istasyonlara ve türlere göre tasnif edilerek boy ve ağırlıkları kaydedildikten sonra, her örnekten yaklaşık 5 g kas dokusu etiketlenip, poşetlere konularak analize kadar -18°C'de depolanmıştır (Tüzen, 2003). Balık örnekleri (1,5 g'a kadar) konsantre dereceli HNO₃ (suprapur %65) ve H₂O₂ (suprapur %30) (7:1) karışımı içeren Teflon kaplarda (HPR-FO-67) sıcaklığına göre parçalandı ve bu işlem Mikrodalga parçalama sistemi (Milestone SK10) kullanılarak yapıldı. Asit teflon ilave edildikten sonra bombalar kapatılarak 200°C'de 15 dakika ısıtıldı ve 15 dakika aynı sıcaklıkta kaldı. Sindirilen çözelti 50 ml'lik polipropilen şahin tüplerine aktarıldı ve 50 ml'ye kadar ultra saf su ile dolduruldu. Elementlerin konsantrasyonları, İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi (ICP-MS, Agilent 7700X) ile ölçüldü. Kalite güvencesi ve kontrolü, üçlü ölçüm ve sertifikalı referans materyal (UME CRM 1201 kaynak suyu, Lobster TORT-2, BCR-185r karaciğer, SEM 2016) kullanılarak gerçekleştirildi. Kalibrasyon eğrileri için Agilent tarafından sağlanan standart solüsyonlar (27 element karışımı: 8500-6940 2A ve 8500-6940 Hg) kullanıldı. Analitik kesinlik±%10 dahilindeydi. Bu çalışmada 1ppm dahili standart (Agilent 5188-6525) numunelerle sürekli olarak analiz edildi. Ekstraksiyon ve analizler Sinop Üniversitesi Laboratuvarında yapılmıştır.

3.3.2. Kabuklu Örneklerinin Toplanması ve Analizi

Deniz salyangozu (*R. venosa*) ve halk arasında kara midye veya Akdeniz midyesi olarak bilinen (*M. galloprovincialis*) kabuklu örnekleri 1 Eylül – 17 Ekim 2021 tarih aralığında limandaki kayalıklarda ortalama 2-3 m derinlikten,

Kontaminasyonu önlemek amacıyla steril plastik eldivenlerle ile kazıma şeklinde 20'şer adet toplanmıştır. Toplanan örnekler etiketlenerek steril poşetlere konulmuş ve soğuk zincir yöntemi ile laboratuvar ortamına getirilmiştir. Örnekler deniz suyu ile temizlenerek boylarına göre ayrılmış, aynı boyda 10 örnek seçilmiş, ölçüm hassasiyeti nedeniyle plastik pens ve bıçak kullanılarak yumuşak dokuları kabuklarından ayrılmıştır. Alınan 1'er gramlık alt örneklerin havanda öğütülmesiyle hazırlanan kompozit numuneler etiketlenerek steril poşetlerde, analiz edilene kadar -18°C'de bekletilmiştir. Daha sonra analiz için dondurucudan çıkarılan örneklerin oda sıcaklığında çözülmesi sağlanmıştır. Bu şekilde örnekler ekstraksiyona hazır hale getirilmiştir. Taze yumuşak doku örnekleri (1,5 g'a kadar), (HPR-FO-67) sıcaklığına göre konsantre sınıf HNO₃ (suprapur %65) ve H₂O₂ (suprapur %30) (7:1 oranında) karışımı içeren teflon kaplarda asit ilave edildikten sonra 200°C'de 15 dakika bir mikrodalga yakma sistemi (Milestone SK10) kullanılarak sindirildi. Sindirilen çözelti, 50 ml'lik polipropilen tüplerine aktarıldı ve 50 ml'ye kadar ultra saf su ile dolduruldu. Asit muamelesi ile mikrodalga fırında çözülen örnekler, analizden önce 0.45 µm nitroselüloz zar filtreden geçirildi. Analizlerde EPA Metodu 200.3 kullanıldı, bu metod biyolojik dokulardaki toplam geri kazanılabilir elementlerin spektrokimyasal tayini için örnek hazırlama prosedürünü içerir. Element konsantrasyonları, bir Endüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi (ICP-MS, Agilent 7700X) kullanılarak ölçüldü. Kalibrasyon eğrileri için Agilent tarafından temin edilen standart solüsyonlar (27 element karışımı: 8500-6940 2A ve 8500-6940 Hg) kullanıldı. Analitik hassasiyet±%10 aralığında sağlandı. ICP-MS'de 1 ppm dahili standart (Agilent 5188-6525) sürekli olarak numunelerle analiz edildi. CRM'deki öğelerin doğruluğu %90 ile %100 arasında değişmektedir. Tüm analizler üçlü tekrarlar halinde gerçekleştirildi ve veri analizi için ortalamalar kullanıldı.

3.3.3. Makro Alg Örneklerinin Toplanması ve Analizi

Çalışmada kullanılan makro alg *C. barbata* türüdür. Antioksidan, antimikrobiyal özelliğinin yanı sıra yüksek protein ve alginat içeriği sebebiyle ekonomik değeri de yüksek olan kahverengi alg sığ ve kayalık bölgelerde sıkça görülür. Çalışılan yosun örnekleri (*C. barbata*) 1 Eylül – 17 Ekim 2021 tarih

aralığında limandaki kayalıklarda, littoral zondan (0,5-1,5 m) elle ve eldiven giyerek plastik bir spatülle toplanmıştır. Toplanan örnekler deniz suyuyla yıkandıktan sonra temiz polietilen torbalara koyup etiketlenmiştir. Örnekler analiz yapılana kadar -18°C’de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Laboratuvarında musluk suyu ve distile su ile atık ve epifitlerden temizlenen alg örnekleri etüvde kurutulduktan sonra havanda öğütülmüştür. Homojenize edilen örneklerden 1 g alt örnek alınarak Teflon kaplara yerleştirildikten sonra üzerine 3 ml deiyonize su ve 7 ml %63'lük saflıkta nitrik asit (HNO₃) ilave edilmiştir. Bu karışım mikrodalga fırında işleme tabi tutularak, soğumaya bırakılıp bu solüsyonun üzerine 1 ml hidrojen peroksit (H₂O₂) ilave edilerek solüsyonun berrak hale gelmesi beklenmiştir. Soğuduktan sonra renksiz ve berrak olan bu solüsyon kapaklı falcon tüplerine koyularak deiyonize su ilavesiyle 50 ml'ye tamamlanmış ve analiz öncesinde 0,45 µm membran filtrelerden geçirilmiştir. Hazırlanan örneklerin ağır metal konsantrasyonları her bir örnek için Agilent Model 7700X ICP cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

3.3.4. Sediment Örneklerinin Toplanması ve Analizi

Sediment örnekleri 1 Eylül – 17 Ekim 2021 tarih aralığında yaklaşık 1,5 km açıktaki deniz dibindeki sediment yüzeyinden Van Veen kepçesi ile alınmış ve temiz plastik kaplara aktararak soğuk zincir muhafazasıyla laboratuvara getirilmiştir. Örnekler ayrı polietilen kaplara konularak üzerlerine nitrik asit eklenmiştir. Buz korumalı kaplarda analizlerin yapıldığı Sinop Üniversitesi laboratuvarına getirilen bu alt örnekler, 70°C'de sabit ağırlığa gelene kadar etüvde kurutulmuş ve havanda öğütülmüştür. Ardından büyük parçacıklar plastik eleklerle elenerek atılmıştır. Kalan örnekler 0,5 gram ağırlığında alınmıştır, çalışmalarında belirtilen yöntemlere uygun olarak Milestone Sk10 marka mikrodalga fırında asit muamelesiyle çözülmüştür. Elde edilen renksiz ve berrak solüsyon, soğumaya terk edildikten sonra filtre edilip, deiyonize su ilavesiyle 100 ml'ye tamamlanarak, seyreltilmiştir. Mavi bant, bir filtre kartından geçirilerek analiz için hazırlanmıştır. Analiz edilen ağır metal elementleri Cu, Cd, Zn, Cr, Ni, Pb’ dir. Numunelerin element içeriği, bir Agilent Model 7700XICP-MS spektrometre kullanılarak ppm aralığında belirlenmiştir (Rios-Arana ve ark., 2004).

3.3.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Sonuçların istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics 22 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle örneklerden elde edilen istatistiki değerler belirlenmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda normal dağılım gösteren değişkenlerde Anova tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Anova varyans analizi sırasında farklıların tespiti için Duncan testi kullanılmıştır. $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı olarak kabul edilmiştir. Ayrıca ağır metallerin birbirleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak maksadıyla ise korelasyon testi uygulanmıştır.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma Karadeniz Bölgesi'nde yakalanan balıkların (*M. barbatus*, *P. Saltatrix*, *E. encrasicolus*, *T. trachurus*, *M. cephalus*, *M. merlangus*, *S. sarda*) yanı sıra kabuklular (*M. galloprovincialis*, *R. vesona*), makro alg (*C. barbata*) türleri ve sediment örnekleri ile yapılmıştır.

M. galloprovincialis, *R. vesona* ve *C. barbata* örnekleri su ortamında yer değiştirmeyen sabit organizmalardır. Dolayısıyla bir bölgenin kirliliğini belirlemede ve izlemede sedimanla birlikte kullanılabilirler. Bu nedenle özellikle kabuklular ve makroalgler pek çok araştırmacı tarafından metal kirliliğinin biyomonitörü olarak kullanılmışlardır. Sekiz örnekleme bölgesinden alınan örneklerin analiz sonucu elde edilen verilerin ortalamaları alınarak bu bölgelerin kirlilik durumları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada özellikle kabuklu, makro alg gibi sabit türler ile sedimanda ölçülen metal konsantrasyonları esas alınmıştır.

4.1. Boy ve Ağırlık Ölçüm Sonuçları

Türkiye'nin Karadeniz bölgesinden toplanan 7 farklı balık türünün istasyonlara göre boy ve ağırlık ortalamaları ile standart hata (SH) değerleri ise Tablo 4.1'de gösterilmiştir. IBM'in tanımına göre standart hata, test istatistiğinin belirsizliğinin bir ölçüsüdür ve bir test istatistiğinin değerinin örneklemden örneğe ne kadar değiştiğine ilişkin bir tahmindir. *M. barbatus* ve *P. Saltatrix* hariç tüm türlerde boy ve ağırlık ortalamalarının maksimum değerleri Sinop'ta örneklenen balıklarda tespit edilmiştir. *M. barbatus* boy ortalamasının maksimum değerini ORD, *P. Saltatrix* ise KST'daki örneklerde tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Araştırmada kullanılan balık türlerinin ortalama boy (cm) ve ağırlık (gr)±standart hata

Yerel ve bilimsel adı		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	Genel Ortalama
1. Barbun <i>M. barbatus</i>	OU	13,2	12,5	<u>10,8</u>	13	13,3	12	13	13	12.60
	(cm)	±1,3	±0,5	±0,7	±1	±1,2	±1	±0,5	±0,3	
	OA	19,5	17,23	<u>14,40</u>	17,67	22,28	17,86	22,52	24,56	19.50
	(g)	±0,51	±0,54	±0,92	±1,21	±1,55	±1,13	±2,01	±2,24	
2. Çinekop <i>P. saltatrix</i>	OU	15,8	<u>14,5</u>	17	15	15,5	16,5	17,5	19	16.35
	(cm)	±1,8	±0,5	±2	±1	±1,5	±1,5	±2,5	±2	
	OA	40,38	<u>33,68</u>	48,70	36,60	48,74	50,10	62,40	79,58	50.02
	(g)	±1,43	±1,16	±1,51	±3,96	±1,2	±2,08	±3,9	±4,59	
3. Hamsi <i>E. encrasicolus</i>	OU	11	10,5	11	<u>10,3</u>	10,8	11,8	12,3	11,3	11.13
	(cm)	±0,5	±0,5	±1	±0,7	±0,3	±0,7	±0,2	±0,4	
	OA	8,28	7,85	8,27	<u>6,84</u>	7,31	8,87	9,42	8,47	8.16
	(g)	±0,9	±0,9	±0,5	±0,45	±0,4	±1	±1,2	±1	
4. İstavrit <i>T. trachurus</i>	OU	<u>11</u>	<u>11</u>	12	<u>11</u>	12	<u>11</u>	13	<u>11</u>	11.50
	(cm)	±0,7	±0,9	±0,9	±1	±0,8	±0,7	±0,6	±0,9	
	OA	13,37	13,62	15,54	12,86	14,21	<u>10,99</u>	25,51	13,65	14.97
	(g)	±1,7	±0,7	±2	±0,6	±0,5	±1,3	±0,4	±0,8	
5. Kefal <i>M. cephalus</i>	OU	<u>22</u>	24	28,5	23	32	24	34	24	26.44
	(cm)	±2	±1	±5	±1	±6	±3	±5	±2	
	OA	<u>89,92</u>	128,21	263,67	125,68	298,74	106,08	340,11	137,04	186.18
	(g)	±8,3	±10,1	±10,4	±4	±14,9	±6,7	±22,9	±7,4	
6. Mezgit <i>M. merlangus</i>	OU	15,5	16,3	16	<u>13,3</u>	16,5	16,5	18,3	16	16.05
	(cm)	±0,5	±0,8	±1	±0,8	±0,5	±0,9	±0,3	±0,5	
	OA	30,28	27,66	31,00	<u>18,87</u>	30,13	28,54	34,03	30,36	28.86
	(g)	±1,1	±2,5	±0,9	±2,6	±3,6	±2,9	±3,6	±1,7	
7. Palamut <i>S. sarda</i>	OU	35	35,5	33	36	<u>30</u>	36	38	35	34.81
	(cm)	±2,9	±2,7	±1,9	±3,2	±2,9	±3,9	±4,2	±2,1	
	OA	653,9	505,8	416,1	559,9	<u>285,5</u>	605,4	710,0	573,4	538.75
	(g)	±58	±33	±31	±21	±32	±67	±86	±35	

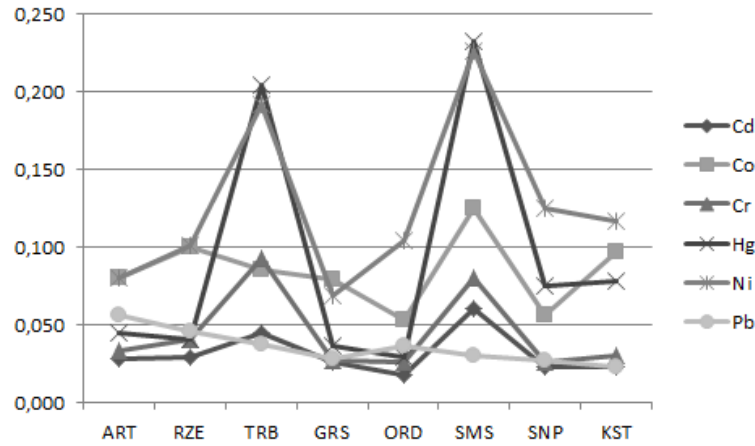
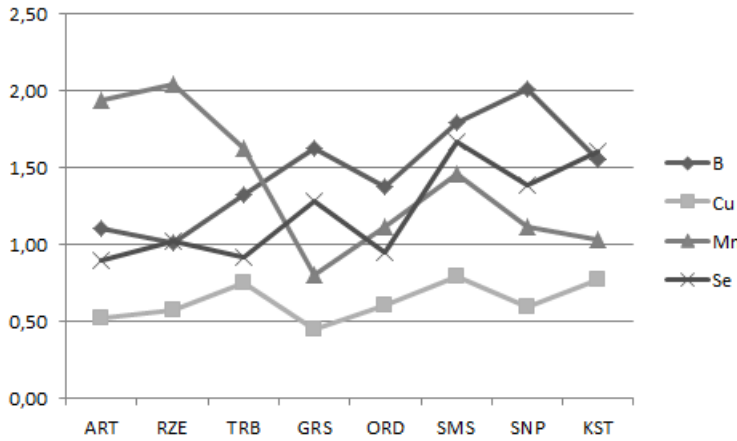
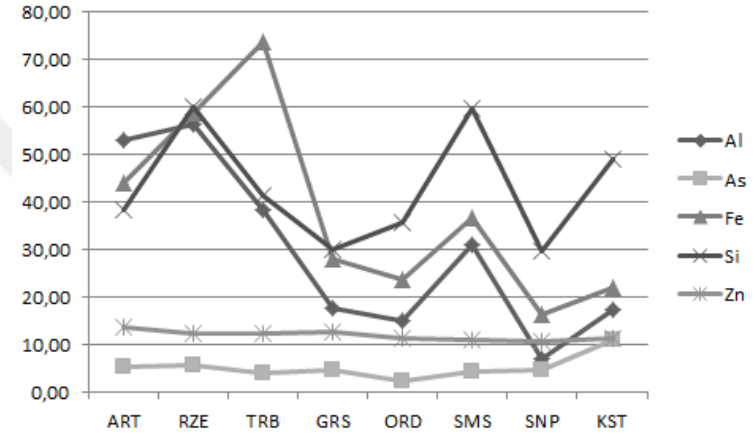
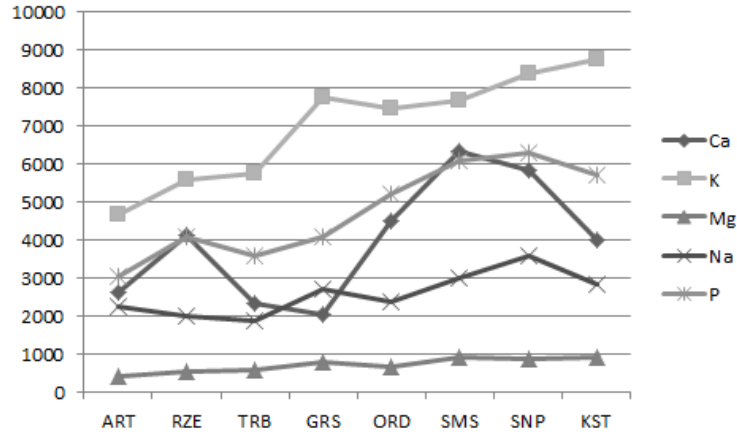
Altı çizili olan değerler minimum, kalın yazılmış olan değerler **maksimum** verileri göstermektedir.

4.2. Barbun (*Mullus barbatus*) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

M. barbatus kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.2 ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Numunelerde ölçülen makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 2053 (GRS) ile 6346 (SMS); K 4669 (ART) ile 8781 (KST); Mg 439,0 (ART) ile 939,4 (SMS ve KST); Na 1860 (TRB) ile 3602 (SNP); P 3041 (ART) ile 6320 (SNP) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 6,98 (SNP) ile 56,34 (RZE); B 1,01 (RZE) ile 2,01 (SNP); Cu 0,45 (GRS) ile 0,80 (SMS); Fe 16,33 (SNP) ile 73,74 (TRB); Mn 0,81 (GRS) ile 2,04 (RZE); Se 0,90 (ART) ile 1,67 (SMS); Si 29,74 (SNP) ile 60,08 (RZE); Zn 10,73 (SNP) ile 13,55 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 2,32 (ORD) ile 11,05 (KST); Cd 0,018 (ORD) ile 0,061 (SMS); Co 0,05 (ORD) ile 0,13 (SMS); Cr 0,03 (ART, GRS, ORD, SNP ve KST) ile 0,09 (TRB); Hg 0,030 (ORD) ile 0,233 (SMS); Ni 0,07 (GRS) ile 0,23 (SMS); Pb 0,023 (KST) ile 0,056 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır (Tablo 4.2, Şekil 4.1).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 3980, 7004, 727, 2583 ve 4769 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. SMS ve SNP’da tüm makro besin elementleri; KST’da Ca hariç tüm makro besin elementleri; GRS’da K, Mg, Na; ORD’da Ca, K, P elementleri istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. RZE’de Ca hariç tüm besin elementleri; ART ve TRB’da ise tüm makro besin elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 29,50, 1,48, 0,63, 37,96, 1,39, 1,22, 43,05 ve 11,96 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. SMS’da Fe ve Zn hariç tüm eser elementler; TRB’da Al, Cu, Fe, Mn, Zn; RZE’de Al, Fe, Mn, Si, Zn; ART’de Al, Fe, Mn, Zn; KST’da B, Cu, Se, Si; GRS’da

B, Se, Zn değerleri istasyon ortalamalarının üzerindedir. ORD'da tüm eser elementler; SNP'ta ise B ve Se hariç tüm eser elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 5,31, 0,032, 0,085, 0,045, 0,093, 0,13 ve 0,036 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Cd, Cr ve Hg verileri sadece TRB ve SMS'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. TRB'da As hariç tüm ağır metallere; SMS'da Cd, Co, Cr, Hg; RZE'de As, Co, Pb; ART'de As, Pb; KST'da ise As, Co verileri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. Ni sadece TRB ve SMS'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ORD'da Pb hariç tüm ağır metallere; GRS ve SNP'ta ise tüm ağır metallere istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.2).



Şekil 4.1. Barbun (*M. barbatus*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ ya}$)

Tablo 4.2. Barbun (*M. barbatus*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2009)	EC, (2006)	WHO, (2014)	MHPRC, (2013)	FAO, (1983)	ISNO, (2012)
3980 $\pm$ 310	Ca	2616 $\pm$ 39,3 ^a	4133 $\pm$ 41 ^b	2336 $\pm$ 40,4 ^c	2053 $\pm$ 43,6 ^d	4503 $\pm$ 42,8 ^e	6346 $\pm$ 84,7 ^f	5851 $\pm$ 57,8 ^g	4004 $\pm$ 38,1 ^b	–	–	–	–	–	–
7004 $\pm$ 290	K	4669 $\pm$ 81,7 ^a	5576 $\pm$ 78,9 ^b	5743 $\pm$ 70,4 ^b	7741 $\pm$ 122 ^c	7486 $\pm$ 83,7 ^d	7661 $\pm$ 84,5 ^{c,d}	8376 $\pm$ 49,9 ^e	8781 $\pm$ 20,5 ^f	–	–	–	–	–	–
727 $\pm$ 38	Mg	439,0 $\pm$ 7,70 ^a	540,4 $\pm$ 7,84 ^b	575,1 $\pm$ 6,68 ^c	801,5 $\pm$ 13,5 ^d	691,7 $\pm$ 9,04 ^c	939,4 $\pm$ 11,9 ^f	887,6 $\pm$ 9,6 ^g	939,4 $\pm$ 6,13 ^f	–	–	–	–	–	–
2583 $\pm$ 113	Na	2243 $\pm$ 50,9 ^a	2002 $\pm$ 25,5 ^b	1860 $\pm$ 25,8 ^c	2706 $\pm$ 27,4 ^d	2381 $\pm$ 33 ^c	3010 $\pm$ 53,8 ^f	3602 $\pm$ 31,8 ^g	2859 $\pm$ 11,8 ^h	–	–	–	–	–	–
4769 $\pm$ 239	P	3041 $\pm$ 55,0 ^a	4103 $\pm$ 58,1 ^b	3590 $\pm$ 41,5 ^c	4105 $\pm$ 52,6 ^b	5197 $\pm$ 63 ^d	6074 $\pm$ 97 ^e	6320 $\pm$ 75,6 ^f	5720 $\pm$ 31 ^g	–	–	–	–	–	–
29,50 $\pm$ 3,6	Al	53,05 $\pm$ 0,15 ^a	56,34 $\pm$ 0,39 ^b	38,37 $\pm$ 0,54 ^c	17,87 $\pm$ 0,07 ^d	14,90 $\pm$ 0,07 ^c	31,21 $\pm$ 0,15 ^f	6,98 $\pm$ 0,18 ^g	17,26 $\pm$ 0,41 ^d	–	–	–	0,1	–	–
1,48 $\pm$ 0,1	B	1,10 $\pm$ 0,03 ^a	1,01 $\pm$ 0,01 ^b	1,33 $\pm$ 0,02 ^c	1,63 $\pm$ <0,01 ^d	1,37 $\pm$ 0,02 ^c	1,80 $\pm$ <0,01 ^f	2,01 $\pm$ 0,02 ^g	1,56 $\pm$ 0,01 ^h	–	–	–	–	–	–
0,63 $\pm$ 0,0	Cu	0,52 $\pm$ 0,01 ^a	0,58 $\pm$ 0,02 ^b	0,75 $\pm$ <0,01 ^c	0,45 $\pm$ 0,01 ^d	0,61 $\pm$ 0,01 ^c	0,80 $\pm$ 0,01 ^f	0,59 $\pm$ 0,01 ^{b,c}	0,77 $\pm$ 0,01 ^c	–	–	30	–	30	–
37,96 $\pm$ 3,9	Fe	44,04 $\pm$ 0,21 ^a	58,71 $\pm$ 0,32 ^b	73,74 $\pm$ 0,66 ^c	28,11 $\pm$ 0,19 ^d	23,76 $\pm$ 0,18 ^c	36,82 $\pm$ 0,09 ^f	16,33 $\pm$ 0,11 ^g	22,20 $\pm$ 0,21 ^h	–	–	100	–	–	–
1,39 $\pm$ 0,1	Mn	1,94 $\pm$ 0,01 ^a	2,04 $\pm$ 0,03 ^b	1,62 $\pm$ 0,02 ^c	0,81 $\pm$ 0,01 ^d	1,12 $\pm$ 0,02 ^c	1,46 $\pm$ 0,04 ^f	1,12 $\pm$ 0,01 ^c	1,03 $\pm$ 0,04 ^g	–	–	1	–	–	–
1,22 $\pm$ 0,1	Se	0,90 $\pm$ 0,01 ^a	1,02 $\pm$ 0,01 ^b	0,92 $\pm$ 0,01 ^a	1,28 $\pm$ 0,03 ^d	0,95 $\pm$ 0,02 ^{a,b}	1,67 $\pm$ 0,04 ^c	1,39 $\pm$ 0,02 ^c	1,61 $\pm$ 0,04 ^c	–	–	–	–	–	–
43,05 $\pm$ 2,4	Si	38,49 $\pm$ 0,67 ^a	60,08 $\pm$ 0,76 ^b	41,51 $\pm$ 0,33 ^c	30,22 $\pm$ 0,51 ^d	35,66 $\pm$ 0,44 ^c	59,71 $\pm$ 0,87 ^b	29,74 $\pm$ 0,32 ^d	48,95 $\pm$ 0,29 ^f	–	–	–	–	–	–
11,96 $\pm$ 0,2	Zn	13,55 $\pm$ 0,19 ^a	12,43 $\pm$ 0,10 ^b	12,43 $\pm$ 0,12 ^b	12,67 $\pm$ 0,12 ^b	11,43 $\pm$ 0,07 ^c	11,11 $\pm$ 0,08 ^c	10,73 $\pm$ 0,03 ^d	11,36 $\pm$ 0,14 ^c	–	–	100	–	30	–
5,31 $\pm$ 0,5	As	5,52 $\pm$ 0,02 ^a	5,59 $\pm$ 0,01 ^a	3,93 $\pm$ 0,05 ^b	4,86 $\pm$ 0,04 ^c	2,32 $\pm$ 0,02 ^d	4,46 $\pm$ 0,03 ^c	4,77 $\pm$ 0,04 ^c	11,05 $\pm$ 0,07 ^f	–	–	–	0,1	–	0,6
0,03 $\pm$ 0,0	Cd	0,028 $\pm$ <0,01 ^a	0,029 $\pm$ <0,01 ^b	0,045 $\pm$ <0,01 ^c	0,027 $\pm$ <0,01 ^d	0,018 $\pm$ <0,01 ^c	0,061 $\pm$ <0,01 ^f	0,023 $\pm$ <0,01 ^g	0,023 $\pm$ <0,01 ^g	0,05	0,05	1	0,1	0,5	–
0,08 $\pm$ 0,0	Co	0,08 $\pm$ <0,01 ^a	0,10 $\pm$ <0,01 ^b	0,09 $\pm$ <0,01 ^a	0,08 $\pm$ <0,01 ^a	0,05 $\pm$ <0,01 ^c	0,13 $\pm$ <0,01 ^d	0,06 $\pm$ <0,01 ^c	0,10 $\pm$ <0,01 ^b	–	–	–	–	–	–
0,04 $\pm$ 0,0	Cr	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,04 $\pm$ <0,01 ^b	0,09 $\pm$ <0,01 ^c	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,08 $\pm$ <0,01 ^d	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	–	–	50	2	–	0,03
0,09 $\pm$ 0,0	Hg	0,045 $\pm$ <0,01 ^a	0,041 $\pm$ <0,01 ^b	0,205 $\pm$ <0,01 ^c	0,037 $\pm$ <0,01 ^b	0,030 $\pm$ <0,01 ^d	0,233 $\pm$ <0,01 ^e	0,076 $\pm$ <0,01 ^f	0,078 $\pm$ <0,01 ^f	0,5	0,5	–	–	0,5	–
0,13 $\pm$ 0,0	Ni	0,08 $\pm$ <0,01 ^a	0,10 $\pm$ <0,01 ^b	0,19 $\pm$ <0,01 ^c	0,07 $\pm$ <0,01 ^d	0,10 $\pm$ <0,01 ^b	0,23 $\pm$ <0,01 ^c	0,13 $\pm$ <0,01 ^f	0,12 $\pm$ <0,01 ^g	–	–	1	–	–	0,05
0,04 $\pm$ 0,0	Pb	0,056 $\pm$ <0,01 ^a	0,046 $\pm$ <0,01 ^b	0,037 $\pm$ <0,01 ^c	0,029 $\pm$ <0,01 ^d	0,037 $\pm$ <0,01 ^c	0,030 $\pm$ <0,01 ^e	0,028 $\pm$ <0,01 ^d	0,023 $\pm$ <0,01 ^f	0,3	0,3	2	0,5	0,5	0,3

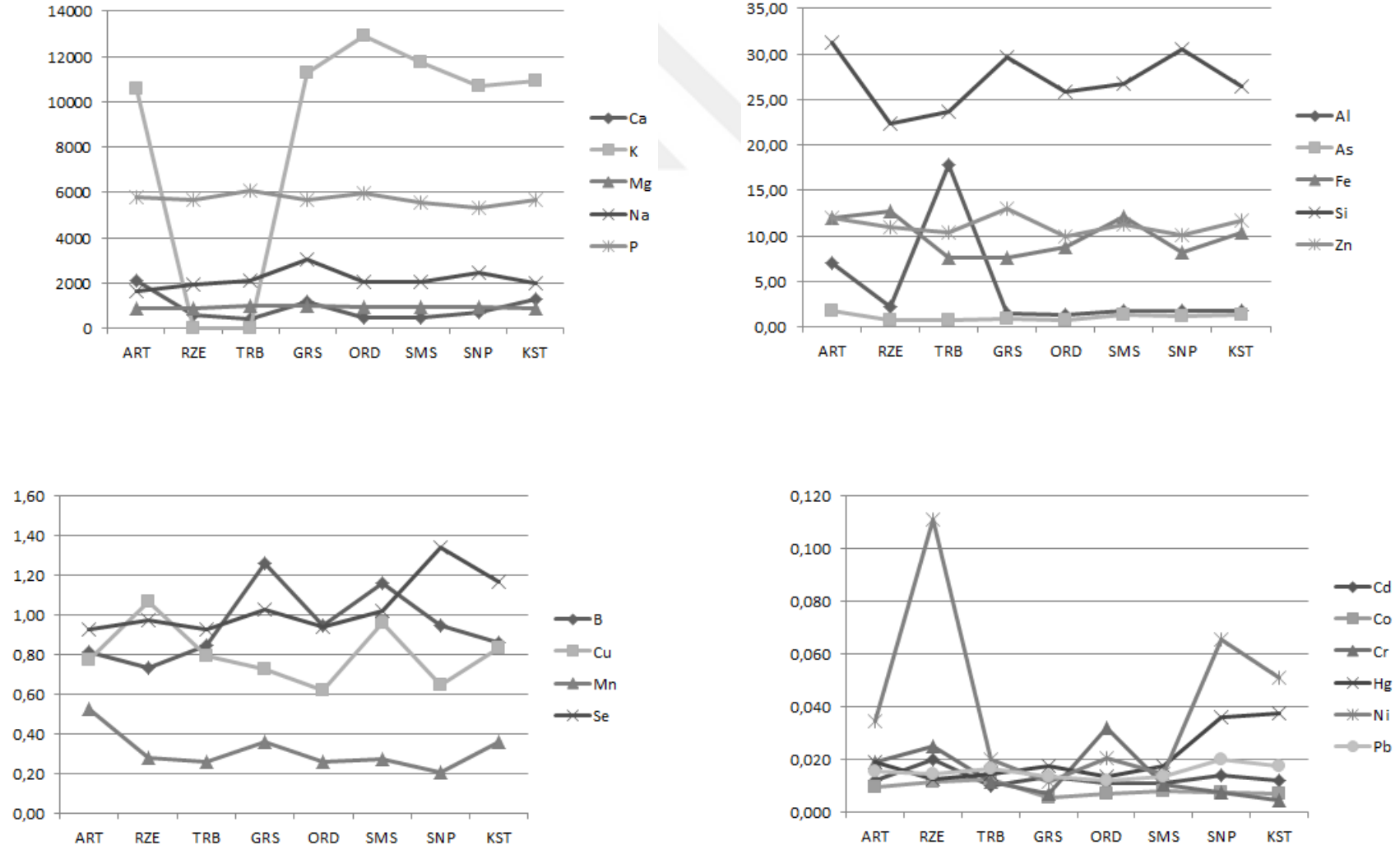
Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.3. Çinekop (*Pomatomus saltatrix*) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

P. saltatrix kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.3 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p<0,05$). Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, Mg, Na ve P bakımından istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p<0,05$). Makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Ca 410 (TRB) ile 2113 (ART); K 10596 (ART) ile 12880 (ORD); Mg 858,9 (RZE) ile 997,8 (GRS); Na 1640 (ART) ile 3063 (GRS); P 5292 (SNP) ile 6060 (TRB) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 1,35 (ORD) ile 17,76 (TRB); B 0,74 (RZE) ile 11,26 (GRS); Cu 0,62 (ORD) ile 1,07 (RZE); Fe 7,62 (TRB) ile 12,75 (RZE); Mn 0,21 (SNP) ile 0,53 (ART); Se 0,93 (ART) ile 1,34 (SNP); Si 22,39 (RZE) ile 31,24 (ART); Zn 10,15 (SNP) ile 13,01 (GRS) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 0,70 (RZE) ile 1,71 (ART); Cd 0,01 (TRB) ile 0,02 (RZE); Cr 0,01 ile 0,03 (RZE ve ORD); Hg 0,012 (RZE) ile 0,038 (KST); Ni 0,01 (GRS) ile 0,11 (RZE); Pb 0,012 (ORD) ile 0,02 (SNP) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır. Co için tüm istasyonlarda tespit edilen değer 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır (Tablo 4.3, Şekil 4.2).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 904, 11414, 921,2154 ve 5714 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Makro besin elementleri bazı illerde, ölçülen istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. İstasyon ortalamalarının üzerinde değer alan K için GRS ve SNP illeri olarak belirlenmiştir. TRB’da Mn, Na, P, GRS’da Ca, K, Mg, ART’de Ca, P, ORD’da Na, P, SNP’da K, Mn elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. SMS’da sadece Na, KST’da ise sadece Ca elementleri hariç tüm makro besin elementleri, RZE’de ise tespit edilen makro besin elementlerinin hepsi istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn

için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 4,40, 0,95, 0,80, 9,93, 0,32, 1,04, 27,06 ve 11,19 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarının üzerinde değer alan iller özetle; Al için ART, TRB, B için GRS, SMS, Se için SNP, KST olarak belirlenmiştir. KST’da Cu, Fe, Mn, Se, Zn, ART’de Al, Fe, Mn, Si, Zn, GRS’da B, Mn, Si, Zn, RZE’de Cu, Fe, SMS’da Se, Si ve SNP’ta ise Se, Si eser elementleri istasyonlar ortalamalarının üzerindedir. TRB’da Al hariç tüm eser elementler, ORD’da ise tüm eser elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 1,06, 0,013, 0,01, 0,02, 0,021, 0,04 ve 0,015 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarının üzerinde değer alan iller özetle Co için RZE, TRB, Cr için RZE, ORD, Hg için SNP, KST olarak belirlenmiştir. SNP’ta As, Cd, Hg, Ni, Pb, KST’da As, Hg, Ni, Pb, RZE’de Cd, Co, Cr, Ni, ART’de As, Pb, TRB’da Co, Pb ve SMS’da Ni değerlerinin istasyonlar ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. GRS’da Cd, ORD’da Cr ve SMS’da As hariç tüm toksik elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdeydi (Tablo 4.3).



Şekil 4.2. Çinekop (*P. saltatrix*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ ya}$)

Tablo 4.3. Çinekop (*P. saltatrix*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2009)	EC, (2006)	WHO, (2014)	MHPRC, (2013)	FAO, (1983)	ISNO, (2012)
904 $\pm$ 115	Ca	2113 $\pm$ 17,5 ^a	574,3 $\pm$ 2,49 ^b	410,4 $\pm$ 2,25 ^c	1164 $\pm$ 3,69 ^d	485,7 $\pm$ 6,25 ^e	455,1 $\pm$ 6,37 ^f	727,3 $\pm$ 6,71 ^g	1298 $\pm$ 3,61 ^h	–	–	–	–	–	–
11414 $\pm$ 180	K	10596 $\pm$ 153	–	–	11279 $\pm$ 55,2	12880 $\pm$ 128	11770 $\pm$ 17,5	10709 $\pm$ 0,55	10925 $\pm$ 30,4	–	–	–	–	–	–
921 $\pm$ 10	Mg	859,4 $\pm$ 4,25 ^a	858,9 $\pm$ 4,19 ^a	975,2 $\pm$ 4,84 ^b	997,8 $\pm$ 6,41 ^c	940,2 $\pm$ 10,1 ^d	911,1 $\pm$ 7,86 ^{c,f}	927,8 $\pm$ 2,99 ^{d,e}	899,3 $\pm$ 3,18 ^f	–	–	–	–	–	–
2154 $\pm$ 84	Na	1640 $\pm$ 12 ^a	1925 $\pm$ 7,23 ^b	2098 $\pm$ 16,8 ^c	3063 $\pm$ 12,1 ^d	2026 $\pm$ 26,9 ^{c,f}	2062 $\pm$ 14,4 ^{c,e}	2435 $\pm$ 17,5 ^g	1985 $\pm$ 9,93 ^f	–	–	–	–	–	–
5714 $\pm$ 48	P	5792 $\pm$ 51,1 ^a	5663 $\pm$ 25,1 ^b	6060 $\pm$ 22,1 ^c	5663 $\pm$ 21,5 ^b	5974 $\pm$ 70,3 ^c	5580 $\pm$ 41,4 ^b	5292 $\pm$ 38,5 ^d	5691 $\pm$ 6,22 ^{a,b}	–	–	–	–	–	–
4,40 $\pm$ 1,1	Al	7,08 $\pm$ <0,01 ^a	2,28 $\pm$ <0,01 ^b	17,76 $\pm$ <0,01 ^c	1,46 $\pm$ <0,01 ^{d,e}	1,35 $\pm$ <0,01 ^d	1,70 $\pm$ <0,01 ^{d,e}	1,81 $\pm$ <0,01 ^e	1,78 $\pm$ <0,01 ^{d,e}	–	–	–	0,1	–	–
0,95 $\pm$ 0,9	B	0,81 $\pm$ <0,01 ^a	0,74 $\pm$ <0,01 ^b	0,85 $\pm$ <0,01 ^c	1,26 $\pm$ <0,01 ^d	0,95 $\pm$ <0,01 ^c	1,16 $\pm$ <0,01 ^f	0,95 $\pm$ <0,01 ^e	0,86 $\pm$ <0,01 ^c	–	–	–	–	–	–
0,80 $\pm$ 0,0	Cu	0,77 $\pm$ <0,01 ^a	1,07 $\pm$ <0,01 ^b	0,80 $\pm$ <0,01 ^a	0,73 $\pm$ <0,01 ^c	0,62 $\pm$ <0,01 ^d	0,96 $\pm$ <0,01 ^e	0,65 $\pm$ <0,01 ^f	0,84 $\pm$ <0,01 ^g	–	–	30	–	30	–
9,93 $\pm$ 0,4	Fe	11,91 $\pm$ <0,01 ^a	12,75 $\pm$ <0,01 ^b	7,62 $\pm$ <0,01 ^c	7,60 $\pm$ <0,01 ^c	8,79 $\pm$ <0,01 ^d	12,16 $\pm$ <0,01 ^a	8,24 $\pm$ <0,01 ^e	10,38 $\pm$ <0,01 ^f	–	–	100	–	–	–
0,32 $\pm$ 0,0	Mn	0,53 $\pm$ <0,01 ^a	0,28 $\pm$ <0,01 ^b	0,26 $\pm$ <0,01 ^b	0,36 $\pm$ <0,01 ^c	0,26 $\pm$ <0,01 ^b	0,27 $\pm$ 0,01 ^b	0,21 $\pm$ <0,01 ^d	0,36 $\pm$ <0,01 ^c	–	–	1	–	–	–
1,04 $\pm$ 0,0	Se	0,93 $\pm$ <0,01 ^a	0,98 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,93 $\pm$ 0,004 ^a	1,03 $\pm$ 0,008 ^b	0,95 $\pm$ 0,005 ^a	1,02 $\pm$ 0,001 ^b	1,34 $\pm$ 0,002 ^c	1,17 $\pm$ 0,001 ^d	–	–	–	–	–	–
27,06 $\pm$ 0,6	Si	31,24 $\pm$ <0,01 ^a	22,39 $\pm$ <0,01 ^b	23,72 $\pm$ <0,01 ^c	29,61 $\pm$ <0,01 ^d	25,85 $\pm$ <0,01 ^e	26,74 $\pm$ <0,01 ^f	30,56 $\pm$ <0,01 ^g	26,37 $\pm$ <0,01 ^f	–	–	–	–	–	–
11,19 $\pm$ 0,2	Zn	12,04 $\pm$ <0,01 ^a	10,95 $\pm$ <0,01 ^b	10,43 $\pm$ <0,01 ^c	13,01 $\pm$ <0,01 ^d	9,99 $\pm$ <0,01 ^c	11,19 $\pm$ <0,01 ^f	10,15 $\pm$ <0,01 ^e	11,73 $\pm$ <0,01 ^g	–	–	100	–	30	–
1,06 $\pm$ 0,1	As	1,71 $\pm$ <0,01 ^a	0,70 $\pm$ <0,01 ^b	0,76 $\pm$ <0,01 ^c	0,82 $\pm$ <0,01 ^d	0,72 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	1,32 $\pm$ <0,01 ^e	1,19 $\pm$ <0,001 ^f	1,26 $\pm$ <0,01 ^g	–	–	–	0,1	–	0,6
0,01 $\pm$ 0,0	Cd	0,012 $\pm$ <0,01 ^a	0,020 $\pm$ <0,01 ^b	0,010 $\pm$ <0,01 ^c	0,014 $\pm$ <0,01 ^d	0,011 $\pm$ <0,01 ^e	0,011 $\pm$ <0,01 ^e	0,014 $\pm$ <0,01 ^d	0,012 $\pm$ <0,01 ^a	0,05	0,05	1	0,1	0,5	–
0,01 $\pm$ 0,0	Co	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,01 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^d	0,01 $\pm$ <0,01 ^{b,d}	0,01 $\pm$ 0,05 ^{a,b,d}	0,01 $\pm$ <0,01 ^{b,d}	0,01 $\pm$ 0,03 ^{b,d}	–	–	–	–	–	–
0,01 $\pm$ 0,0	Cr	0,02 $\pm$ <0,01 ^a	0,03 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	0,03 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ 0,02 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	0,01 $\pm$ 0,02 ^d	–	–	50	2	–	0,03
0,02 $\pm$ 0,0	Hg	0,019 $\pm$ <0,01 ^a	0,012 $\pm$ <0,01 ^b	0,015 $\pm$ <0,01 ^c	0,017 $\pm$ <0,01 ^d	0,014 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,018 $\pm$ <0,01 ^d	0,036 $\pm$ <0,01 ^e	0,038 $\pm$ <0,01 ^e	0,5	0,5	–	–	0,5	–
0,04 $\pm$ 0,0	Ni	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,11 $\pm$ <0,01 ^b	0,02 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^d	0,02 $\pm$ <0,01 ^c	0,02 $\pm$ <0,01 ^d	0,07 $\pm$ <0,01 ^e	0,05 $\pm$ <0,01 ^f	–	–	1	–	–	0,05
0,02 $\pm$ 0,0	Pb	0,016 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,014 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,017 $\pm$ <0,01 ^b	0,014 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	0,012 $\pm$ <0,01 ^d	0,014 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	0,020 $\pm$ <0,01 ^e	0,017 $\pm$ <0,01 ^b	0,3	0,3	2	0,5	0,5	0,3

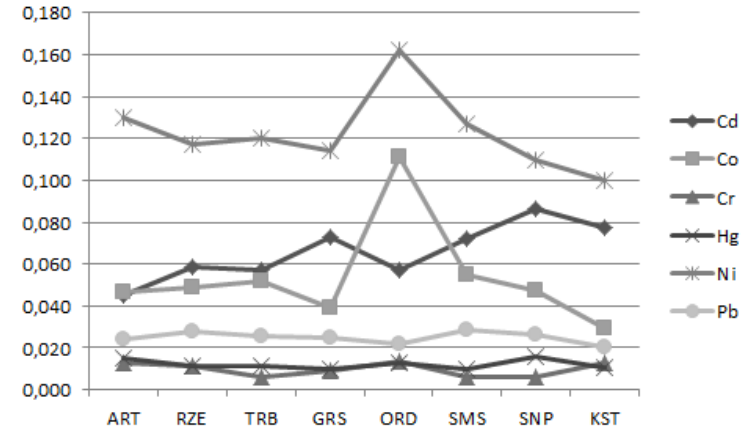
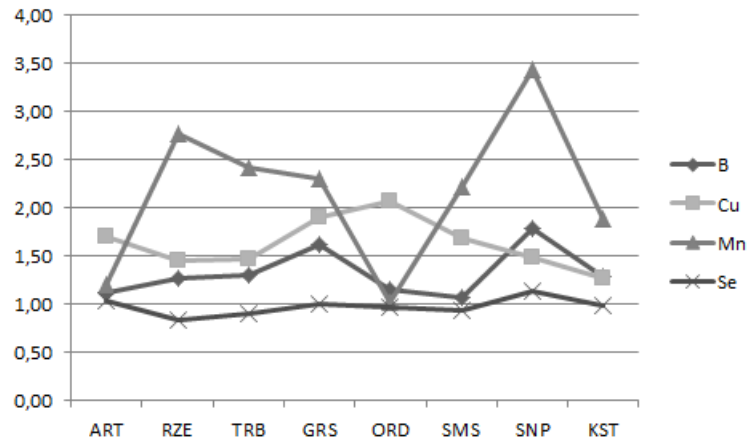
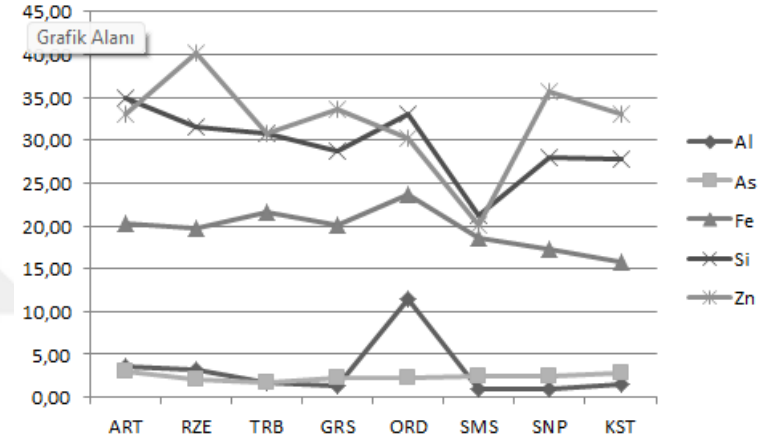
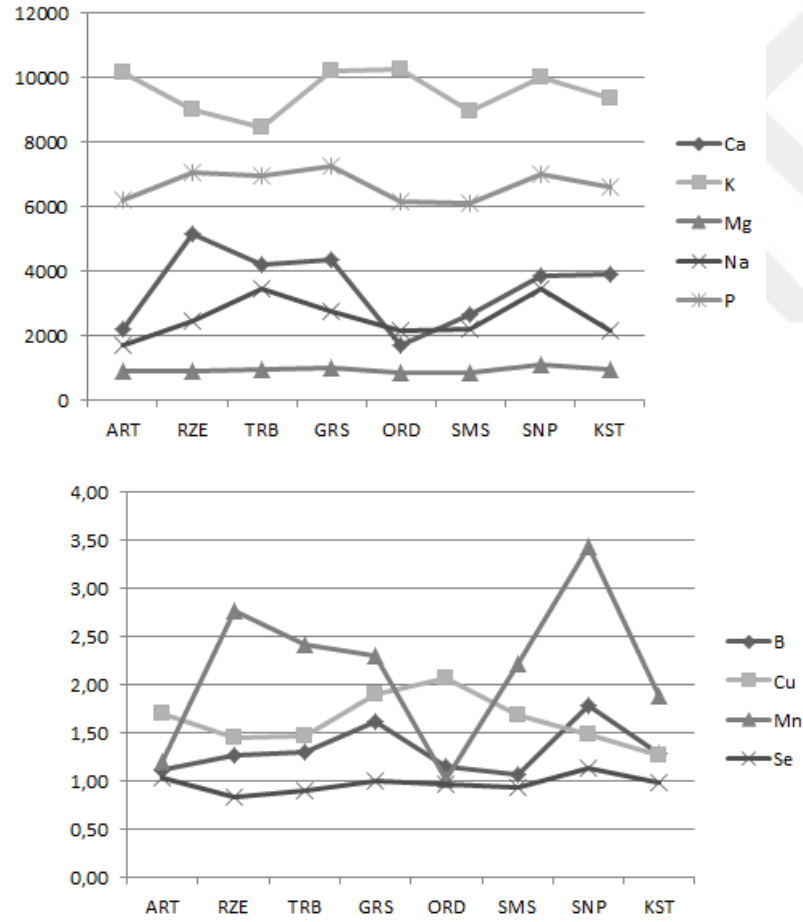
RZE ve TRB illerinde K verileri ikiden az olduğu için Duncan testi karşılaştırma sonuçları tablosu oluşturmadı. Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.4. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*, L., 1758) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

E. encrasicolus kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.4 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 1704 (ORD) ile 5154 (RZE); K 8478 (TRB) ile 10282 (ORD); Mg 855,3 (ORD) ile 1120 (SNP); Na 1731 (ART) ile 3476 (TRB); P 6101 (SMS) ile 7264 (GRS) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 0,91 (SMS) ile 11,41 (ORD); B 1,08 (SMS) ile 1,78 (SNP); Cu 1,28 (KST) ile 2,08 (ORD); Fe 15,72 (KST) ile 23,68 (ORD); Mn 1,02 (ORD) ile 3,44 (SNP); Se 0,84 (RZE) ile 1,14 (SNP); Si 21,27 (SMS) ile 34,88 (ART); Zn 20,11 (SMS) ile 40,15 (RZE) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 1,70 (TRB) ile 2,99 (ART); Cd 0,045 (ART) ile 0,861 (SNP); Co 0,03 (KST) ile 0,11 (ORD); Hg 0,010 (GRS, SMS, KST) ile 0,113 (RZE); Ni 0,10 (SNP) ile 0,16 (ORD); Pb 0,020 (KST) ile 0,028 (RZE, SMS) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Cr için tüm istasyonlarda tespit edilen değer 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir (Tablo 4.4, Şekil 4.3).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 3512, 2545, 943, 9566 ve 5672 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. GRS ve SNP'ta tüm makro besin elementlerinin değerleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. TRB'da Ca, K, P, RZE'de Ca, P, KST'da Ca, Mg elementlerinin değerleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. Ayrıca; ART ve ORD'da Na hariç makro besin elementleri, SMS'da ise tespit edilen makro besin elementlerinin hepsi istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 3,11, 1,33, 1,63, 19,64, 2,16, 1,76, 29,51 ve 32,11 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. B için istasyon ortalamalarının üzerinde değer alan iller GRS ve SNP olarak belirlenmiştir. ART'de (B, Mn hariç) Al, Cu, Fe, Se, Si, Zn; GRS'da B, Cu,

Fe, Mn, Se, Zn; RZE’de Al, Fe, Mn, Si, Zn; ORD’da Al, Cu, Fe, Si; SNP’ta B, Mn, Se, Zn; TRB’da Fe, Mn, Si; SMS’da Cu, Mn; KST’da ise Se ve Zn değerleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 2,36, 0,066, 0,05, 0,01, 0,012, 0,12 ve 0,025 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. SMS’da As, Cd, Co, Ni, Pb; SNP’ta As, Cd, Hg, Pb; ART’de As, Cr, Hg, Ni; ORD’da Co, Cr, Hg, Ni; KST’da As, Cd, Cr; RZE’de Cr, Pb; TRB’da ise Co, Pb değerleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. GRS’da Cd hariç tüm ağır metaller istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.4).



Şekil 4.3. Hamsi (*E. encrasicolus*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Tablo 4.4. Hamsi (*E. encrasicolus*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm\text{SH}$		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2009)	EC, (2006)	WHO, (2014)	MHPRC, (2013)	FAO, (1983)	ISNO, (2012)
3512 $\pm$ 232	Ca	2206 $\pm$ 24,5 ^a	5154 $\pm$ 48,0 ^b	4227 $\pm$ 6,42 ^c	4372 $\pm$ 6,40 ^d	1704 $\pm$ 9,50 ^e	2656 $\pm$ 34,6 ^f	3880 $\pm$ 20,9 ^g	3898 $\pm$ 6,85 ^g	–	–	–	–	–	–
9566 $\pm$ 137	K	10170 $\pm$ 62,1 ^a	9003 $\pm$ 31,7 ^b	8478 $\pm$ 49,5 ^c	10201 $\pm$ 52,6 ^a	10282 $\pm$ 83,8 ^a	8979 $\pm$ 103 ^b	10037 $\pm$ 100 ^a	9378 $\pm$ 94,3 ^d	–	–	–	–	–	–
943 $\pm$ 16	Mg	911,1 $\pm$ 8,30 ^a	905,3 $\pm$ 3,05 ^a	931,3 $\pm$ 5,41 ^b	997,3 $\pm$ 4,22 ^c	855,3 $\pm$ 1,74 ^d	877,2 $\pm$ 3,61 ^e	1120 $\pm$ 5,90 ^f	948,5 $\pm$ 11,2 ^b	–	–	–	–	–	–
2545 $\pm$ 124	Na	1731 $\pm$ 21,1 ^a	2457 $\pm$ 9,73 ^b	3476 $\pm$ 21,2 ^c	2766 $\pm$ 8,37 ^c	2134 $\pm$ 18,2 ^d	2188 $\pm$ 2,47 ^d	3447 $\pm$ 29,8 ^c	2162 $\pm$ 27,2 ^d	–	–	–	–	–	–
6671 $\pm$ 92	P	6224 $\pm$ 51,1 ^a	7075 $\pm$ 48,7 ^b	6946 $\pm$ 27,3 ^b	7264 $\pm$ 36,3 ^c	6135 $\pm$ 38,6 ^a	6101 $\pm$ 51,6 ^a	7000 $\pm$ 50,9 ^b	6626 $\pm$ 88,1 ^d	–	–	–	–	–	–
3,11 $\pm$ 0,7	Al	3,68 $\pm$ 0,10 ^a	3,29 $\pm$ 0,06 ^b	1,69 $\pm$ 0,01 ^c	1,40 $\pm$ 0,05 ^d	11,41 $\pm$ 0,16 ^e	0,91 $\pm$ 0,02 ^f	0,93 $\pm$ 0,07 ^f	1,60 $\pm$ 0,06 ^{c,d}	–	–	–	0,1	–	–
1,33 $\pm$ 0,1	B	1,12 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	1,26 $\pm$ 0,02 ^c	1,30 $\pm$ 0,01 ^c	1,63 $\pm$ 0,03 ^d	1,15 $\pm$ <0,01 ^a	1,08 $\pm$ 0,01 ^b	1,78 $\pm$ 0,01 ^c	1,29 $\pm$ 0,01 ^c	–	–	–	–	–	–
1,63 $\pm$ 0,1	Cu	1,70 $\pm$ 0,01 ^a	1,45 $\pm$ <0,01 ^b	1,46 $\pm$ 0,02 ^b	1,90 $\pm$ 0,03 ^c	2,08 $\pm$ 0,02 ^d	1,69 $\pm$ 0,02 ^a	1,48 $\pm$ 0,01 ^b	1,28 $\pm$ 0,01 ^c	–	–	30	–	30	–
19,64 $\pm$ 0,5	Fe	20,36 $\pm$ 0,19 ^a	19,75 $\pm$ 0,43 ^a	21,51 $\pm$ 0,26 ^b	20,17 $\pm$ 0,17 ^a	23,68 $\pm$ 0,18 ^c	18,66 $\pm$ 0,12 ^d	17,24 $\pm$ 0,10 ^e	15,72 $\pm$ 0,05 ^f	–	–	100	–	–	–
2,15 $\pm$ 0,2	Mn	1,21 $\pm$ 0,02 ^b	2,77 $\pm$ 0,05 ^c	2,41 $\pm$ 0,01 ^d	2,30 $\pm$ 0,02 ^a	1,02 $\pm$ 0,01 ^e	2,22 $\pm$ 0,02 ^a	3,44 $\pm$ 0,04 ^f	1,88 $\pm$ 0,05 ^g	–	–	1	–	–	–
0,97 $\pm$ 0,0	Se	1,03 $\pm$ 0,02 ^a	0,84 $\pm$ 0,02 ^b	0,90 $\pm$ 0,02 ^c	1,004 $\pm$ 0,02 ^{a,d}	0,96 $\pm$ 0,01 ^{d,e}	0,93 $\pm$ 0,01 ^{c,e}	1,14 $\pm$ 0,04 ^f	0,98 $\pm$ 0,02 ^{a,d,e}	–	–	–	–	–	–
29,51 $\pm$ 0,8	Si	34,88 $\pm$ 0,18 ^a	31,53 $\pm$ 0,29 ^b	30,77 $\pm$ 0,19 ^c	28,76 $\pm$ 0,21 ^d	32,98 $\pm$ 0,20 ^c	21,27 $\pm$ 0,08 ^f	28,04 $\pm$ 0,03 ^g	27,89 $\pm$ 0,06 ^g	–	–	–	–	–	–
32,11 $\pm$ 1,1	Zn	33,12 $\pm$ 0,31 ^a	40,15 $\pm$ 0,11 ^b	30,85 $\pm$ 0,23 ^c	33,67 $\pm$ 0,25 ^a	30,24 $\pm$ 0,07 ^d	20,11 $\pm$ 0,25 ^c	35,69 $\pm$ 0,01 ^f	33,08 $\pm$ 0,17 ^a	–	–	100	–	30	–
2,35 $\pm$ 0,1	As	2,99 $\pm$ 0,03 ^a	2,22 $\pm$ 0,02 ^b	1,70 $\pm$ <0,01 ^c	2,24 $\pm$ 0,01 ^d	2,22 $\pm$ 0,02 ^d	2,41 $\pm$ 0,01 ^e	2,39 $\pm$ 0,04 ^e	2,76 $\pm$ 0,03 ^f	–	–	–	0,1	–	0,6
0,07 $\pm$ 0,0	Cd	0,045 $\pm$ <0,01 ^a	0,587 $\pm$ <0,01 ^b	0,567 $\pm$ <0,01 ^b	0,731 $\pm$ <0,01 ^c	0,575 $\pm$ <0,01 ^b	0,719 $\pm$ <0,01 ^c	0,861 $\pm$ <0,01 ^d	0,777 $\pm$ <0,01 ^e	0,05	0,05	1	0,1	0,5	–
0,05 $\pm$ 0,0	Co	0,05 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,05 $\pm$ <0,01 ^a	0,05 $\pm$ <0,01 ^a	0,04 $\pm$ <0,01 ^b	0,11 $\pm$ <0,01 ^c	0,06 $\pm$ <0,01 ^a	0,05 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,03 $\pm$ <0,01 ^d	–	–	–	–	–	–
0,01 $\pm$ 0,0	Cr	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ <0,001 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	–	–	50	2	–	0,03
0,01 $\pm$ 0,0	Hg	0,015 $\pm$ <0,01 ^a	0,113 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,011 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,010 $\pm$ <0,01 ^d	0,013 $\pm$ <0,01 ^b	0,010 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	0,016 $\pm$ <0,01 ^a	0,010 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	0,5	0,5	–	–	0,5	–
0,12 $\pm$ 0,0	Ni	0,13 $\pm$ <0,01 ^a	0,12 $\pm$ <0,01 ^b	0,12 $\pm$ <0,01 ^b	0,11 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,16 $\pm$ <0,01 ^d	0,13 $\pm$ <0,01 ^a	0,11 $\pm$ <0,01 ^c	0,10 $\pm$ <0,01 ^e	–	–	1	–	–	0,05
0,02 $\pm$ 0,0	Pb	0,024 $\pm$ <0,01 ^a	0,028 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,025 $\pm$ <0,01 ^{a,d}	0,025 $\pm$ <0,01 ^{a,d}	0,022 $\pm$ <0,01 ^c	0,028 $\pm$ <0,01 ^b	0,026 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	0,020 $\pm$ <0,01 ^e	0,3	0,3	2	0,5	0,5	0,3

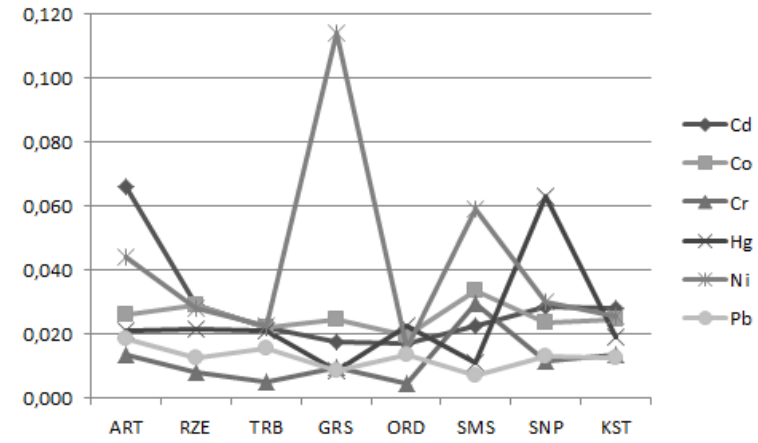
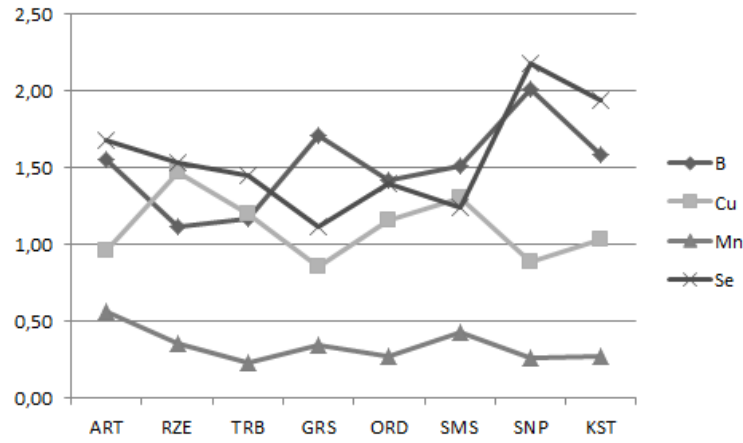
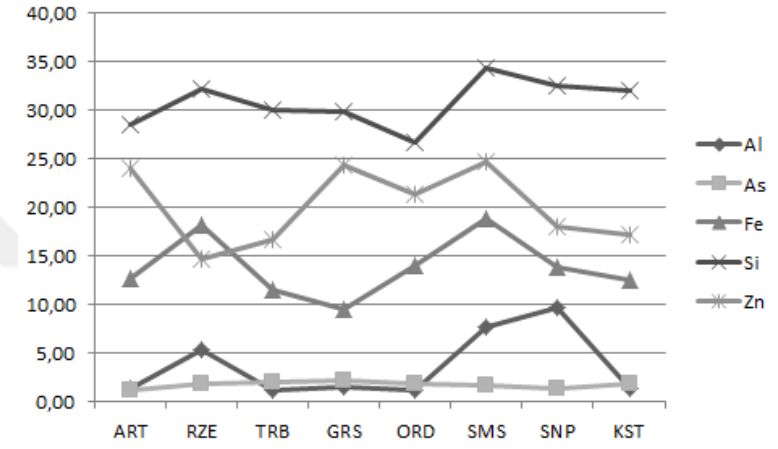
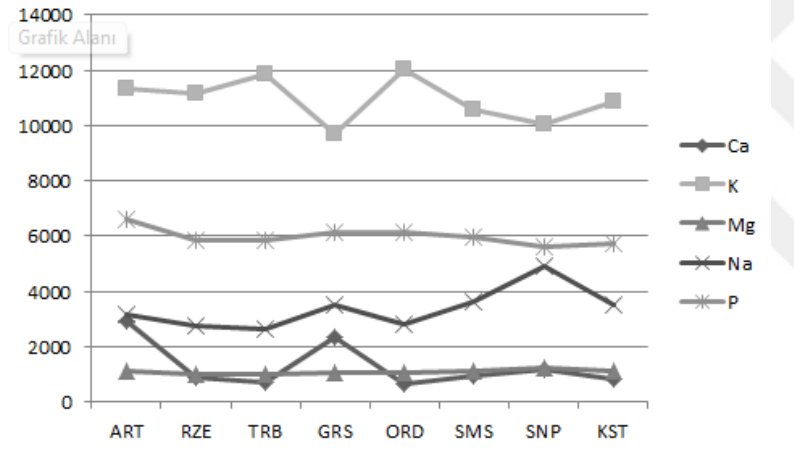
Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.5. İstavrit (*Trachurus trachurus*, L., 1758) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

İstavrit (*T. trachurus*) kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.5 ve Şekil 4.4'da verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 649,7 (ORD) ile 2903 (ART); K 9675 (GRS) ile 12055 (ORD); Mg 976,2 (TRB) ile 1214 (SNP); Na 2661 (TRB) ile 4909 (SNP); P 5598 (SNP) ile 6589 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 2,37 (TRB) ile 10,80 (SMS); B 0,54 (SMS) ile 3,19 (ART); Cu 0,38 (ORD) ile 1,73 (ART); Fe 9,01 (TRB) ile 25,86 (GRS); Mn 0,16 (SNP) ile 0,63 (KST); Se 0,50 (SNP) ile 2,44 (KST); Si 26,78 (SNP) ile 53,15 (SMS); Zn 6,59 (ORD) ile 14,83 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 1,10 (ART) ile 2,20 (GRS); Cd 0,017 (ORD) ile 0,661 (ART); Hg 0,009 (GRS) ile 0,063 (SNP); Ni 0,04 (RZE) ile 0,11 (SMS); Pb 0,007 (SMS) ile 0,019 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Cr için SNP (0,03 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$) istasyonu hariç tüm istasyonlarda tespit edilen değer 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir (Tablo 4.5, Şekil 4.4).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 1294, 3372, 1087, 10942 ve 5981 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarının üzerinde değer alan iller Ca için ART ve GRS olarak belirlenmiştir. ART'de K hariç tüm makro besin elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. GRS'da Ca, K, P, KST'da K, Mg, Na değerleri genel ortalamalardan daha yüksektir. ORD'da Na ve P, SMS ve SNP'ta K ve Mg; RZE ve TRB'da ise Na hariç tüm makro besin elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 3,69, 1,51, 1,11, 13,89, 0,34, 1,57, 30,81 ve 20,12 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. SMS'da Al, Cu, Fe, Mn, Ni, Si, Zn; ART'de B, Mn, Ni, Se, Zn; RZE'de Al, Cu, Fe, Mn, Si; GRS'da B, Mn, Zn; SNP'ta Al, B, Se, Si; ORD'da

Cu, Fe, Zn; KST'da B, Se, Si değerleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. TRB'da Cu hariç tüm iz elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 1,74, 0,029, 0,03, 0,01, 0,024, 0,04 ve 0,013 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Cd sadece ART'de, Co sadece SMS'da, Hg ise sadece SNP'ta istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ART'de Cd, Cr, Pb; TRB ve ORD'da As, Pb; SMS'da Co, Cr; SNP'ta Cr, Hg; KST'da As, Cr değerleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. RZE ve GRS'da As hariç tüm ağır metaller istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.5).



Şekil 4.4. İstavrit (*T. trachurus*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Tablo 4.5. İstavrit (*T. trachurus*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2009)	EC, (2006)	WHO, (2014)	MHPRC, (2013)	FAO, (1983)	ISNO, (2012)
1294 $\pm$ 164	Ca	2903 $\pm$ 44,0 ^a	873,1 $\pm$ 8,19 ^b	720,3 $\pm$ 3,99 ^c	2313 $\pm$ 46,4 ^d	649,7 $\pm$ 3,59 ^e	922,0 $\pm$ 17,2 ^b	1177 $\pm$ 4,59 ^c	794,8 $\pm$ 2,56 ^f	–	–	–	–	–	–
10942 $\pm$ 165	K	11333 $\pm$ 36,9 ^a	11180 $\pm$ 113 ^a	11850 $\pm$ 67,4 ^b	9675 $\pm$ 190 ^c	12055 $\pm$ 29,8 ^b	10557 $\pm$ 113 ^d	10030 $\pm$ 49,4 ^c	10854 $\pm$ 109 ^d	–	–	–	–	–	–
1087 $\pm$ 16	Mg	1140 $\pm$ 6,89 ^a	1001 $\pm$ 7,22 ^b	976,2 $\pm$ 6,10 ^b	1063 $\pm$ 20,3 ^c	1069 $\pm$ 3,85 ^c	1140 $\pm$ 25,8 ^a	1214 $\pm$ 1,93 ^d	1093 $\pm$ 6,12 ^c	–	–	–	–	–	–
3372 $\pm$ 142	Na	3161 $\pm$ 6,49 ^a	2735 $\pm$ 20 ^b	2661 $\pm$ 25,6 ^b	3499 $\pm$ 49,7 ^c	2836 $\pm$ 16,4 ^d	3638 $\pm$ 49,7 ^c	4909 $\pm$ 10,3 ^f	3533 $\pm$ 21,5 ^c	–	–	–	–	–	–
5981 $\pm$ 63	P	6589 $\pm$ 52,4 ^a	5857 $\pm$ 27,6 ^{b,c}	5859 $\pm$ 5,2 ^{b,c}	6139 $\pm$ 117 ^d	6139 $\pm$ 10,2 ^d	5937 $\pm$ 80,2 ^b	5598 $\pm$ 44,5 ^c	5733 $\pm$ 42,1 ^{c,c}	–	–	–	–	–	–
3,69 $\pm$ 0,7	Al	1,41 $\pm$ 0,07 ^{a,b}	5,30 $\pm$ 0,06 ^c	1,20 $\pm$ 0,01 ^b	1,49 $\pm$ 0,06 ^a	1,19 $\pm$ 0,02 ^b	7,75 $\pm$ 0,21 ^d	9,73 $\pm$ 0,02 ^c	1,42 $\pm$ 0,04 ^{a,b}	–	–	–	0,1	–	–
1,51 $\pm$ 0,1	B	1,56 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	1,12 $\pm$ 0,01 ^c	1,17 $\pm$ 0,01 ^d	1,71 $\pm$ 0,03 ^c	1,42 $\pm$ 0,01 ^f	1,52 $\pm$ 0,01 ^a	2,01 $\pm$ 0,01 ^g	1,59 $\pm$ 0,02 ^b	–	–	–	–	–	–
1,11 $\pm$ 0,0	Cu	0,96 $\pm$ 0,01 ^a	1,47 $\pm$ 0,01 ^b	1,20 $\pm$ 0,01 ^c	0,86 $\pm$ <0,01 ^d	1,16 $\pm$ 0,01 ^c	1,30 $\pm$ 0,01 ^f	0,89 $\pm$ 0,01 ^g	1,04 $\pm$ 0,01 ^h	–	–	30	–	30	–
13,89 $\pm$ 0,6	Fe	12,65 $\pm$ 0,12 ^a	18,21 $\pm$ 0,13 ^b	11,57 $\pm$ 0,03 ^c	9,49 $\pm$ 0,08 ^d	14,05 $\pm$ 0,07 ^c	18,79 $\pm$ 0,06 ^f	13,83 $\pm$ 0,10 ^e	12,50 $\pm$ 0,04 ^a	–	–	100	–	–	–
0,34 $\pm$ 0,0	Mn	0,56 $\pm$ 0,02 ^a	0,36 $\pm$ 0,01 ^b	0,23 $\pm$ 0,01 ^c	0,35 $\pm$ 0,01 ^b	0,27 $\pm$ 0,01 ^c	0,42 $\pm$ 0,02 ^d	0,26 $\pm$ 0,02 ^c	0,28 $\pm$ 0,02 ^c	–	–	1	–	–	–
1,57 $\pm$ 0,1	Se	1,68 $\pm$ 0,02 ^a	1,54 $\pm$ 0,02 ^b	1,45 $\pm$ 0,04 ^{b,c}	1,11 $\pm$ 0,05 ^d	1,40 $\pm$ 0,03 ^c	1,25 $\pm$ 0,04 ^c	2,18 $\pm$ 0,05 ^f	1,94 $\pm$ 0,01 ^g	–	–	–	–	–	–
30,81 $\pm$ 0,5	Si	28,57 $\pm$ 0,17 ^a	32,25 $\pm$ 0,17 ^b	30,08 $\pm$ 0,12 ^c	29,86 $\pm$ 0,24 ^c	26,65 $\pm$ 0,06 ^d	34,39 $\pm$ 0,45 ^c	32,61 $\pm$ 0,83 ^b	32,08 $\pm$ 0,06 ^b	–	–	–	–	–	–
20,11 $\pm$ 0,8	Zn	23,98 $\pm$ 0,06 ^a	14,67 $\pm$ 0,19 ^b	16,69 $\pm$ 0,12 ^c	24,35 $\pm$ 0,23 ^a	21,34 $\pm$ 0,11 ^d	24,78 $\pm$ 0,10 ^c	17,99 $\pm$ 0,12 ^f	17,12 $\pm$ 0,10 ^g	–	–	100	–	30	–
1,74 $\pm$ 0,1	As	1,10 $\pm$ 0,01 ^a	1,79 $\pm$ 0,01 ^b	1,98 $\pm$ 0,02 ^c	2,20 $\pm$ 0,04 ^d	1,87 $\pm$ 0,02 ^c	1,66 $\pm$ <0,01 ^f	1,38 $\pm$ 0,02 ^g	1,91 $\pm$ 0,04 ^e	–	–	–	0,1	–	0,6
0,03 $\pm$ 0,0	Cd	0,661 $\pm$ <0,01 ^a	0,029 $\pm$ <0,01 ^b	0,022 $\pm$ <0,01 ^c	0,018 $\pm$ <0,01 ^d	0,017 $\pm$ <0,01 ^d	0,022 $\pm$ <0,01 ^c	0,028 $\pm$ <0,01 ^b	0,028 $\pm$ <0,01 ^b	0,05	0,05	1	0,1	0,5	–
0,03 $\pm$ 0,0	Co	0,03 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,02 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,03 $\pm$ <0,01 ^b	0,02 $\pm$ <0,01 ^c	0,03 $\pm$ <0,01 ^d	0,02 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,03 $\pm$ <0,01 ^b	–	–	–	–	–	–
0,01 $\pm$ 0,0	Cr	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,03 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	–	–	50	2	–	0,03
0,02 $\pm$ 0,0	Hg	0,021 $\pm$ <0,01 ^a	0,022 $\pm$ <0,01 ^a	0,021 $\pm$ <0,01 ^a	0,009 $\pm$ <0,01 ^b	0,023 $\pm$ <0,01 ^a	0,011 $\pm$ <0,01 ^c	0,063 $\pm$ <0,01 ^d	0,019 $\pm$ <0,01 ^e	0,5	0,5	–	–	0,5	–
0,04 $\pm$ 0,0	Ni	0,04 $\pm$ <0,01 ^a	0,03 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,02 $\pm$ <0,01 ^d	0,11 $\pm$ <0,01 ^c	0,02 $\pm$ <0,01 ^f	0,06 $\pm$ <0,01 ^g	0,03 $\pm$ <0,01 ^b	0,03 $\pm$ <0,01 ^{c,d}	–	–	1	–	–	0,05
0,01 $\pm$ 0,0	Pb	0,019 $\pm$ <0,01 ^a	0,013 $\pm$ <0,01 ^b	0,016 $\pm$ <0,01 ^c	0,009 $\pm$ <0,01 ^d	0,014 $\pm$ <0,01 ^b	0,007 $\pm$ <0,01 ^e	0,013 $\pm$ <0,01 ^b	0,013 $\pm$ <0,01 ^b	0,3	0,3	2	0,5	0,5	0,3

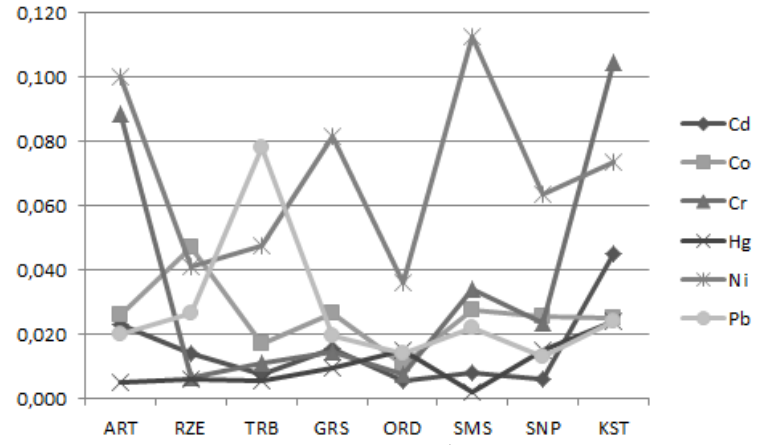
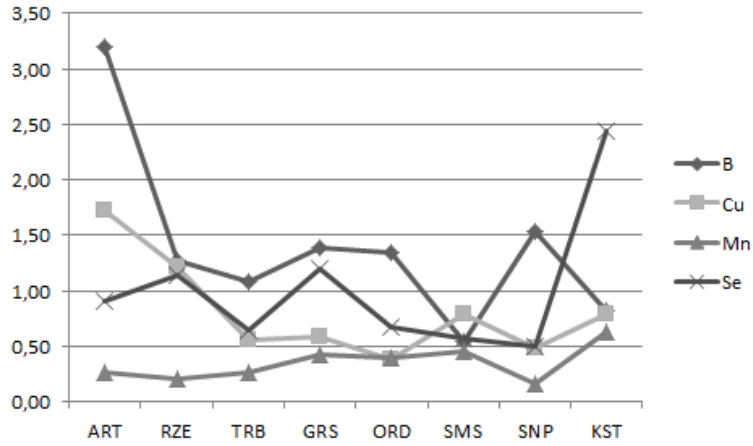
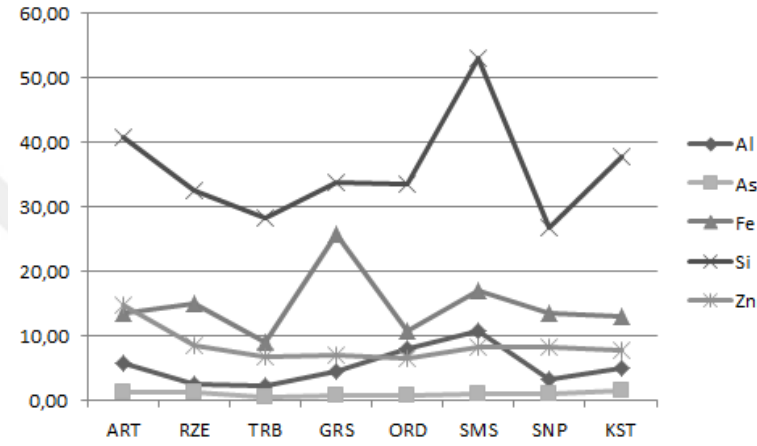
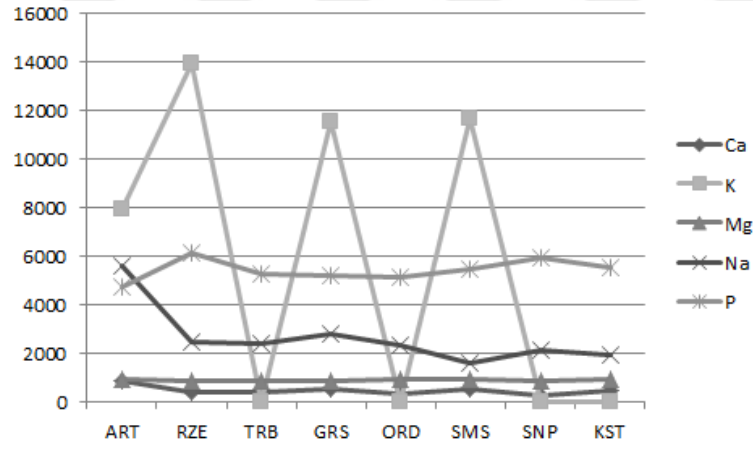
Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.6. Kefal (*Mugil cephalus*) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

M. cephalus kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.6 ve Şekil 4.5'te verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p<0,05$). Makro besin elementleri minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 304 (SNP) ile 899 (ART); K 7980 (ART) ile 13975 (RZE); Mg 885,4 (SNP) ile 959,4 (ART); Na 1629 (SMS) ile 5634 (ART); P 4744 (ART) ile 6159 (RZE) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 2,37 (TRB) ile 10,80 (SMS); B 0,54 (SMS) ile 3,19 (ART); Cu 0,38 (ORD) ile 1,73 (ART); Fe 9,01 (TRB) ile 25,86 (GRS); Mn 0,16 (SNP) ile 0,63 (KST); Se 0,50 (SNP) ile 2,44 (KST); Si 26,78 (SNP) ile 53,15 (SMS); Zn 6,59 (ORD) ile 14,83 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 0,60 (TRB) ile 1,49 (KST); Cd 0,006 (ORD) ile 0,045 (KST); Co 0,01 (ORD) ile 0,05 (RZE); Cr 0,01 (RZE, TRB ve ORD) ile 0,10 (KST); Hg 0,002 (SMS) ile 0,024 (KST); Ni 0,04 (RZE ve ORD) ile 0,11 (SMS); Pb 0,013 (SNP) ile 0,078 (TRB) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir (Tablo 4.6, Şekil 4.5).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 484, 11325, 916, 2682 ve 5442 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. SMS ve KST'da Ca, Mg, P; ART'de Ca, Mg, Na; GRS'da Ca, Na değerleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. RZE ve SNP'ta P hariç tüm makro besin elementleri, TRB ve ORD'da ise tespit edilen makro besin elementlerinin hepsi istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 5,31, 1,40, 0,82, 14,71, 0,35, 1,01, 35,84 ve 8,46 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarının üzerinde değer alan iller; B için ART, SNP, Cu için ART, RZE ve Zn için ART olarak

belirlenmiştir. ART’de Al, B, Cu, Si, Zn; SMS’da Al, Fe, Mn, Si; GRS’da Fe, Mn, Se; KST’da Mn, Se, Si; RZE’de Cu, Fe, Se; ORD’da Al, Mn değerleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. SNP’ta B hariç tüm eser elementler ve TRB’da tüm eser elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 0,99, 0,016, 0,026, 0,036, 0,010, 0,07 ve 0,027 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarının üzerinde değer alan iller, Cd ve Cr için ART, KST, Pb için TRB olarak belirlenmiştir. ART’de As, Cd, Co, Cr, Ni; KST’da As, Cd, Cr, Hg, Ni; RZE’de As, Co değerleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. TRB’da Pb; GRS ve SMS’da Co ve Ni; ORD ve SNP’ta ise Hg hariç tüm toksik elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.6).



Şekil 4.5. Kefal (*M. cephalus*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Tablo 4.6. Kefal (*M. cephalus*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2009)	EC, (2006)	WHO, (2014)	MHPRC, (2013)	FAO, (1983)	ISNO, (2012)
484 $\pm$ 36	Ca	899 $\pm$ 3,36 ^a	401,2 $\pm$ 2,72 ^b	381,0 $\pm$ 2,51 ^c	514,6 $\pm$ 0,50 ^d	354,4 $\pm$ 2,74 ^e	508,4 $\pm$ 2,82 ^{d,f}	304,0 $\pm$ 2,34 ^g	506,2 $\pm$ 2,65 ^f	–	–	–	–	–	–
11325 $\pm$ 596	K	7980 $\pm$ 92,1	13975 $\pm$ 142	–	11574 $\pm$ 52,1	–	11677 $\pm$ 71,2	–	–	–	–	–	–	–	–
916 $\pm$ 6	Mg	959,4 $\pm$ 7,99 ^a	887,6 $\pm$ 12,0 ^b	901,0 $\pm$ 3,64 ^{b,c}	903,2 $\pm$ 3,31 ^{b,c}	917,2 $\pm$ 8,42 ^c	926,1 $\pm$ 8,36 ^{c,d}	885,4 $\pm$ 10,9 ^b	946,8 $\pm$ 2,96 ^{a,d}	–	–	–	–	–	–
2682 $\pm$ 243	Na	5634 $\pm$ 29,5 ^a	2473 $\pm$ 22,2 ^b	2400 $\pm$ 12,8 ^c	2839 $\pm$ 15,4 ^d	2368 $\pm$ 13,4 ^c	1629 $\pm$ 3,15 ^c	2163 $\pm$ 21,4 ^f	1950 $\pm$ 17,5 ^g	–	–	–	–	–	–
5442 $\pm$ 90	P	4744 $\pm$ 43,1 ^a	6159 $\pm$ 52,6 ^b	5300 $\pm$ 11,4 ^c	5223 $\pm$ 9,91 ^{c,d}	5120 $\pm$ 29 ^d	5506 $\pm$ 53,5 ^c	5959 $\pm$ 55,8 ^f	5523 $\pm$ 38,6 ^c	–	–	–	–	–	–
5,31 $\pm$ 0,6	Al	5,73 $\pm$ 0,2 ^a	2,64 $\pm$ 0,11 ^b	2,37 $\pm$ 0,06 ^b	4,41 $\pm$ 0,07 ^c	8,06 $\pm$ 0,05 ^d	10,80 $\pm$ 0,19 ^e	3,40 $\pm$ 0,04 ^f	5,10 $\pm$ 0,09 ^g	–	–	–	0,1	–	–
1,40 $\pm$ 0,2	B	3,19 $\pm$ 0,03 ^a	1,27 $\pm$ 0,02 ^b	1,09 $\pm$ <0,01 ^c	1,39 $\pm$ 0,01 ^d	1,34 $\pm$ 0,01 ^e	0,54 $\pm$ 0,02 ^f	1,54 $\pm$ 0,02 ^g	0,82 $\pm$ 0,02 ^h	–	–	–	–	–	–
0,82 $\pm$ 0,1	Cu	1,73 $\pm$ 0,02 ^a	1,21 $\pm$ 0,02 ^b	0,56 $\pm$ <0,01 ^c	0,58 $\pm$ 0,01 ^c	0,38 $\pm$ 0,01 ^d	0,80 $\pm$ 0,01 ^e	0,49 $\pm$ 0,01 ^f	0,79 $\pm$ 0,01 ^e	–	–	30	–	30	–
14,71 $\pm$ 1	Fe	13,53 $\pm$ 0,43 ^a	14,93 $\pm$ 0,07 ^b	9,01 $\pm$ 0,08 ^c	25,86 $\pm$ 0,17 ^d	10,67 $\pm$ 0,12 ^e	16,96 $\pm$ 0,08 ^f	13,57 $\pm$ 0,06 ^a	13,13 $\pm$ 0,12 ^a	–	–	100	–	–	–
0,35 $\pm$ 0	Mn	0,26 $\pm$ 0,01 ^a	0,21 $\pm$ 0,01 ^b	0,26 $\pm$ <0,01 ^a	0,42 $\pm$ 0,01 ^c	0,39 $\pm$ <0,01 ^d	0,45 $\pm$ 0,01 ^e	0,16 $\pm$ <0,01 ^f	0,63 $\pm$ 0,01 ^g	–	–	1	–	–	–
1,01 $\pm$ 0,1	Se	0,91 $\pm$ 0,02 ^a	1,13 $\pm$ 0,01 ^b	0,64 $\pm$ 0,03 ^{c,d}	1,20 $\pm$ 0,03 ^b	0,68 $\pm$ 0,01 ^c	0,58 $\pm$ 0,04 ^{d,e}	0,50 $\pm$ 0,02 ^e	2,44 $\pm$ 0,05 ^f	–	–	–	–	–	–
35,84 $\pm$ 1,6	Si	40,93 $\pm$ 0,3 ^a	32,44 $\pm$ 0,22 ^b	28,28 $\pm$ 0,04 ^c	33,90 $\pm$ 0,18 ^d	33,47 $\pm$ 0,23 ^d	53,15 $\pm$ 0,44 ^e	26,78 $\pm$ 0,18 ^f	37,80 $\pm$ 0,11 ^g	–	–	–	–	–	–
8,46 $\pm$ 0,5	Zn	14,83 $\pm$ 0,25 ^a	8,44 $\pm$ 0,11 ^b	6,66 $\pm$ 0,02 ^c	6,92 $\pm$ 0,01 ^c	6,59 $\pm$ 0,12 ^c	8,23 $\pm$ 0,11 ^b	8,37 $\pm$ 0,03 ^b	7,67 $\pm$ 0,11 ^d	–	–	100	–	30	–
0,99 $\pm$ 0,1	As	1,20 $\pm$ 0,01 ^a	1,15 $\pm$ 0,02 ^b	0,60 $\pm$ 0,01 ^c	0,74 $\pm$ 0,01 ^d	0,80 $\pm$ <0,01 ^e	0,99 $\pm$ 0,01 ^f	0,92 $\pm$ 0,01 ^g	1,49 $\pm$ 0,02 ^h	–	–	–	0,1	–	0,6
0,02 $\pm$ 0,0	Cd	0,023 $\pm$ <0,01 ^a	0,014 $\pm$ <0,01 ^b	0,007 $\pm$ <0,01 ^c	0,015 $\pm$ <0,01 ^d	0,006 $\pm$ <0,01 ^e	0,008 $\pm$ <0,01 ^c	0,006 $\pm$ <0,01 ^c	0,045 $\pm$ <0,01 ^f	0,05	0,05	1	0,1	0,5	–
0,03 $\pm$ 0,0	Co	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,05 $\pm$ <0,01 ^b	0,02 $\pm$ <0,01 ^c	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^d	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	0,03 $\pm$ <0,01 ^a	–	–	–	–	–	–
0,04 $\pm$ 0,0	Cr	0,09 $\pm$ 0,003 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,02 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,03 $\pm$ <0,01 ^c	0,02 $\pm$ <0,01 ^d	0,10 $\pm$ <0,01 ^e	–	–	50	2	–	0,03
0,01 $\pm$ 0,0	Hg	0,005 $\pm$ <0,01 ^a	0,006 $\pm$ <0,01 ^b	0,005 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,009 $\pm$ <0,01 ^c	0,015 $\pm$ <0,01 ^d	0,002 $\pm$ <0,01 ^e	0,015 $\pm$ <0,01 ^d	0,024 $\pm$ <0,01 ^f	0,5	0,5	–	–	0,5	–
0,07 $\pm$ 0,0	Ni	0,10 $\pm$ <0,01 ^a	0,04 $\pm$ <0,01 ^b	0,05 $\pm$ <0,01 ^c	0,08 $\pm$ <0,01 ^d	0,04 $\pm$ <0,01 ^e	0,11 $\pm$ <0,01 ^f	0,06 $\pm$ <0,01 ^g	0,07 $\pm$ <0,01 ^h	–	–	1	–	–	0,05
0,03 $\pm$ 0,0	Pb	0,020 $\pm$ <0,01 ^a	0,027 $\pm$ <0,01 ^b	0,078 $\pm$ <0,01 ^c	0,019 $\pm$ <0,01 ^a	0,014 $\pm$ <0,01 ^d	0,022 $\pm$ <0,01 ^e	0,013 $\pm$ <0,01 ^d	0,024 $\pm$ <0,01 ^f	0,3	0,3	2	0,5	0,5	0,3

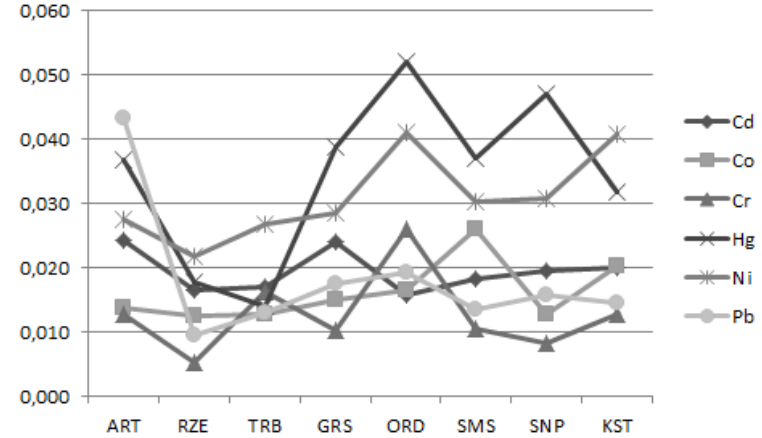
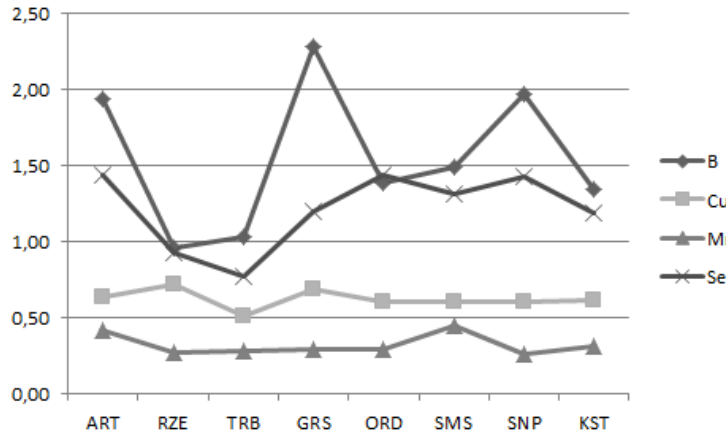
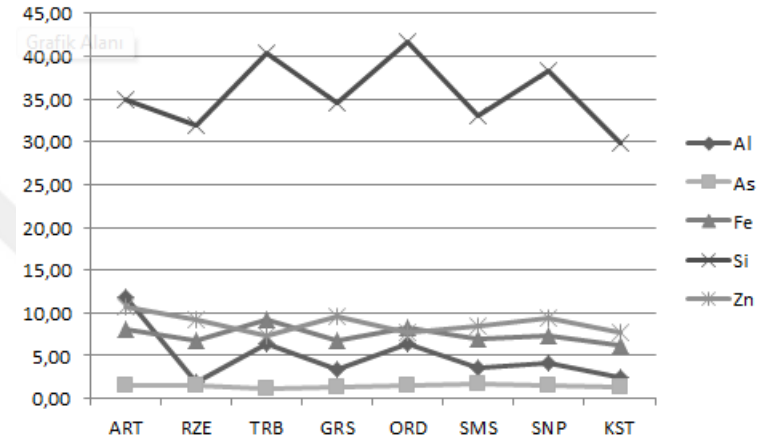
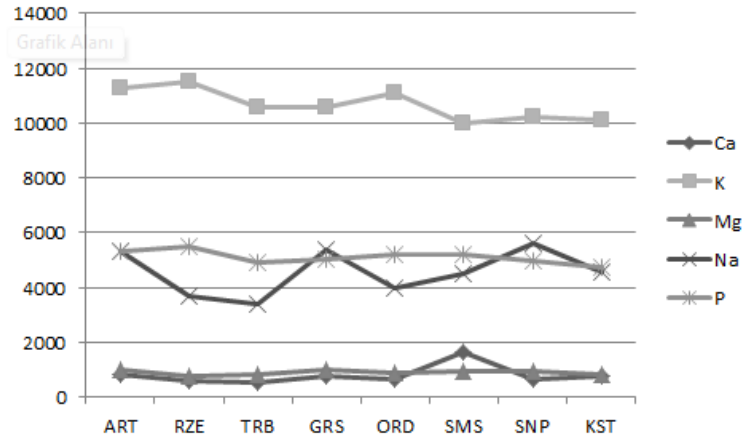
TRB, ORD, SNP ve KST illerinde K verileri ikiden az olduğu için Duncan testi karşılaştırma sonuçları tablosu oluşturmadı. Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.7. Mezgit (*Merlangius merlangus*) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

M. merlangus kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.7 ve Şekil 4.6'de verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Numunelerde ölçülen makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 512 (TRB) ile 1612 (SMS); K 10004 (SMS) ile 11480 (RZE); Mg 778,8 (RZE) ile 1017 (ART); Na 3709 (RZE) ile 5627 (SNP); P 4736 (KST) ile 5494 (RZE) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 1,94 (RZE) ile 6,40 (ORD); B 0,96 (RZE) ile 2,28 (GRS); Cu 0,51 (TRB) ile 0,72 (RZE); Fe 6,14 (KST) ile 9,29 (TRB); Mn 0,26 (SNP) ile 0,45 (SMS); Se 0,78 (TRB) ile 1,44 (ART ve ORD); Si 29,87 (KST) ile 41,65 (ORD); Zn 7,37 (TRB) ile 10,63 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 1,13 (TRB) ile 1,72 (SMS); Cd 0,016 (ORD) ile 0,024 (ART ve GRS); Co 0,01 (ART, RZE, TRB ve SNP) ile 0,03 (SMS); Hg 0,014 (TRB) ile 0,052 (ORD); Ni 0,02 (RZE) ile 0,04 (ORD ve KST); Pb 0,010 (RZE) ile 0,043 (ART) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Cr ise TRB (0,02 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve ORD (0,03 $\mu\text{g g}^{-1}$) hariç tüm istasyonlarda 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.7, Şekil 4.6).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 796, 10665, 4557, 898 ve 5109 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Ca sadece ART ve SMS'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ART'de tüm makro besin elementleri; SMS'da Ca, Mg, P; RZE ve ORD'da K ve P; GRS ve SNP'ta Mg ve Na değerleri istasyonların genel ortalamalarından yüksektir. TRB ve KST'da ise tüm makro besin elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 5,04, 1,55, 0,62, 7,46, 0,32, 1,21, 35,56 ve

8,74 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Mn sadece ART ve SMS'da; Ni ise sadece ORD ve KST'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ART'de Ni ve Si hariç tüm iz elementler; ORD'da Al, Fe, Se, Si; SNP'ta B, Se, Si, Zn; TRB'da Al, Fe, Si; GRS'da B, Cu, Zn; RZE'de Cu, Zn; SMS'da Mn, Se verileri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. KST'da ise Ni hariç tüm eser element verileri istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 1,48, 0,019, 0,016, 0,013, 0,034, 0,03 ve 0,018 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Co sadece SMS ve KST'da; Cr sadece TRB ve ORD'da; Pb ise sadece ART ve ORD'da istasyon ortalamalarının üzerinde değerler almışlardır. ART'de As, Cd, Hg, Pb; ORD'da As, Cr, Hg, Ni, Pb; SMS'da As, Co, Hg; SNP'ta As, Cd, Hg; GRS'da Cd, Hg; KST'da Cd, Co verileri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. RZE'de As; TRB'da ise Cr hariç tüm ağır metaller istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.7).



Şekil 4.6. Mezgit (*M. merlangus*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Tablo 4.7. Mezgıt (*M. merlangus*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm\text{SH}$		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2009)	EC, (2006)	WHO, (2014)	MHPRC, (2013)	FAO, (1983)	ISNO, (2012)
796 $\pm$ 67	Ca	837,2 $\pm$ 4,10 ^a	592,8 $\pm$ 13,4 ^b	512,0 $\pm$ 9,82 ^c	758,4 $\pm$ 5,37 ^d	641,0 $\pm$ 6,59 ^e	1612 $\pm$ 11,5 ^f	665,9 $\pm$ 4,35 ^e	747,5 $\pm$ 9,27 ^d	–	–	–	–	–	–
10665 $\pm$ 114	K	11274 $\pm$ 81,2 ^{a,b}	11480 $\pm$ 162 ^a	10600 $\pm$ 185 ^c	10571 $\pm$ 104 ^c	11070 $\pm$ 98,2 ^b	10004 $\pm$ 101 ^d	10210 $\pm$ 147 ^{c,d}	10114 $\pm$ 73,8 ^d	–	–	–	–	–	–
898 $\pm$ 17	Mg	1017 $\pm$ 7,26 ^a	778,8 $\pm$ 14,4 ^b	810,0 $\pm$ 16,4 ^c	986,9 $\pm$ 7,46 ^d	883,0 $\pm$ 7,87 ^e	930,0 $\pm$ 4,21 ^f	946,2 $\pm$ 10,3 ^f	828,8 $\pm$ 5,07 ^c	–	–	–	–	–	–
4557 $\pm$ 163	Na	5327 $\pm$ 40,7 ^a	3709 $\pm$ 66,7 ^b	3370 $\pm$ 68,8 ^c	5365 $\pm$ 72 ^a	3998 $\pm$ 41,1 ^d	4474 $\pm$ 38,1 ^e	5627 $\pm$ 39,3 ^f	4587 $\pm$ 11,3 ^c	–	–	–	–	–	–
5109 $\pm$ 51	P	5313 $\pm$ 34,9 ^a	5494 $\pm$ 85,9 ^b	4918 $\pm$ 90,9 ^c	5006 $\pm$ 40,2 ^c	5228 $\pm$ 44,6 ^a	5211 $\pm$ 34,3 ^a	4968 $\pm$ 43,9 ^c	4736 $\pm$ 44,8 ^d	–	–	–	–	–	–
5,04 $\pm$ 0,6	Al	11,88 $\pm$ 0,23 ^a	1,94 $\pm$ 0,03 ^b	6,39 $\pm$ 0,14 ^c	3,39 $\pm$ 0,08 ^d	6,40 $\pm$ 0,07 ^c	3,65 $\pm$ 0,07 ^d	4,10 $\pm$ 0,16 ^c	2,54 $\pm$ 0,01 ^f	–	–	–	0,1	–	–
1,55 $\pm$ 0,1	B	1,94 $\pm$ 0,03 ^a	0,96 $\pm$ 0,01 ^b	1,04 $\pm$ 0,01 ^c	2,28 $\pm$ 0,03 ^d	1,38 $\pm$ 0,01 ^c	1,49 $\pm$ 0,01 ^f	1,98 $\pm$ 0,02 ^a	1,35 $\pm$ 0,01 ^e	–	–	–	–	–	–
0,62 $\pm$ 0,0	Cu	0,64 $\pm$ 0,01 ^a	0,72 $\pm$ 0,01 ^b	0,51 $\pm$ 0,01 ^c	0,69 $\pm$ 0,01 ^d	0,60 $\pm$ 0,02 ^c	0,60 $\pm$ 0,01 ^e	0,61 $\pm$ 0,01 ^e	0,62 $\pm$ 0,01 ^{a,c}	–	–	30	–	30	–
7,46 $\pm$ 0,2	Fe	8,13 $\pm$ 0,02 ^a	6,73 $\pm$ 0,07 ^b	9,29 $\pm$ 0,06 ^c	6,69 $\pm$ 0,05 ^b	8,29 $\pm$ 0,08 ^a	6,99 $\pm$ 0,11 ^d	7,42 $\pm$ 0,06 ^c	6,14 $\pm$ 0,09 ^f	–	–	100	–	–	–
0,32 $\pm$ 0,0	Mn	0,42 $\pm$ 0,01 ^a	0,27 $\pm$ 0,01 ^b	0,28 $\pm$ 0,01 ^{b,c}	0,29 $\pm$ 0,004 ^{b,c}	0,29 $\pm$ 0,01 ^{b,c}	0,45 $\pm$ 0,01 ^a	0,26 $\pm$ 0,02 ^b	0,32 $\pm$ 0,01 ^c	–	–	1	–	–	–
1,21 $\pm$ 0,1	Se	1,44 $\pm$ 0,01 ^a	0,93 $\pm$ 0,01 ^b	0,78 $\pm$ 0,01 ^c	1,20 $\pm$ 0,01 ^d	1,44 $\pm$ 0,01 ^a	1,31 $\pm$ 0,01 ^e	1,43 $\pm$ 0,01 ^a	1,19 $\pm$ 0,01 ^d	–	–	–	–	–	–
35,56 $\pm$ 0,8	Si	34,91 $\pm$ 0,05 ^a	31,94 $\pm$ 0,01 ^b	40,31 $\pm$ 0,03 ^c	34,50 $\pm$ 0,01 ^a	41,65 $\pm$ 0,02 ^d	33,11 $\pm$ 0,02 ^c	38,24 $\pm$ 0,03 ^f	29,87 $\pm$ 0,04 ^g	–	–	–	–	–	–
8,74 $\pm$ 0,2	Zn	10,63 $\pm$ 0,19 ^a	9,21 $\pm$ 0,36 ^b	7,37 $\pm$ 0,30 ^c	9,50 $\pm$ 0,36 ^d	7,66 $\pm$ 0,26 ^c	8,42 $\pm$ 0,16 ^f	9,42 $\pm$ 0,61 ^d	7,71 $\pm$ 0,26 ^c	–	–	100	–	30	–
1,48 $\pm$ 0,0	As	1,54 $\pm$ 0,03 ^a	1,58 $\pm$ 0,02 ^a	1,13 $\pm$ 0,02 ^b	1,41 $\pm$ 0,01 ^c	1,55 $\pm$ 0,001 ^a	1,72 $\pm$ 0,03 ^d	1,55 $\pm$ 0,02 ^a	1,39 $\pm$ 0,02 ^c	–	–	–	0,1	–	0,6
0,02 $\pm$ 0,0	Cd	0,024 $\pm$ 0,01 ^a	0,017 $\pm$ 0,01 ^{b,c}	0,017 $\pm$ 0,01 ^{b,d}	0,024 $\pm$ 0,01 ^a	0,016 $\pm$ 0,01 ^c	0,018 $\pm$ 0,01 ^d	0,020 $\pm$ 0,01 ^e	0,020 $\pm$ 0,01 ^e	0,05	0,05	1	0,1	0,5	–
0,02 $\pm$ 0,0	Co	0,01 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ 0,01 ^a	0,01 $\pm$ 0,01 ^a	0,02 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	0,02 $\pm$ 0,01 ^b	0,03 $\pm$ 0,01 ^c	0,01 $\pm$ 0,01 ^a	0,02 $\pm$ 0,01 ^d	–	–	–	–	–	–
0,01 $\pm$ 0,0	Cr	0,01 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ 0,01 ^c	0,02 $\pm$ 0,01 ^b	0,01 $\pm$ 0,01 ^{a,c}	0,03 $\pm$ 0,01 ^d	0,01 $\pm$ 0,01 ^{a,c}	0,01 $\pm$ 0,01 ^{a,c}	0,01 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	–	–	50	2	–	0,03
0,03 $\pm$ 0,0	Hg	0,037 $\pm$ 0,01 ^a	0,018 $\pm$ 0,01 ^b	0,014 $\pm$ 0,01 ^c	0,039 $\pm$ 0,01 ^a	0,052 $\pm$ 0,01 ^d	0,037 $\pm$ 0,01 ^a	0,047 $\pm$ 0,01 ^e	0,032 $\pm$ 0,01 ^f	0,5	0,5	–	–	0,5	–
0,03 $\pm$ 0,0	Ni	0,03 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	0,02 $\pm$ 0,01 ^c	0,03 $\pm$ 0,01 ^a	0,03 $\pm$ 0,01 ^{a,b,d}	0,04 $\pm$ 0,01 ^e	0,03 $\pm$ 0,01 ^{b,d}	0,03 $\pm$ 0,01 ^d	0,04 $\pm$ 0,01 ^f	–	–	1	–	–	0,05
0,02 $\pm$ 0,0	Pb	0,043 $\pm$ 0,01 ^a	0,010 $\pm$ 0,01 ^b	0,013 $\pm$ 0,01 ^c	0,018 $\pm$ 0,01 ^d	0,019 $\pm$ 0,01 ^e	0,013 $\pm$ 0,01 ^{e,f}	0,016 $\pm$ 0,01 ^g	0,015 $\pm$ 0,01 ^{f,g}	0,3	0,3	2	0,5	0,5	0,3

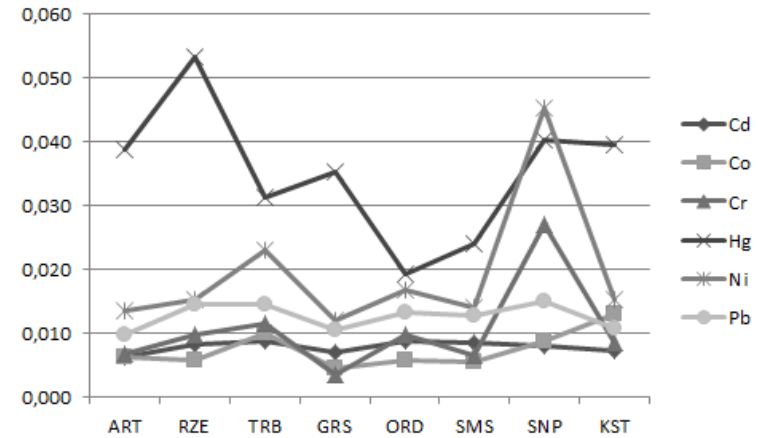
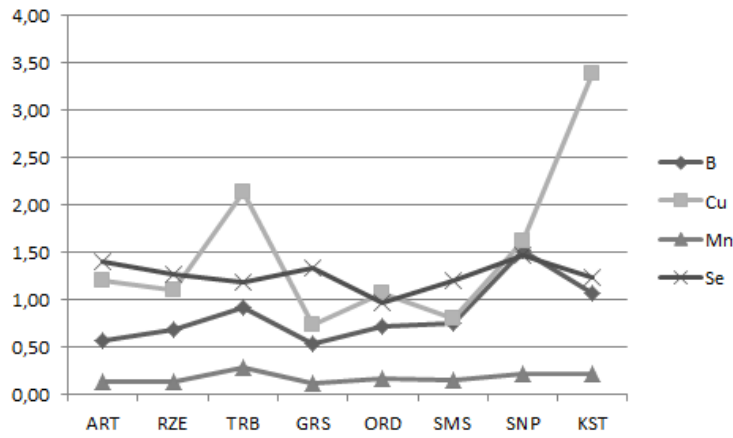
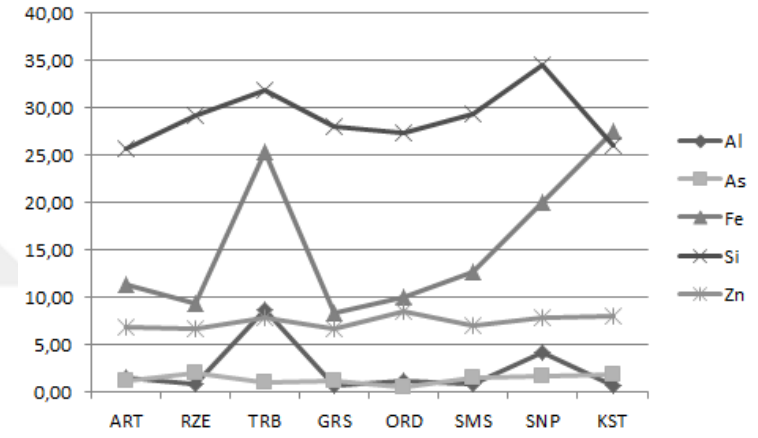
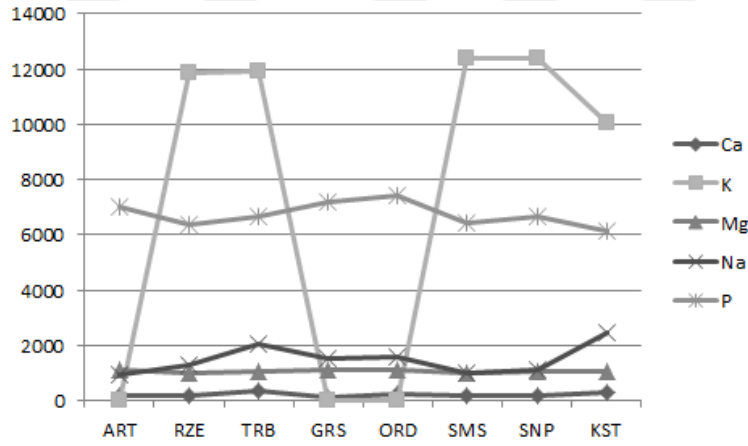
Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.8. Palamut (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

S. sarda kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.7 ve Şekil 4.8’de verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p<0,05$). Numunelerde ölçülen makro besin elementleri minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 149,8 (GRS) ile 336,8 (TRB); K 10057 (KST) ile 12412 (SNP); Mg 1116 (ART) ile 988,4 (RZE); Na 963,7 (ART) ile 2486 (KST); P 6164 (KST) ile 7423 (ORD) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 0,63 (GRS) ile 8,76 (TRB); B 0,53 (GRS) ile 1,51 (SNP); Cu 0,73 (GRS) ile 3,39 (KST); Fe 8,42 (GRS) ile 27,59 (KST); Mn 0,12 (GRS) ile 0,29 (TRB); Se 0,97 (ORD) ile 1,47 (SNP); Si 25,72 (ART) ile 34,57 (SNP); Zn 6,64 (GRS) ile 8,56 (ORD) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 0,48 (ORD) ile 2,05 (RZE); Cd 0,06 (ART) ile 0,09 (TRB, ORD ve SMS); Cr 0,004 (GRS) ile 0,03 (SNP); Hg 0,019 (ORD) ile 0,053 (RZE); Ni 0,01 (ART, GRS ve SMS) ile 0,05 (SNP); Pb 0,010 (ART) ile 0,015 (RZE, TRB ve SNP) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır. Co değerleri tüm istasyonlarda 0,01 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.7, Şekil 4.8).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 219, 11869, 1500, 1056 ve 6732 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. ORD’da Ca, Mg, Na, P; GRS’da Mg, Na, P; ART’de Mg, P; TRB ve KST’da Ca, Na makro elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. SNP’ta Mg hariç tüm makro besin elementleri, RZE ve SMS’da ise tespit edilen makro besin elementlerinin hepsi istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 2,34, 0,85, 1,51, 15,61, 0,18, 1,26, 29,01 ve 7,45 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Al sadece TRB ve SNP’ta istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. SNP’ta tüm iz elementler, TRB’da ise Se hariç tüm eser elementler istasyon ortalamalarının üzerinde değerler almışlardır. KST’da B, Cu, Fe, Mn, Zn istasyon ortalamalarının

üzerinde değer almışken; ART, RZE ve GRS'da Se hariç, ORD'da Zn hariç, SMS'da ise Si hariç tüm eser elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 1,39, 0,008, 0,035, 0,02 ve 0,013 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İstasyon ortalamalarının üzerinde değer alan Cr ve Ni TRB ve SNP'ta tespit edilmiştir. SNP'ta tüm toksik elementler, RZE'de As, Cd, Hg, Pb; TRB'da Cd, Co, Cr, Pb; KST'da As, Co, Hg; ORD'da Cd, Pb; SMS'da As, Cd değerleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. ART'de Hg hariç tüm ağır metaller; GRS'da ise tüm ağır metaller istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.7).



Şekil 4.7. Palamut (*S. sarda*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Tablo 4.8. Palamut (*S. sarda*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2009)	EC, (2006)	WHO, (2014)	MHPRC, (2013)	FAO, (1983)	ISNO, (2012)
219 $\pm$ 12	Ca	166,9 $\pm$ 1,72 ^a	194,4 $\pm$ 0,61 ^b	336,8 $\pm$ 3,64 ^c	149,8 $\pm$ 0,65 ^d	260,2 $\pm$ 1,52 ^c	189,8 $\pm$ 0,82 ^{b,f}	185,2 $\pm$ 1,29 ^f	271,7 $\pm$ 2,39 ^g	–	–	–	–	–	–
11869 $\pm$ 263	K	–	11868 $\pm$ 98,9	11887 $\pm$ 147	–	–	12402 $\pm$ 106	12412 $\pm$ 74,7	10057 $\pm$ 89,8	–	–	–	–	–	–
1056 $\pm$ 10	Mg	1116 $\pm$ 5,75 ^a	988,4 $\pm$ 6,24 ^b	1034 $\pm$ 10,7 ^c	1099 $\pm$ 9,29 ^{a,d}	1093 $\pm$ 6,40 ^{a,d}	1004 $\pm$ 8,00 ^{b,c}	1083 $\pm$ 11,1 ^d	1028 $\pm$ 9,19 ^{c,e}	–	–	–	–	–	–
1500 $\pm$ 104	Na	963,7 $\pm$ 3,78 ^a	1262 $\pm$ 4,84 ^b	2023 $\pm$ 10,2 ^c	1540 $\pm$ 13,4 ^d	1590 $\pm$ 10,3 ^c	1018 $\pm$ 10,2 ^f	1114 $\pm$ 7,30 ^g	2486 $\pm$ 25,9 ^h	–	–	–	–	–	–
6732 $\pm$ 86	P	7026 $\pm$ 26,2 ^a	6343 $\pm$ 49,7 ^b	6647 $\pm$ 68,7 ^c	7172 $\pm$ 34,8 ^a	7423 $\pm$ 58,9 ^d	6439 $\pm$ 38,4 ^b	6642 $\pm$ 51,2 ^c	6164 $\pm$ 66,7 ^e	–	–	–	–	–	–
2,34 $\pm$ 0,6	Al	1,56 $\pm$ 0,08 ^a	0,80 $\pm$ 0,03 ^b	8,76 $\pm$ 0,14 ^c	0,63 $\pm$ 0,05 ^b	1,23 $\pm$ 0,05 ^d	0,85 $\pm$ 0,04 ^b	4,16 $\pm$ 0,09 ^c	0,73 $\pm$ 0,04 ^b	–	–	–	0,1	–	–
0,85 $\pm$ 0,1	B	0,57 $\pm$ 0,01 ^a	0,69 $\pm$ 0,01 ^b	0,92 $\pm$ 0,01 ^c	0,53 $\pm$ 0,01 ^d	0,73 $\pm$ 0,01 ^c	0,76 $\pm$ 0,02 ^f	1,51 $\pm$ 0,02 ^g	1,07 $\pm$ 0,01 ^h	–	–	–	–	–	–
1,51 $\pm$ 0,2	Cu	1,12 $\pm$ 0,02 ^a	1,11 $\pm$ 0,01 ^b	2,14 $\pm$ 0,01 ^c	0,73 $\pm$ 0,01 ^d	1,07 $\pm$ 0,01 ^c	0,81 $\pm$ <0,01 ^f	1,62 $\pm$ <0,01 ^g	3,39 $\pm$ 0,02 ^h	–	–	30	–	30	–
15,61 $\pm$ 1,5	Fe	11,39 $\pm$ 0,12 ^a	9,30 $\pm$ 0,06 ^b	25,37 $\pm$ 0,09 ^c	8,42 $\pm$ 0,02 ^d	10,04 $\pm$ 0,12 ^c	12,72 $\pm$ 0,12 ^f	20,08 $\pm$ 0,06 ^g	27,59 $\pm$ 0,24 ^h	–	–	100	–	–	–
0,18 $\pm$ 0,0	Mn	0,14 $\pm$ <0,01 ^a	0,14 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,29 $\pm$ <0,01 ^c	0,12 $\pm$ <0,01 ^b	0,17 $\pm$ <0,01 ^d	0,15 $\pm$ <0,01 ^a	0,21 $\pm$ 0,01 ^c	0,22 $\pm$ <0,01 ^c	–	–	1	–	–	–
1,26 $\pm$ 0,0	Se	1,40 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	1,27 $\pm$ 0,05 ^{c,d}	1,18 $\pm$ 0,03 ^d	1,34 $\pm$ 0,01 ^{a,c}	0,97 $\pm$ 0,06 ^c	1,20 $\pm$ 0,05 ^d	1,47 $\pm$ 0,03 ^b	1,24 $\pm$ 0,02 ^{c,d}	–	–	–	–	–	–
29,01 $\pm$ 0,6	Si	25,72 $\pm$ 0,12 ^a	29,20 $\pm$ 0,21 ^b	31,86 $\pm$ 0,30 ^c	27,98 $\pm$ 0,29 ^d	27,38 $\pm$ 0,12 ^d	29,33 $\pm$ 0,12 ^b	34,57 $\pm$ 0,27 ^c	26,07 $\pm$ 0,10 ^a	–	–	–	–	–	–
7,45 $\pm$ 0,1	Zn	6,85 $\pm$ 0,08 ^{a,b}	6,73 $\pm$ 0,10 ^{a,b}	7,81 $\pm$ 0,16 ^c	6,64 $\pm$ 0,12 ^a	8,56 $\pm$ 0,13 ^d	7,06 $\pm$ 0,08 ^b	7,89 $\pm$ 0,04 ^c	8,07 $\pm$ 0,13 ^c	–	–	100	–	30	–
1,39 $\pm$ 0,1	As	1,19 $\pm$ 0,02 ^a	2,05 $\pm$ 0,02 ^b	0,80 $\pm$ 0,01 ^c	1,24 $\pm$ 0,01 ^d	0,48 $\pm$ 0,01 ^c	1,55 $\pm$ 0,02 ^f	1,70 $\pm$ 0,01 ^g	1,92 $\pm$ 0,01 ^h	–	–	–	0,1	–	0,6
0,008 $\pm$ 0,0	Cd	0,006 $\pm$ <0,01 ^a	0,008 $\pm$ <0,01 ^b	0,009 $\pm$ <0,01 ^c	0,007 $\pm$ <0,01 ^d	0,009 $\pm$ <0,01 ^c	0,009 $\pm$ <0,01 ^c	0,008 $\pm$ <0,01 ^b	0,007 $\pm$ <0,01 ^d	0,05	0,05	1	0,1	0,5	–
0,007 $\pm$ 0,0	Co	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^a	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^c	–	–	–	–	–	–
0,010 $\pm$ 0,0	Cr	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,01 $\pm$ <0,01 ^c	0,004 $\pm$ <0,01 ^b	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,030 $\pm$ <0,01 ^d	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	–	–	50	2	–	0,03
0,035 $\pm$ 0,0	Hg	0,039 $\pm$ <0,01 ^a	0,053 $\pm$ <0,01 ^b	0,031 $\pm$ <0,01 ^c	0,035 $\pm$ <0,01 ^d	0,019 $\pm$ <0,01 ^c	0,024 $\pm$ <0,01 ^f	0,040 $\pm$ <0,01 ^a	0,049 $\pm$ <0,01 ^a	0,5	0,5	–	–	0,5	–
0,02 $\pm$ 0,0	Ni	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,02 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,02 $\pm$ <0,01 ^d	0,01 $\pm$ <0,01 ^b	0,02 $\pm$ <0,01 ^c	0,01 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,05 $\pm$ <0,01 ^c	0,02 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	–	–	1	–	–	0,05
0,013 $\pm$ 0,0	Pb	0,010 $\pm$ <0,01 ^a	0,015 $\pm$ <0,01 ^b	0,015 $\pm$ <0,01 ^b	0,011 $\pm$ <0,01 ^a	0,013 $\pm$ <0,01 ^c	0,013 $\pm$ <0,01 ^c	0,015 $\pm$ <0,01 ^b	0,011 $\pm$ <0,01 ^a	0,3	0,3	2	0,5	0,5	0,3

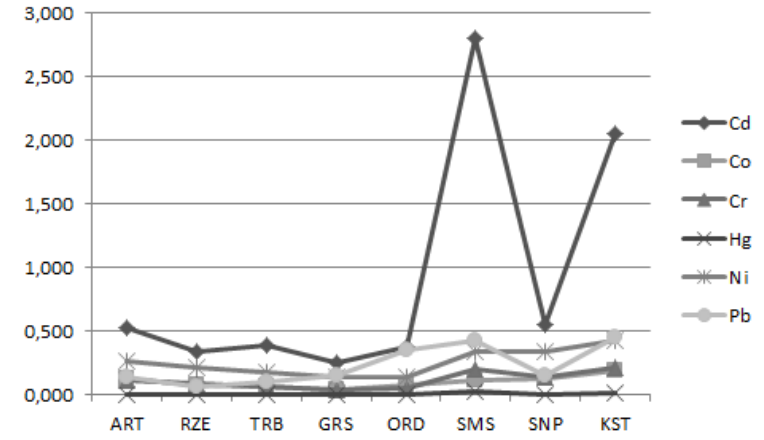
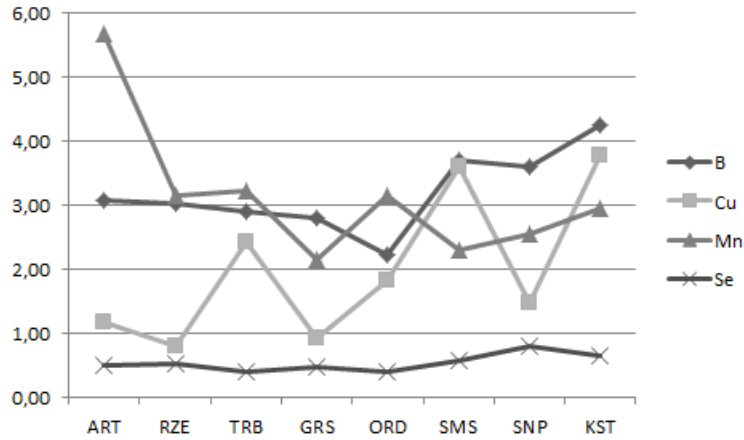
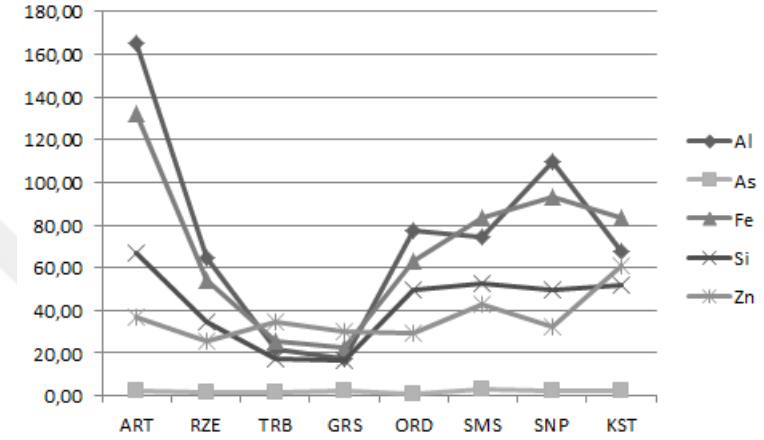
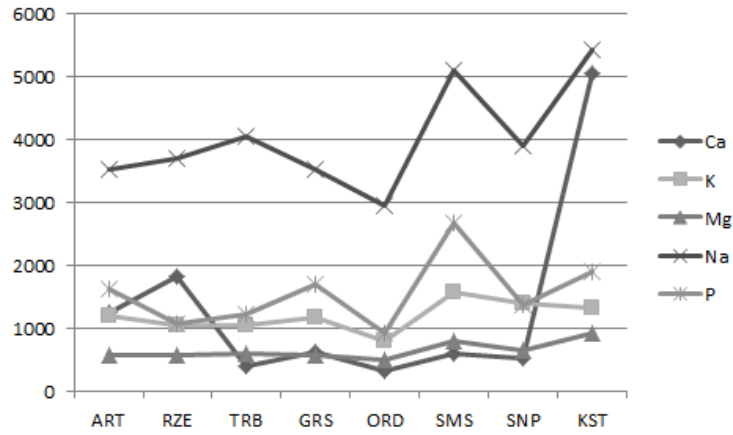
ART, GRS ve ORD illerinde K verileri ikiden az olduğu için Duncan testi karşılaştırma sonuçları tablosu oluşturmadı. Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.9. Akdeniz Midyesi (*Mytilus galloprovincialis*, L. 1758) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

Hem ekonomik bir kaynak, hem de çevresel izleme için bir gösterge organizma olarak önem taşıyan *M. galloprovincialis* kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.9 ve Şekil 4.8’de verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Numunelerde ölçülen makro besin elementleri minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 322,7 (ORD) ile 5045 (KST); K 793,8 (ORD) ile 1576 (SMS); Mg 502,8 (ORD) ile 919,2 (KST); Na 2962 (ORD) ile 5444 (KST); P 940,6 (ORD) ile 2679 (SMS) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 17, 59 (GRS) ile 165,6 (ART); B 2,22 (ORD) ile 4,25 (KST); Cu 0,81 (RZE) ile 3,79 (KST); Fe 22,95 (GRS) ile 132,1 (ART); Mn 2,16 (GRS) ile 5,67 (ART); Se 0,41 (TRB ve ORD) ile 0,80 (SNP); Si 16,32 (GRS) ile 66,84 (ART); Zn 25,34 (RZE) ile 60,60 (KST) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 1,16 (ORD) ile 3,13 (SMS); Cd 0,248 (GRS) ile 2,798 (SMS); Co 0,04 (GRS) ile 0,19 (KST); Cr 0,04 (GRS) ile 0,22 (KST); Hg 0,003 (GRS) ile 0,022 (SMS); Ni 0,14 (GRS ve ORD) ile 0,43 (KST); Pb 0,068 (RZE) ile 0,449 (KST) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır (Tablo 4.9, Şekil 4.8).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 1328, 1197, 654, 4030 ve 1570 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Ca sadece RZE ve KST’da; Mg ise sadece SMS ve KST’da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. KST’da tüm makro besin elementleri; SMS’da K, Mg, Na, P değerleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. ART ve GRS’da P; RZE’de Ca; TRB’da Na; SNP’ta K hariç tüm elementler; ayrıca ORD’daki tüm makro elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri

sırasıyla; 74,90, 3,20, 2,01, 69,68, 3,15, 0,54, 42,39 ve 36,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Mn sadece ART ve TRB'da; Zn ise sadece SMS ve KST'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. SMS ve KST'da Al ve Mn hariç tüm eser element konsantrasyonları istasyonların genel ortalamasının üzerindedir. SNP'ta Al, B, Fe, Se, Si; ART'de ise Al, Fe, Mn, Si eser elementleri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. TRB'da Cu, Mn; ORD'da ise Al, Si hariç tüm iz elementler; ayrıca RZE ve GRS'da tüm eser elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 2,000, 0,908, 0,102, 0,113, 0,007, 0,26 ve 0,23 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Cd ve Hg sadece SMS ve KST'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. SMS ve KST'da tüm ağır metaller; SNP'ta Cd ve Hg hariç tüm ağır metaller; ART'de ise As, Co, Ni verileri istasyonlar ortalamasının üzerindedir. GRS'da As hariç; RZE, TRB ve ORD'da ise tüm ağır metal verileri istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.9).



Şekil 4.8. Akdeniz midyesi (*M. galloprovincialis*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Tablo 4.9. Akdeniz Midyesi (*M. galloprovincialis*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort.±SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC, (2002)	EC, (2007)	FAO, (1983)
1328±309	Ca	1256±8,91 ^a	1825±6,91 ^b	404,4±2,48 ^c	631,6±7,10 ^d	322,7±1,56 ^e	612,2±5,07 ^d	523,7±5,85 ^f	5045±48,7 ^g	—	—	—
1197±47	K	1198±13,7 ^a	1062±4,98 ^b	1053±8,43 ^b	1181±15,5 ^a	793,8±5,43 ^c	1576±10,1 ^d	1392±8,02 ^c	1324±7,05 ^f	—	—	—
654±27	Mg	589,3±7,68 ^a	584,6±5,04 ^a	609,0±6,51 ^b	574,9±8,83 ^a	502,8±3,28 ^c	811,5±6,78 ^d	641,0±5,68 ^c	919,2±4,23 ^f	—	—	—
4030±164	Na	3531±18,4 ^a	3696±28,8 ^b	4065±25,6 ^c	3528±38,3 ^a	2962±25,5 ^d	5119±64,1 ^e	3898±28,2 ^f	5444±22,4 ^g	—	—	—
1570±108	P	1623±17,2 ^a	1077±6,44 ^b	1230±10,9 ^c	1716±25,6 ^d	940,6±5,65 ^e	2679±25,1 ^f	1386±13,1 ^g	1906±6,81 ^h	—	—	—
74,90±9,2	Al	165,6±1,74 ^a	64,73±0,38 ^b	21,57±0,11 ^c	17,59±0,09 ^d	77,40±0,32 ^e	74,49±0,67 ^f	109,8±0,74 ^g	67,97±0,35 ^h	—	—	—
3,20±0,1	B	3,07±0,01 ^a	3,03±0,01 ^a	2,90±0,01 ^b	2,81±0,03 ^c	2,22±0,02 ^d	3,70±0,04 ^e	3,61±0,01 ^f	4,25±0,02 ^g	—	—	—
2,01±0,2	Cu	1,17±0,01 ^a	0,81±0,01 ^b	2,44±0,03 ^c	0,92±0,01 ^d	1,83±0,02 ^e	3,60±0,02 ^f	1,49±0,01 ^g	3,79±0,02 ^h	20	—	50-100
69,68±7,1	Fe	132,1±0,72 ^a	54,11±0,30 ^b	25,73±0,22 ^c	22,95±0,12 ^d	62,91±0,22 ^e	83,57±0,55 ^f	92,83±0,84 ^g	83,18±0,72 ^f	—	—	—
3,15±0,2	Mn	5,67±0,09 ^a	3,15±0,06 ^b	3,24±0,04 ^b	2,16±0,05 ^c	3,15±0,06 ^b	2,30±0,03 ^c	2,56±0,03 ^d	2,95±0,03 ^e	—	—	—
0,54±0,0	Se	0,50±0,01 ^a	0,52±0,02 ^{a,b}	0,41±0,01 ^c	0,49±0,01 ^a	0,41±0,01 ^c	0,57±0,01 ^b	0,80±0,03 ^d	0,65±0,02 ^e	—	—	—
42,39±3,5	Si	66,84±0,28 ^a	34,91±0,17 ^b	17,13±0,10 ^c	16,32±0,11 ^c	49,60±0,20 ^d	52,51±0,38 ^e	49,62±0,35 ^d	52,18±0,62 ^e	—	—	—
36,40±2,2	Zn	36,64±0,33 ^a	25,34±0,19 ^b	34,24±0,25 ^c	30,46±0,22 ^d	29,17±0,18 ^e	42,58±0,23 ^f	32,19±0,10 ^g	60,60±0,41 ^h	—	—	—
2,00±0,1	As	2,35±0,03 ^a	1,30±0,01 ^b	1,53±0,04 ^c	2,07±0,04 ^d	1,16±0,01 ^c	3,13±0,03 ^f	2,30±0,02 ^a	2,20±0,02 ^g	1	—	0,5-25
0,91±0,2	Cd	0,521±0,01 ^a	0,340±0,01 ^b	0,383±0,01 ^c	0,248±0,01 ^d	0,371±0,01 ^c	2,798±0,02 ^e	0,554±0,01 ^f	2,053±0,02 ^g	1	1	10
0,10±0,0	Co	0,12±0,01 ^a	0,08±0,01 ^b	0,06±0,01 ^c	0,04±0,01 ^d	0,08±0,01 ^b	0,12±0,01 ^a	0,13±0,01 ^c	0,19±0,01 ^f	—	—	—
0,11±0,0	Cr	0,11±0,01 ^a	0,09±0,01 ^b	0,06±0,01 ^c	0,04±0,01 ^d	0,06±0,01 ^c	0,20±0,01 ^e	0,13±0,01 ^f	0,22±0,01 ^g	—	—	1
0,01±0,0	Hg	0,005±0,01 ^{a,b}	0,004±0,01 ^{a,c}	0,005±0,01 ^{a,b}	0,003±0,01 ^c	0,004±0,01 ^{a,c}	0,022±0,01 ^d	0,006±0,01 ^b	0,008±0,01 ^e	—	—	—
0,26±0,0	Ni	0,26±0,01 ^a	0,22±0,01 ^b	0,17±0,01 ^c	0,14±0,01 ^d	0,14±0,01 ^d	0,35±0,01 ^e	0,33±0,01 ^f	0,43±0,01 ^g	—	—	—
0,23±0,0	Pb	0,135±0,01 ^a	0,068±0,01 ^b	0,096±0,01 ^c	0,155±0,01 ^d	0,357±0,01 ^e	0,430±0,01 ^f	0,151±0,01 ^d	0,449±0,01 ^g	—	—	—

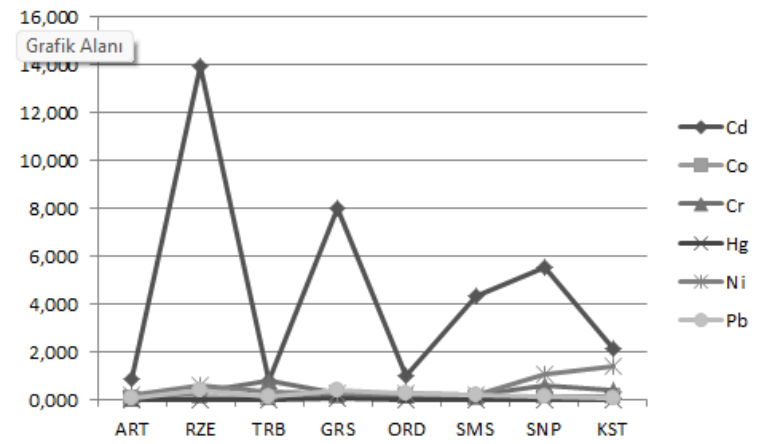
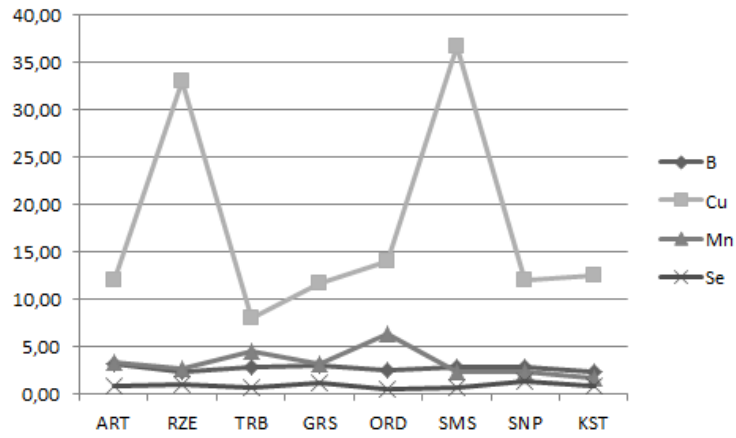
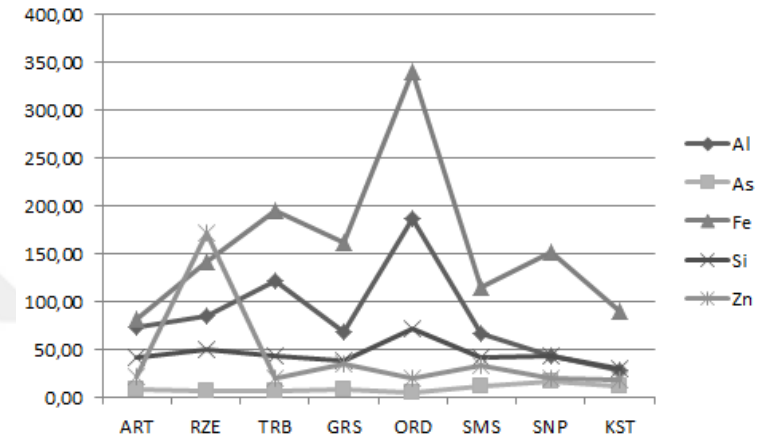
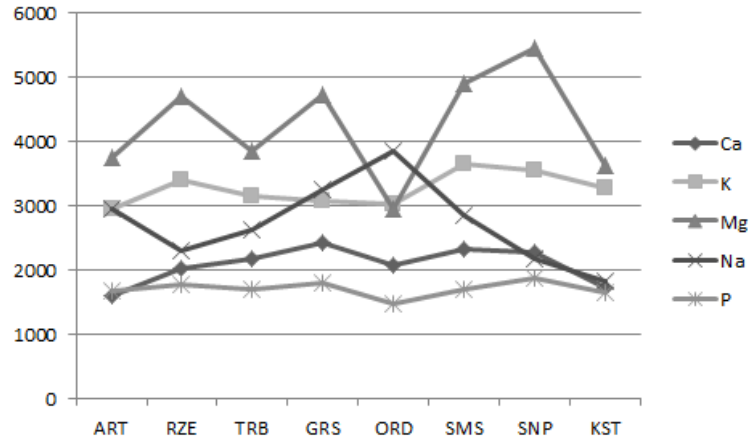
Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.10. Deniz Salyangozu (*Rapana venosa*) Kas Dokusu Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

Çevresel izleme için bir gösterge organizma olmasının yanı sıra ekonomik olarak da önem taşıyan *R. vesona* kas dokusu numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.10 ve Şekil 4.9'da verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Makro besin elementleri bakımından istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Numunelerde ölçülen makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 1609 (ART) ile 2425 (GRS); K 2959 (ART) ile 3665 (SMS); Mg 2950 (ORD) ile 5454 (SNP); Na 1829 (KST) ile 3858 (ORD); P 1484 (ORD) ile 1868 (SNP) $\mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 28,34 (KST) ile 187,3 (ORD); B 2,36 (RZE) ile 3,11 (ART); Cu 7,99 (TRB) ile 36,71 (SMS); Fe 82,58 (ART) ile 340,2 (ORD); Mn 1,66 (KST) ile 6,36 (ORD); Se 0,59 (ORD) ile 1,39 (SNP); Si 29,49 (KST) ile 72,59 (ORD); Zn 18,64 (KST) ile 171,8 (RZE) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 5,10 (ORD) ile 16,82 (SNP); Cd 0,803 (TRB) ile 13,96 (RZE); Co 0,06 (ART) ile 0,17 (SNP); Cr 0,08 (ART) ile 0,80 (TRB); Hg 0,013 (ORD) ile 0,045 (GRS); Ni 0,19 (ART) ile 1,41 (KST); Pb 0,087 (KST) ile 0,440 (RZE) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir (Tablo 4.10, Şekil 4.9).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 2078, 3269, 4246, 2779 ve 1704 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. GRS'da K; SMS'da P; SNP'ta ise Na hariç tüm elementler; RZE'de ise K, Mg, P verileri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 84,52, 2,74, 17,50, 159,99, 3,30, 0,91, 45,33 ve 42,59 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Al sadece TRB ve ORD'da; Cu sadece RZE ve SMS'da; Si sadece RZE ve ORD'da; Zn ise sadece RZE'de

istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. RZE’de Cu, Se, Si, Zn; TRB’da Al, B, Fe, Mn; ORD’da Al, Fe, Mn, Si; GRS’da B, Fe, Se; SNP’ta B, Se istasyon ortalamalarının üzerindedir. ART’de B ve Mn; SMS’da B ve Cu; KST’da ise tüm eser elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 9,48, 4,58, 0,12, 0,38, 0,02, 0,55 ve 0,22 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. SNP’ta Pb hariç; RZE’de As, Cr ve Ni; GRS’da ise As ve Cr hariç tüm elementler; KST’da As, Co, Cr, Ni; ORD’da ise Co ve Pb elementleri istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. TRB’da Cr; SMS’da ise As hariç tüm elementler ve ART’de tüm ağır metaller istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.10).



Şekil 4.9. Deniz salyangozu (*R. venosa*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri (µg g⁻¹ ya)

Tablo 4.10. Deniz Salyangozu (*R. venosa*) kas dokusunda ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	TFC,(2002)	EC,(2007)	FAO,(1983)
2078 $\pm$ 56	Ca	1609 $\pm$ 14,3 ^a	2031 $\pm$ 26,8 ^b	2167 $\pm$ 22,8 ^c	2425 $\pm$ 18,5 ^d	2080 $\pm$ 21,8 ^b	2325 $\pm$ 10,2 ^c	2270 $\pm$ 26,2 ^c	1717 $\pm$ 9,94 ^f	—	—	—
3269 $\pm$ 51	K	2959 $\pm$ 39,7 ^a	3408 $\pm$ 15,6 ^c	3156 $\pm$ 32,6 ^d	3086 $\pm$ 32,6 ^{d,e}	3028 $\pm$ 22,7 ^{b,e}	3665 $\pm$ 32,6 ^f	3556 $\pm$ 20,0 ^g	3291 $\pm$ 34,9 ^b	—	—	—
4246 $\pm$ 162	Mg	3746 $\pm$ 46,9 ^{a,b}	4707 $\pm$ 39,2 ^c	3853 $\pm$ 34,2 ^a	4720 $\pm$ 46,3 ^c	2950 $\pm$ 25,6 ^d	4919 $\pm$ 56,5 ^c	5454 $\pm$ 38,3 ^f	3624 $\pm$ 40,6 ^b	—	—	—
2729 $\pm$ 126	Na	2943 $\pm$ 22,8 ^a	2302 $\pm$ 19,3 ^b	2622 $\pm$ 15,1 ^c	3250 $\pm$ 34,1 ^d	3858 $\pm$ 28,3 ^c	2855 $\pm$ 8,26 ^f	2174 $\pm$ 18,2 ^g	1829 $\pm$ 18,5 ^b	—	—	—
1704 $\pm$ 23	P	1673 $\pm$ 21,5 ^{a,b}	1772 $\pm$ 18,7 ^c	1694 $\pm$ 14,8 ^{a,b}	1792 $\pm$ 16,7 ^c	1484 $\pm$ 9,73 ^d	1709 $\pm$ 21,4 ^a	1868 $\pm$ 20,0 ^c	1643 $\pm$ 8,29 ^b	—	—	—
84,52 $\pm$ 9,8	Al	74,36 $\pm$ 1,17 ^a	84,67 $\pm$ 0,98 ^b	122,7 $\pm$ 0,42 ^c	68,72 $\pm$ 0,21 ^d	187,3 $\pm$ 1,45 ^e	66,13 $\pm$ 0,54 ^f	43,95 $\pm$ 0,35 ^g	28,34 $\pm$ 0,12 ^h	—	—	—
2,74 $\pm$ 0,1	B	3,11 $\pm$ 0,03 ^a	2,36 $\pm$ 0,01 ^b	2,87 $\pm$ 0,04 ^{c,d}	2,94 $\pm$ 0,03 ^c	2,50 $\pm$ <0,001 ^c	2,84 $\pm$ 0,04 ^d	2,87 $\pm$ 0,01 ^{c,d}	2,42 $\pm$ 0,01 ^b	—	—	—
17,50 $\pm$ 2,1	Cu	12,01 $\pm$ 0,04 ^a	33,06 $\pm$ 0,14 ^b	7,99 $\pm$ 0,05 ^c	11,66 $\pm$ 0,06 ^a	13,98 $\pm$ 0,03 ^d	36,71 $\pm$ 0,27 ^a	11,98 $\pm$ 0,07 ^c	12,61 $\pm$ 0,04 ^f	20	—	50-100
159,9 $\pm$ 16	Fe	82,58 $\pm$ 1,04 ^a	142,3 $\pm$ 0,98 ^b	195,4 $\pm$ 1,59 ^c	162,6 $\pm$ 1,01 ^d	340,2 $\pm$ 0,82 ^e	114,9 $\pm$ 1,21 ^f	152,1 $\pm$ 1,63 ^g	89,82 $\pm$ 0,88 ^h	—	—	—
3,30 $\pm$ 0,3	Mn	3,41 $\pm$ <0,01 ^a	2,62 $\pm$ 0,04 ^b	4,59 $\pm$ 0,03 ^c	3,15 $\pm$ 0,05 ^d	6,36 $\pm$ 0,04 ^c	2,29 $\pm$ 0,05 ^f	2,33 $\pm$ 0,02 ^f	1,66 $\pm$ 0,04 ^g	—	—	—
0,91 $\pm$ 0,1	Se	0,82 $\pm$ 0,01 ^a	1,01 $\pm$ 0,01 ^b	0,65 $\pm$ 0,03 ^{c,d}	1,26 $\pm$ 0,01 ^e	0,59 $\pm$ 0,02 ^c	0,70 $\pm$ 0,03 ^d	1,39 $\pm$ 0,06 ^f	0,89 $\pm$ 0,03 ^a	—	—	—
45,33 $\pm$ 2,4	Si	42,57 $\pm$ 0,4 ^{a,b}	49,44 $\pm$ 0,89 ^c	43,39 $\pm$ 0,29 ^{a,b}	39,32 $\pm$ 0,10 ^d	72,59 $\pm$ 0,36 ^e	42,06 $\pm$ 0,6 ^a	43,76 $\pm$ 0,49 ^b	29,49 $\pm$ 0,2 ^f	—	—	—
42,59 $\pm$ 10,3	Zn	22,55 $\pm$ 0,02 ^a	171,8 $\pm$ 1,28 ^b	20,28 $\pm$ 0,22 ^c	34,54 $\pm$ 0,25 ^d	19,52 $\pm$ 0,09 ^{c,e}	32,77 $\pm$ 0,28 ^f	20,65 $\pm$ 0,26 ^c	18,64 $\pm$ 0,13 ^e	—	—	—
9,48 $\pm$ 0,7	As	8,60 $\pm$ 0,1 ^a	6,54 $\pm$ 0,05 ^b	7,14 $\pm$ 0,07 ^c	8,32 $\pm$ 0,06 ^a	5,10 $\pm$ 0,03 ^d	11,98 $\pm$ 0,1 ^c	16,82 $\pm$ 0,21 ^f	11,36 $\pm$ 0,06 ^g	1	—	0,5-25
4,58 $\pm$ 0,9	Cd	0,865 $\pm$ <0,01 ^a	13,96 $\pm$ <0,01 ^b	0,803 $\pm$ <0,01 ^a	8,024 $\pm$ <0,01 ^c	1,025 $\pm$ <0,01 ^d	4,320 $\pm$ <0,01 ^e	5,534 $\pm$ <0,01 ^f	2,117 $\pm$ <0,01 ^g	1	1	10
0,12 $\pm$ 0,0	Co	0,06 $\pm$ <0,01 ^a	0,14 $\pm$ <0,01 ^b	0,10 $\pm$ <0,01 ^c	0,12 $\pm$ <0,01 ^d	0,13 $\pm$ <0,01 ^b	0,08 $\pm$ <0,01 ^e	0,17 $\pm$ <0,01 ^f	0,13 $\pm$ <0,01 ^b	—	—	—
0,38 $\pm$ 0,0	Cr	0,08 $\pm$ <0,01 ^a	0,35 $\pm$ <0,01 ^b	0,80 $\pm$ <0,01 ^c	0,30 $\pm$ <0,01 ^d	0,23 $\pm$ <0,01 ^e	0,23 $\pm$ <0,01 ^e	0,64 $\pm$ <0,01 ^f	0,39 $\pm$ <0,01 ^g	—	—	1
0,02 $\pm$ 0,0	Hg	0,016 $\pm$ <0,01 ^a	0,025 $\pm$ <0,01 ^b	0,018 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,045 $\pm$ <0,01 ^d	0,013 $\pm$ <0,01 ^e	0,018 $\pm$ <0,01 ^c	0,023 $\pm$ <0,01 ^f	0,018 $\pm$ <0,01 ^c	—	—	—
0,55 $\pm$ 0,1	Ni	0,19 $\pm$ <0,01 ^a	0,59 $\pm$ <0,01 ^b	0,36 $\pm$ <0,01 ^c	0,28 $\pm$ <0,01 ^d	0,26 $\pm$ <0,01 ^e	0,23 $\pm$ <0,01 ^f	1,07 $\pm$ <0,01 ^g	1,41 $\pm$ <0,01 ^h	—	—	—
0,22 $\pm$ 0,0	Pb	0,090 $\pm$ <0,01 ^a	0,440 $\pm$ <0,01 ^b	0,125 $\pm$ <0,01 ^c	0,390 $\pm$ <0,01 ^d	0,286 $\pm$ <0,01 ^e	0,214 $\pm$ <0,01 ^f	0,146 $\pm$ <0,01 ^g	0,087 $\pm$ <0,01 ^a	—	—	—

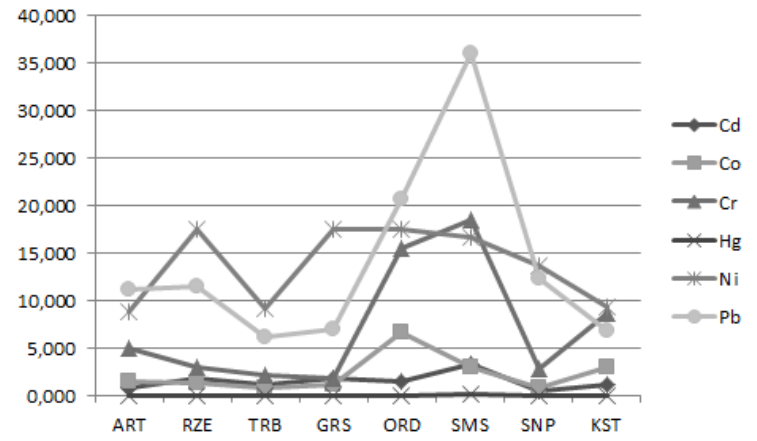
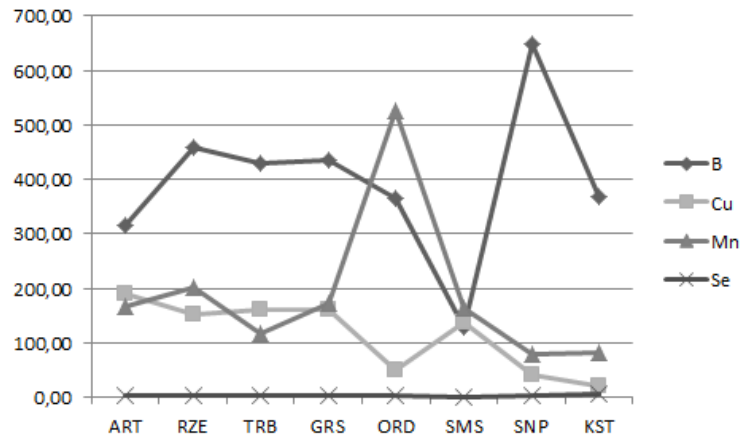
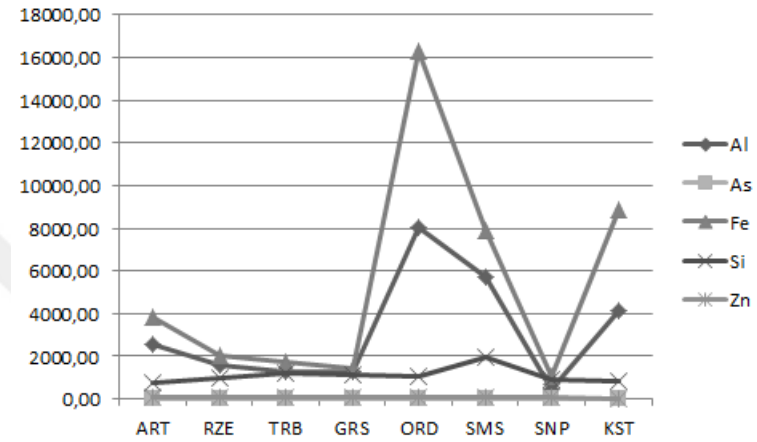
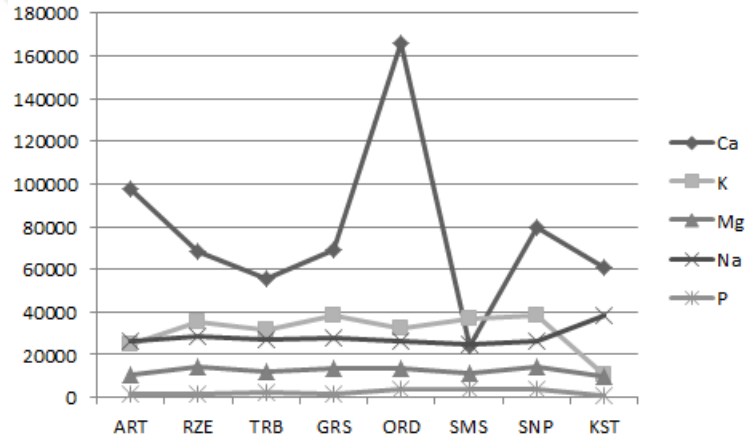
Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.11. Makro Alg: Kahverengi Alg (*Cyrtoceria barbata*) Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

Ekolojik öneminin yanı sıra, özellikle tıp ve kozmetik alanlarda kullanıldığı için ekonomik yönden de önemli bir tür olan *C. barbata* numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.11 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p < 0,05$). Numunelerde ölçülen makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 24409 (SMS) ile 166107 (ORD); K 10647 (KST) ile 38712 (GRS); Mg 9552 (KST) ile 14311 (SNP); Na 24811 (SMS) ile 38056 (KST); P 1045 (KST) ile 3995 (ORD) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 428,8 (SNP) ile 8050 (ORD); B 127,8 (SMS) ile 649,7 (SNP); Cu 21,81 (KST) ile 189,6 (ART); Fe 1070 (SNP) ile 16284 (ORD); Mn 78,64 (SNP) ile 525,3 (ORD); Se 1,66 (SMS) ile 5,16 (KST); Si 771,2 (ART) ile 1938 (SMS); Zn 22,61 (KST) ile 94,54 (SNP) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verileri As 8,22 (SNP) ile 43,06 (RZE); Cd 0,452 (SNP) ile 3,362 (SMS); Co 0,79 (SNP) ile 6,74 (ORD); Cr 1,82 (GRS) ile 18,46 (SMS); Hg 0,016 (SNP) ile 0,258 (SMS); Ni 8,79 (ART) ile 17,54 (ORD); Pb 6,190 (TRB) ile 35,998 (SMS) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir (Tablo 4.11, Şekil 4.10).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 77760, 31194, 12299, 28251 ve 2471 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Ca sadece ART ve ORD'da; Na ise sadece RZE ve KST'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ORD'da Na hariç tüm elementler; RZE'de K, Mg, Na; SNP'ta K, Mg, P; GRS'da K, Mg; SMS'da K, P makro besin elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha yüksektir. ART'de Ca; TRB'da K; KST'da ise Na hariç tüm makro besin elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 3111, 393,8, 114,7, 5398, 188,1, 2,70, 1094 ve 66,27 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.

Mn sadece RZE ve ORD'da; Se ise sadece SNP ve KST'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ORD'da Al, B, Fe, Mn, Zn; SMS'da Al, Cu, Fe, Si, Zn; RZE'de Cu, Mn, Zn; TRB'da B, Cu, Si, Zn; GRS'da B, Cu, Si; SNP'ta B, Se, Zn; KST'da Al, Fe, Se verileri genel ortalamaların üzerinde ölçülmüştür. ART'de Cu hariç tüm eser elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 25,26, 1,53, 2,32, 7,19, 0,08, 13,77 ve 13,98 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Hg ve Pb sadece ORD ve SMS'da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ORD ve SMS'da As hariç tüm ağır metaller; RZE ve GRS'da ise sadece As, Cd ve Ni; KST'da ise Co ve Cr verileri istasyonlar ortalamalarından yüksektir. SNP'ta tüm ağır metaller; ART ve TRB'da ise As hariç tüm ağır metaller istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.11).



Şekil 4.10. Kahverengi Alg (*C. barbata*) örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1} \text{ya}$)

Tablo 4.11. Kahverengi Alg (*C. barbata*) örneklerinde ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	(CEVA, 2019)
77760 $\pm$ 8083	Ca	97963 $\pm$ 1190 ^a	68489 $\pm$ 798 ^b	55375 $\pm$ 443 ^c	69490 $\pm$ 900 ^b	166107 $\pm$ 1467 ^d	24409 $\pm$ 73,6 ^c	79603 $\pm$ 454 ^f	60646 $\pm$ 549 ^e	–
31194 $\pm$ 1852	K	24778 $\pm$ 202 ^a	35680 $\pm$ 386 ^b	31627 $\pm$ 225 ^c	38712 $\pm$ 349 ^d	32582 $\pm$ 143 ^c	36984 $\pm$ 312 ^f	38539 $\pm$ 363 ^d	10647 $\pm$ 67,5 ^e	–
12299 $\pm$ 352	Mg	10302 $\pm$ 139 ^a	14088 $\pm$ 168 ^b	11921 $\pm$ 69,9 ^c	13649 $\pm$ 130 ^d	13251 $\pm$ 94,9 ^c	11317 $\pm$ 71,6 ^f	14311 $\pm$ 60,8 ^b	9552 $\pm$ 103 ^e	–
28251 $\pm$ 813	Na	26237 $\pm$ 223 ^a	28932 $\pm$ 242 ^b	27177 $\pm$ 416 ^c	28042 $\pm$ 320 ^d	26315 $\pm$ 62,1 ^a	24811 $\pm$ 199 ^e	26435 $\pm$ 158 ^a	38056 $\pm$ 189 ^f	–
2471 $\pm$ 222	P	1705 $\pm$ 9,75 ^a	1775 $\pm$ 21,5 ^b	2018 $\pm$ 20,8 ^c	1839 $\pm$ 17,6 ^b	3995 $\pm$ 22 ^d	3694 $\pm$ 38,9 ^c	3698 $\pm$ 27 ^c	1045 $\pm$ 2,77 ^f	–
3111 $\pm$ 515	Al	2543 $\pm$ 17,5 ^a	1577 $\pm$ 12,9 ^b	1259 $\pm$ 3,87 ^c	1252 $\pm$ 6,62 ^c	8050 $\pm$ 38,8 ^d	5676 $\pm$ 47,9 ^c	428,8 $\pm$ 4,78 ^f	4104 $\pm$ 44,0 ^e	–
393,8 $\pm$ 29	B	316,0 $\pm$ 2,21 ^a	457,3 $\pm$ 6,14 ^b	430,7 $\pm$ 5,6 ^c	436,6 $\pm$ 6,86 ^c	365,3 $\pm$ 3,81 ^d	127,8 $\pm$ 0,94 ^e	649,7 $\pm$ 6,42 ^f	367,1 $\pm$ 0,18 ^d	–
114,7 $\pm$ 13	Cu	189,6 $\pm$ 0,58 ^a	153,4 $\pm$ 0,93 ^b	161,7 $\pm$ 0,74 ^c	161,1 $\pm$ 0,42 ^c	50,28 $\pm$ 0,28 ^d	137,8 $\pm$ 1,05 ^e	42,13 $\pm$ 0,35 ^f	21,81 $\pm$ 0,21 ^e	–
5398 $\pm$ 1038	Fe	3855 $\pm$ 16,0 ^a	2063 $\pm$ 6,21 ^b	1712 $\pm$ 10,4 ^c	1450 $\pm$ 15,1 ^d	16284 $\pm$ 88,2 ^c	7895 $\pm$ 42,3 ^f	1070 $\pm$ 3,12 ^e	8853 $\pm$ 54,3 ^h	–
188,1 $\pm$ 28	Mn	165,7 $\pm$ 1,82 ^a	202,5 $\pm$ 0,59 ^b	116,6 $\pm$ 0,52 ^c	172,2 $\pm$ 0,62 ^d	525,3 $\pm$ 1,78 ^e	162,8 $\pm$ 0,70 ^a	78,64 $\pm$ 0,19 ^f	81,05 $\pm$ 0,82 ^f	–
2,70 $\pm$ 0,2	Se	2,32 $\pm$ 0,10 ^{a,b}	2,65 $\pm$ 0,01 ^{a,c}	2,51 $\pm$ 0,15 ^{a,c}	1,89 $\pm$ 0,14 ^{b,d}	2,53 $\pm$ 0,22 ^{a,c}	1,66 $\pm$ 0,12 ^d	2,91 $\pm$ 0,24 ^c	5,16 $\pm$ 0,11 ^e	–
1094 $\pm$ 72	Si	771,2 $\pm$ 1,90 ^a	984,9 $\pm$ 12,7 ^b	1179 $\pm$ 15,5 ^c	1131 $\pm$ 3,15 ^d	1036 $\pm$ 9,57 ^e	1938 $\pm$ 35,7 ^f	917,1 $\pm$ 13,3 ^e	798,1 $\pm$ 5,94 ^a	–
66,27 $\pm$ 4,1	Zn	55,52 $\pm$ 0,94 ^a	68,91 $\pm$ 0,53 ^b	70,77 $\pm$ 0,73 ^b	63,67 $\pm$ 0,25 ^c	76,20 $\pm$ 1 ^d	77,97 $\pm$ 0,21 ^d	94,54 $\pm$ 0,56 ^c	22,61 $\pm$ 0,32 ^f	–
23,89 $\pm$ 2,5	As	25,26 $\pm$ 0,28 ^a	43,06 $\pm$ 0,29 ^b	30,48 $\pm$ 0,40 ^c	39,51 $\pm$ 0,49 ^d	14,810 $\pm$ 0,27 ^c	16,89 $\pm$ 0,04 ^f	8,22 $\pm$ 0,15 ^e	12,87 $\pm$ 0,13 ^h	3
1,53 $\pm$ 0,2	Cd	0,894 $\pm$ 0,03 ^a	1,871 $\pm$ 0,02 ^b	1,182 $\pm$ <0,01 ^c	1,786 $\pm$ 0,03 ^d	1,577 $\pm$ <0,01 ^e	3,362 $\pm$ 0,05 ^f	0,451 $\pm$ <0,01 ^g	1,144 $\pm$ <0,01 ^c	0,50
2,32 $\pm$ 0,4	Co	1,54 $\pm$ 0,02 ^a	1,32 $\pm$ 0,05 ^b	0,91 $\pm$ 0,03 ^c	1,18 $\pm$ 0,03 ^d	6,74 $\pm$ 0,01 ^e	3,04 $\pm$ 0,01 ^f	0,79 $\pm$ 0,02 ^g	3,06 $\pm$ 0,03 ^f	–
7,19 $\pm$ 1,3	Cr	5,01 $\pm$ 0,02 ^a	3,05 $\pm$ 0,07 ^b	2,16 $\pm$ 0,05 ^c	1,82 $\pm$ 0,07 ^d	15,50 $\pm$ 0,12 ^e	18,46 $\pm$ 0,24 ^f	2,85 $\pm$ <0,01 ^b	8,64 $\pm$ 0,1 ^g	–
0,08 $\pm$ 0,0	Hg	0,054 $\pm$ <0,01 ^a	0,078 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,055 $\pm$ <0,01 ^a	0,062 $\pm$ <0,01 ^{a,b}	0,083 $\pm$ <0,01 ^c	0,258 $\pm$ <0,01 ^d	0,016 $\pm$ <0,01 ^e	0,027 $\pm$ <0,01 ^e	1
13,77 $\pm$ 0,8	Ni	8,79 $\pm$ <0,01 ^a	17,53 $\pm$ <0,01 ^b	9,25 $\pm$ <0,01 ^c	17,45 $\pm$ 0,11 ^b	17,54 $\pm$ 0,05 ^b	16,62 $\pm$ 0,06 ^d	13,66 $\pm$ 0,12 ^e	9,37 $\pm$ 0,09 ^c	–
13,98 $\pm$ 2,0	Pb	11,23 $\pm$ 0,15 ^a	11,48 $\pm$ 0,15 ^a	6,190 $\pm$ 0,05 ^b	6,965 $\pm$ 0,06 ^c	20,739 $\pm$ 0,17 ^d	35,998 $\pm$ 0,38 ^e	12,434 $\pm$ 0,07 ^f	6,824 $\pm$ 0,07 ^e	5

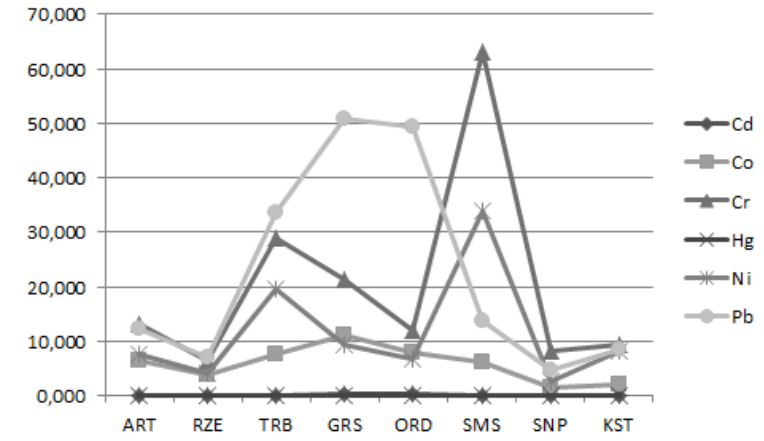
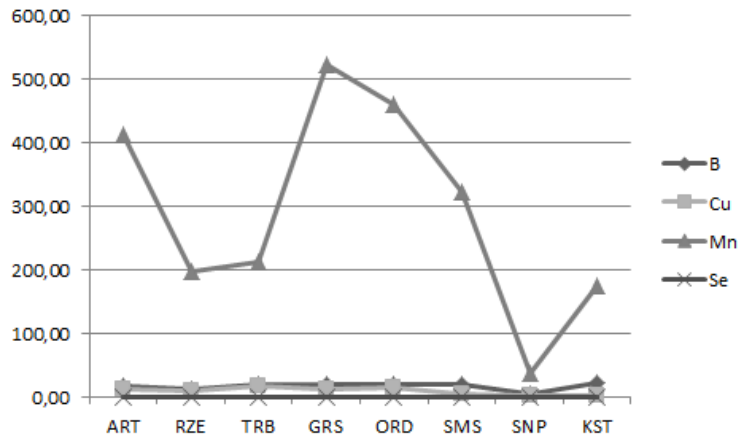
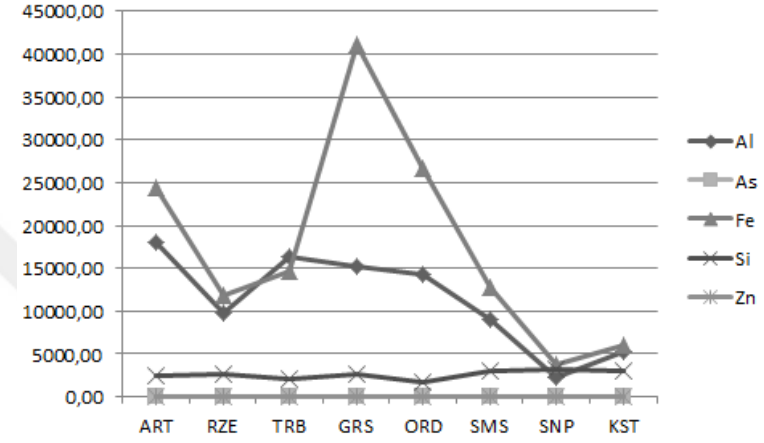
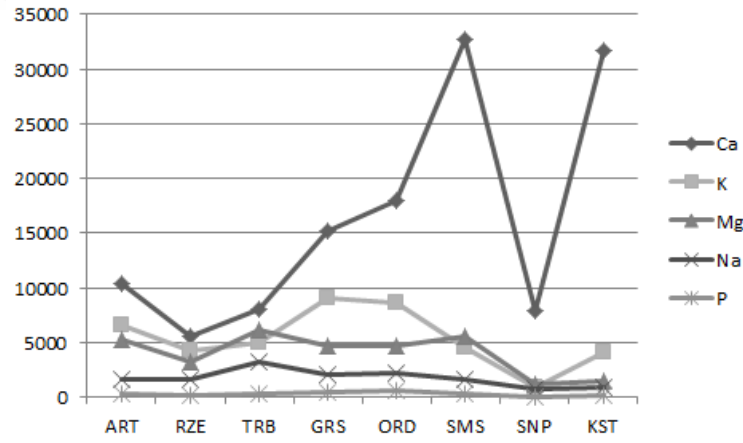
Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

4.12. Sediment Örneklerinde Ölçümü Yapılan Elementler İçin Elde Edilen Sonuçlar

Sediment numunelerinde ölçülen ortalama makro besin elementleri (Ca, K, Mg, Na, P), eser elementler (Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si, Zn) ve ağır metallerin (As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) konsantrasyonları Tablo 4.12 ve Şekil 4.11’de verilmiştir. Ölçümü yapılan bu 20 element için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır ($p<0,05$). Numunelerde ölçülen makro besin elementlerinin minimum ve maksimum verileri değerlendirildiğinde Ca 5616 (RZE) ile 32645 (SMS); K 892 (SNP) ile 9046 (GRS); Mg 1176 (SNP) ile 6213 (TRB); Na 737,9 (SNP) ile 3292 (TRB); P 73,68 (SNP) ile 618,8 (ORD) $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. İz elementlerin minimum ve maksimum verileri incelendiğinde Al 2189 (SNP) ile 18100 (ART); B 5,94 (SNP) ile 21,81 (KST); Cu 2,93 (KST) ile 18,70 (TRB); Fe 3828 (SNP) ile 41168 (GRS); Mn 38,70 (SNP) ile 522,7 (GRS); Se 0,14 (SNP) ile 0,67 (GRS); Si 1717 (ORD) ile 3124 (SNP); Zn 4,76 (SNP) ile 68,73 (GRS) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır. Numunelerde ölçülen ağır metallerin minimum ve maksimum verilerine As 1,55 (RZE ve SNP) ile 7,07 (GRS); Cd 0,072 (SNP) ile 0,241 (ORD); Co 1,39 (SNP) ile 11,08 (GRS); Cr 6,49 (RZE) ile 63,07 (SMS); Hg 0,002 (RZE) ile 0,015 (SMS); Ni 2,75 (SNP) ile 34,04 (SMS); Pb 4,58 (SNP) ile 50,71 (GRS) $\mu\text{g g}^{-1}$ ’dır (Tablo 4.12, Şekil 4.11).

Makro besin elementleri değerlendirildiğinde Ca, K, Mg, Na ve P için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 16202, 5383, 4039, 1744 ve 277 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. P sadece GRS ve ORD’da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. ORD’da tüm elementler; GRS’da Ca hariç tüm elementler; ART’de K ve Mg; TRB’da Mg ve Na; SMS’da ise Ca ve Mg ölçüm sonuçları genel ortalamalardan daha yüksektir. KST’da Ca hariç tümü; RZE ve SNP’da ise tüm makro besin elementleri istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. İz elementler değerlendirildiğinde Al, B, Cu, Fe, Mn, Se, Si ve Zn için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 11295, 17,52, 10,19, 17667, 293, 0,43, 2586 ve 31,55 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. GRS tüm iz elementler; ART ve ORD’da ise Si hariç tüm iz elementler; TRB’da Al, B, Cu;

SMS’da B, Mn, Si; KST’da B, Si istasyonlar ortalamasının üzerindedir. SNP’ta Si hariç tümü; RZE’de tüm iz elementler istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir. Ağır metallerde ise As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni ve Pb için istasyonlarda ölçülen genel ortalama değerleri sırasıyla; 3,42, 0,14, 5,87, 20,32, 0,007, 11,55 ve 22,48 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Ni sadece TRB ve SMS’da istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. GRS ve SMS’da tümü; ORD’da As, Cd, Co, Hg; TRB’da Co, Cr, Pb; ART’de Cd, Co; KST’da ise As, Hg ağır metalleri istasyon ortalamalarının üzerinde değer almıştır. RZE ve SNP’taki tüm ağır metaller ise istasyonların genel ortalamalarından daha düşük seviyelerdedir (Tablo 4.12).



Şekil 4.11. Sediment örneklerinin illere göre ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Tablo 4.12. Sediment örneklerinde ölçülen element içeriklerinin ortalama konsantrasyon seviyeleri ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya) ve standart hata

Genel Ort. $\pm$ SH		ART	RZE	TRB	GRS	ORD	SMS	SNP	KST	(Gedik ve Boran, 2013)		
										Temiz	Orta D. Kirli	Çok Kirli
16202 $\pm$ 2080	Ca	10449 $\pm$ 18 ^a	5616 $\pm$ 25,9 ^b	8056 $\pm$ 43,8 ^c	15228 $\pm$ 136 ^d	17946 $\pm$ 0,31 ^e	32645 $\pm$ 47,2 ^f	7937 $\pm$ 19,1 ^e	31740 $\pm$ 243 ^g	–	–	–
5383 $\pm$ 517	K	6592 $\pm$ 10,4 ^a	4262 $\pm$ 26,2 ^b	4907 $\pm$ 10,9 ^c	9046 $\pm$ 83,8 ^d	8621 $\pm$ 43,8 ^e	4607 $\pm$ 11,5 ^f	892,0 $\pm$ 4,53 ^g	4135 $\pm$ 7,26 ^h	–	–	–
4039 $\pm$ 366	Mg	5285 $\pm$ 24 ^a	3228 $\pm$ 36,9 ^b	6213 $\pm$ 17,5 ^c	4710 $\pm$ 54,3 ^d	4679 $\pm$ 8,37 ^d	5529 $\pm$ 9,82 ^e	1176 $\pm$ 6,28 ^f	1492 $\pm$ 7,07 ^g	–	–	–
1744 $\pm$ 155	Na	1650 $\pm$ 5,56 ^a	1640 $\pm$ 18,4 ^a	3292 $\pm$ 12,1 ^b	2035 $\pm$ 15,1 ^c	2148 $\pm$ 8,13 ^d	1553 $\pm$ 8 ^e	737,9 $\pm$ 4,66 ^f	895,8 $\pm$ 4,47 ^g	–	–	–
277 $\pm$ 37	P	248,5 $\pm$ 0,71 ^a	161,6 $\pm$ 1,76 ^b	247,8 $\pm$ 0,24 ^a	502,8 $\pm$ 3,86 ^c	618,8 $\pm$ 1,86 ^d	236,3 $\pm$ 1,37 ^e	73,68 $\pm$ 0,27 ^f	123,1 $\pm$ 0,16 ^g	–	–	–
11295 $\pm$ 1099	Al	18100 $\pm$ 166 ^a	9765 $\pm$ 138 ^b	16408 $\pm$ 32,9 ^c	15218 $\pm$ 132 ^d	14248 $\pm$ 161 ^e	9100 $\pm$ 67,6 ^f	2189 $\pm$ 13,4 ^g	5329 $\pm$ 18,4 ^h	–	–	–
17,52 $\pm$ 1,1	B	18,85 $\pm$ 0,25 ^a	11,57 $\pm$ 0,06 ^b	20,43 $\pm$ 0,08 ^c	20,73 $\pm$ 0,17 ^c	20,79 $\pm$ 0,11 ^c	20,05 $\pm$ 0,11 ^d	5,94 $\pm$ 0,03 ^c	21,81 $\pm$ 0,09 ^f	–	–	–
10,19 $\pm$ 1,1	Cu	13,00 $\pm$ 0,04 ^a	9,41 $\pm$ 0,06 ^b	18,70 $\pm$ 0,06 ^c	12,89 $\pm$ 0,07 ^a	15,42 $\pm$ 0,08 ^d	5,94 $\pm$ <0,01 ^d	3,27 $\pm$ 0,04 ^d	2,93 $\pm$ 0,03 ^d	<25	25 - 50	>50
17667 $\pm$ 2418	Fe	24479 $\pm$ 102 ^a	11809 $\pm$ 139 ^b	14739 $\pm$ 73,7 ^c	41168 $\pm$ 112 ^d	26624 $\pm$ 161 ^e	12752 $\pm$ 70,6 ^f	3828 $\pm$ 26,9 ^g	5932 $\pm$ 46,2 ^h	–	–	–
292,8 $\pm$ 32	Mn	413,7 $\pm$ 2,67 ^a	198,3 $\pm$ 2,85 ^b	212,3 $\pm$ 1,99 ^c	522,7 $\pm$ 3,23 ^d	459,6 $\pm$ 3,35 ^e	322,2 $\pm$ 3 ^f	38,70 $\pm$ 0,07 ^g	174,6 $\pm$ 1,15 ^h	–	–	–
0,43 $\pm$ 0,0	Se	0,65 $\pm$ 0,03 ^a	0,40 $\pm$ 0,04 ^b	0,41 $\pm$ 0,01 ^b	0,67 $\pm$ 0,04 ^a	0,54 $\pm$ 0,02 ^c	0,42 $\pm$ 0,03 ^b	0,14 $\pm$ <0,01 ^d	0,24 $\pm$ 0,04 ^e	–	–	–
2586 $\pm$ 97	Si	2448 $\pm$ 103 ^a	2576 $\pm$ 45,6 ^{a,b}	2089 $\pm$ 16,7 ^b	2699 $\pm$ 46,3 ^c	1717 $\pm$ 20,4 ^d	3025 $\pm$ 6,8 ^e	3124 $\pm$ 15,2 ^e	3010 $\pm$ 22,5 ^c	–	–	–
31,55 $\pm$ 4,5	Zn	34,80 $\pm$ 0,34 ^a	22,08 $\pm$ 0,2 ^b	28,25 $\pm$ 0,19 ^c	68,73 $\pm$ 0,19 ^d	62,77 $\pm$ 0,15 ^e	20,25 $\pm$ 0,2 ^f	4,76 $\pm$ 0,05 ^g	10,72 $\pm$ 0,06 ^h	<90	90 – 200	>200
3,42 $\pm$ 0,4	As	2,60 $\pm$ 0,02 ^a	1,55 $\pm$ 0,02 ^b	2,56 $\pm$ 0,03 ^a	7,07 $\pm$ 0,03 ^c	4,50 $\pm$ 0,02 ^d	3,95 $\pm$ 0,03 ^c	1,55 $\pm$ 0,02 ^b	3,62 $\pm$ 0,01 ^f	<3	3 – 8	>8
0,14 $\pm$ 0,0	Cd	0,150 $\pm$ <0,01 ^a	0,089 $\pm$ <0,01 ^b	0,133 $\pm$ <0,01 ^c	0,176 $\pm$ <0,01 ^d	0,241 $\pm$ <0,01 ^e	0,162 $\pm$ <0,01 ^f	0,072 $\pm$ <0,01 ^g	0,086 $\pm$ <0,01 ^b	–	–	>6
5,87 $\pm$ 0,6	Co	6,46 $\pm$ 0,04 ^a	3,77 $\pm$ 0,03 ^b	7,74 $\pm$ 0,02 ^c	11,08 $\pm$ 0,05 ^d	8,04 $\pm$ 0,06 ^e	6,27 $\pm$ 0,02 ^f	1,39 $\pm$ <0,01 ^g	2,18 $\pm$ 0,02 ^h	–	–	–
20,32 $\pm$ 3,7	Cr	13,16 $\pm$ 0,08 ^a	6,49 $\pm$ 0,05 ^b	28,80 $\pm$ 0,09 ^c	21,40 $\pm$ 0,05 ^d	12,10 $\pm$ 0,08 ^e	63,07 $\pm$ 0,53 ^f	8,16 $\pm$ 0,01 ^g	9,38 $\pm$ 0,02 ^h	–	–	–
0,07 $\pm$ 0,0	Hg	0,005 $\pm$ <0,01 ^a	0,002 $\pm$ <0,01 ^b	0,004 $\pm$ <0,01 ^{a,c}	0,009 $\pm$ <0,01 ^d	0,010 $\pm$ <0,01 ^d	0,015 $\pm$ <0,01 ^e	0,003 $\pm$ <0,01 ^{b,c}	0,010 $\pm$ <0,01 ^d	–	–	–
11,55 $\pm$ 2,0	Ni	7,74 $\pm$ 0,02 ^a	4,16 $\pm$ 0,02 ^b	19,58 $\pm$ 0,19 ^c	9,30 $\pm$ 0,01 ^d	6,62 $\pm$ 0,02 ^e	34,04 $\pm$ 0,19 ^f	2,75 $\pm$ 0,01 ^g	8,21 $\pm$ 0,06 ^h	<20	20 – 50	>50
22,48 $\pm$ 3,7	Pb	12,20 $\pm$ 0,01 ^a	7,05 $\pm$ 0,06 ^b	33,72 $\pm$ 0,22 ^c	50,71 $\pm$ 0,51 ^d	49,30 $\pm$ 0,2 ^e	13,86 $\pm$ 0,1 ^f	4,58 $\pm$ 0,02 ^g	8,45 $\pm$ 0,05 ^h	<40	40 – 60	>60

Yatay olarak farklı harflerle gösterilen üst simgeler düzeyler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (p<0,05).

4.13. Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.13 ve Şekil 4.12’de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.14’te verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen potasyum, magnezyum, fosfor, bakır, selenyum arasındaki ilişkilerin pozitif yönde; kalsiyum, sodyum, alüminyum, bor, kadmiyum, kobalt, krom, mangan, nikel, kurşun, silisyum, çinko arasındaki ilişkilerin ise negatif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. r örneklem korelasyon katsayısını, p ise ana kütle korelasyon katsayısını ifade eder ve anlamlılık değeri (p) hata payından ($p < 0,05$) düşük ise, korelasyon katsayısı anlamlı demektir. Ağırlık ile As arasında ise negatif yönlü ve anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ağırlık ile Hg arasında pozitif; Fe arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Yenilebilir kas dokudaki potasyum, magnezyum, fosfor, bakır, selenyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; kalsiyum, sodyum, alüminyum, bor, kadmiyum, kobalt, krom, mangan, nikel, kurşun, silisyum, çinko birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Şekil 14).

Mevcut çalışmada; kurşun ve silisyum arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; cıva ile kurşun arasında ise pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Kadmiyum ve cıva arasında tespit edilen pozitif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyon ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. Ek olarak; kurşun ve selenyum arasında negatif yönlü ve 0,01 düzeyinde anlamlı; cıva ile çinko arasında negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyonlarda ise bir değişkenin miktarındaki artış diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açmaktadır (Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Şekil 14).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile Mg ($r = +0,471$), Mg ile P ($r = +0,709$), P ile Mg ($r = +0,709$), Na ile B ($r =$

+0,785), B ile Na ($r = +0,785$), Al ile Fe ($r = +0,804$), Fe ile Al ($r = +0,804$), Cd ile Mn ($r = +0,814$), Mn ile Cd ($r = +0,814$), Co ile Ni ($r = +0,788$), Ni ile Co ($r = +0,788$), Ca ile Mn ($r = +0,793$), K ile Mg ($r = +0,629$), As ile Co ($r = +0,736$), Cr ile Si ($r = +0,562$), Cu ile Zn ($r = +0,414$), Hg ile Fe ($r = +0,564$), Pb ile Al ($r = +0,542$), Se ile Mg ($r = +0,424$), Si ile Al ($r = +0,654$), Zn ile Cd ($r = +0,784$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14).



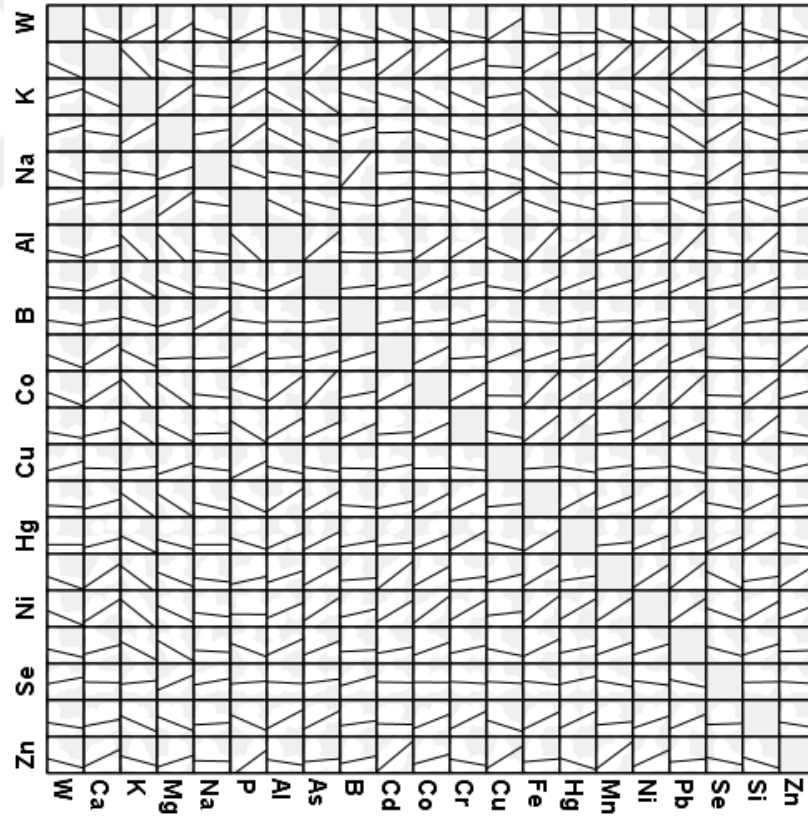
Tablo 4.13. Balık örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	-,397**	,369**	,471**	-,374**	,416**	-,229**	-,170*	-,296**	-,381**	-,388**	-,233**	,356**	-0,098	0,026	-,376**	-,456**	-,363**	,277**	-,247**	-,266**
Ca		1	-,646**	-,260**	0,073	0,093	,366**	,596**	,288**	,676**	,699**	,197*	0,022	,432**	,368**	,793**	,722**	,370**	-0,010	,324**	,551**
K			1	,629**	-0,102	,524**	-,737**	-,619**	-,273**	-,373**	-,696**	-,547**	0,121	-,696**	-,443**	-,590**	-,626**	-,596**	0,127	-,437**	-,192*
Mg				1	0,136	,709**	-,688**	-,380**	0,136	-0,015	-,484**	-,324**	,317**	-,583**	-,217**	-,306**	-,369**	-,536**	,424**	-,362**	0,151
Na					1	-,289**	-0,080	-0,021	,785**	0,114	-0,015	0,016	-0,140	-,243**	0,029	-0,042	-0,050	-0,025	,228**	,153*	0,075
P						1	-,620**	-,262**	-,205**	,206**	-,261**	-,398**	,471**	-,397**	-,244**	0,085	-0,084	-,391**	0,081	-,419**	,368**
Al							1	,582**	0,028	0,091	,677**	,482**	-,252**	,804**	,513**	,341**	,413**	,542**	-0,068	,654**	-0,098
As								1	,173*	,253**	,736**	,271**	-0,078	,532**	,447**	,429**	,476**	,330**	,159*	,491**	0,126
B									1	,251**	,215**	,239**	0,000	0,010	,163*	0,123	,226**	0,076	,180*	,198*	,218**
Cd										1	,525**	,157*	,288**	,293**	0,140	,814**	,622**	,226**	0,105	0,063	,784**
Co											1	,414**	0,029	,717**	,504**	,609**	,788**	,473**	0,007	,560**	,322**
Cr												1	-0,116	,499**	,523**	0,118	,501**	,251**	,188*	,562**	-0,145
Cu													1	0,112	-,154*	,193*	0,098	-,191*	0,011	-,230**	,414**
Fe														1	,564**	,498**	,590**	,450**	-0,091	,501**	0,116
Hg															1	0,139	,459**	,184*	,277**	,493**	-,193*
Mn																1	,655**	,430**	-,183*	,168*	,695**
Ni																	1	,384**	-0,142	,438**	,445**
Pb																		1	-,199**	,303**	0,044
Se																			1	0,104	-0,076
Si																				1	-0,140
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. – (eksi) değerler negatif korelasyon ilişkisini ifade etmektedir. N (eleman sayısı) 168'dir. (K için 145).

Tablo 4.14. Balık örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p<0,01$).

Pozitif	Negatif
W ile K, Mg, P, Cu, Se	W ile Ca, Na, Al, B, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Si
Ca ile Al, As, B, Cd, Co, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Zn	K ile Al, As, B, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si
Al ile As, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si	Mg ile Al, As, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si
As ile Cd, Co, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si	P ile Al, As, B, Co, Cr, Fe, Hg, Pb, Si
Co ile Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Si, Zn	Ca ile K, Mg
Cd ile Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn	Na ile P, Fe
B ile Cd, Co, Cr, Ni, Zn	Al ile Cu
Cr ile Fe, Hg, Ni, Pb, Si	Cu ile Si
Fe ile Hg, Mn, Ni, Pb, Si	Pb ile Se
Mg ile P, Cu, Se	
P ile Cd, Cu, Zn	
Hg ile Ni, Se, Si	
Mn ile Ni, Pb, Zn	
Ni ile Pb, Si, Zn	
K ile Mg, P	
Na ile B, Se	
Cu ile Zn	
Pb ile Si	



Şekil 4.12. Balık örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

4.13.1. Barbun (*Mullus barbatus*) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.16 ve Şekil 4.13’de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.15’te verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen potasyum, sodyum ve fosfor arasındaki ilişkilerin pozitif yönde; alüminyum, kadmiyum, krom ve demir arasındaki ilişkilerin ise negatif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir. Ağırlık ile Mg ve As arasında ise pozitif yönlü, Hg, Mn ve Zn ile negatif yönlü ve anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ağırlık ile Ca, B, Cu ve Se arasında pozitif; Co, Ni, Pb ve Si arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Yenilebilir kas dokudaki potasyum, sodyum, fosfor, magnezyum, arsenik, kalsiyum, bor, bakır ve selenyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; alüminyum, kadmiyum, krom, demir, cıva, mangan, çinko, kobalt, nikel, kurşun ve silisyum birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Şekil 4.13).

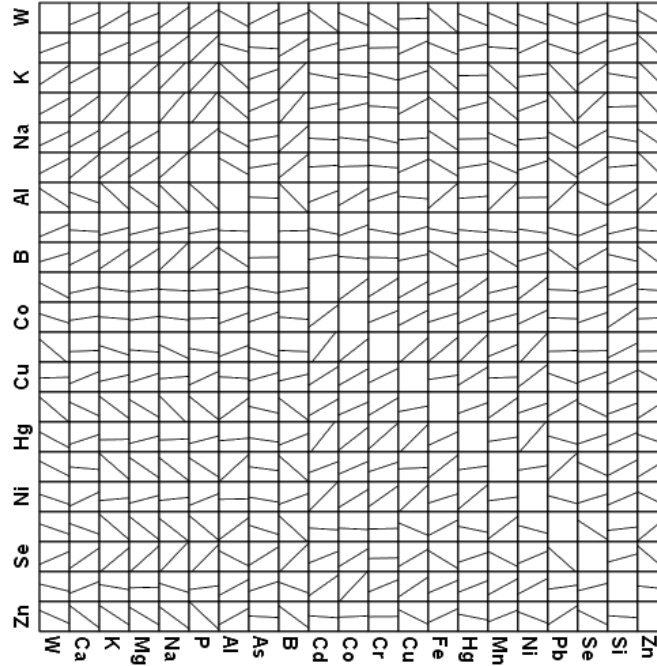
Mevcut çalışmada; kobalt ile kadmiyum; krom ile kadmiyum ve kobalt; cıva ile kadmiyum, kobalt ve krom arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Ek olarak; arsenik ile kobalt; kurşun ile krom arasında tespit edilen pozitif yönlü; arsenik ile kadmiyum, krom, cıva ve kurşun; kurşun ile kadmiyum, kobalt ve cıva arasındaki negatif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyonlar ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir (Tablo 4.15).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile K ($r = +0,620$), Ca ile P ($r = +0,861$), K ile Mg, P ve B ($r = +0,948$, $+0,858$, $+0,817$), Mg ile K, Na, P, B ve Se ($r = +0,948$, $+0,824$, $+0,883$, $+0,872$ ve $+0,912$), Na ile Mg, P ve B ($r = +0,824$, $+0,824$ ve $+0,910$), P ile Ca, K, Mg ve Na ($r = +0,861$, $+0,858$, $+0,883$ ve $+0,824$), Al ile Mn ve Pb ($r = +0,933$ ve $+0,832$), B ile K, Mg ve Na ($r = +0,817$, $+0,872$ ve $+0,910$), Cd ile Cr ve Ni ($r = +0,889$ ve $+0,869$),

Co ile Si ($r = +0,846$), Cr ile Cd, Hg ve Ni ($r = +0,889, +0,919, +0,866$), Cu ile Ni ($r = +0,837$), Hg ile Cd, Cr ve Ni ($r = +0,923, +0,919$ ve $+0,965$), Mn ile Al ve Pb ($r = +0,933$ ve $+0,833$), Ni ile Cd, Cr, Cu ve Hg ($r = +0,869, +0,866, +0,837$ ve $+0,965$) Pb ile Al ve Mn ($r = +0,832$ ve $+0,833$), Se ile Mg ($r = +0,912$), Si ile Co ($r = +0,846$), As ile Se ($r = +0,500$), Fe ile Al ($r = +0,789$), Zn ile Pb ($r = +0,728$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Barbun (*M. barbatus*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
W ile K, Na, P	W ile Al, Cd, Cr, Fe,
Ca ile Mg, Na, P, B, Se	K ile Al, Fe, Mn, Pb, Zn
K ile Mg, Na, P, B, Se	Mg ile Al, Fe, Mn, Pb, Zn
Al ile Fe, Mn, Pb, Si, Zn	Na ile Al, Fe, Mn, Pb, Zn
Cd ile Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Si	P ile Al, Fe, Mn, Pb, Zn
Co ile Cr, Cu, Hg, Ni, Si	B ile Fe, Mn, Pb, Zn
Mg ile Na, P, B, Se	Ca ile Zn
Cr ile Cu, Fe, Hg, Ni	Al ile B
Na ile P, B, Se	Fe ile Se
Cu ile Hg, Ni, Si	Pb ile Se
Fe ile Mn, Pb, Zn	Se ile Zn
P ile B, Se	
Mn ile Pb, Si	
B ile Se	
Hg ile Ni	
Pb ile Zn	



Şekil 4.13. Barbun (*M. barbatus*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.16. Barbun (*M. barbatus*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	0,397	,620**	,473*	,585**	,597**	-,595**	,463*	0,344	-,620**	-0,372	-,705**	0,030	-,840**	-,468*	-,481*	-0,348	-0,361	0,382	-0,229	-,506*
Ca		1	,490*	,585**	,647**	,861**	-0,324	-0,055	,556**	0,244	0,165	0,031	,432*	-,434*	0,277	-0,078	,467*	-0,350	,576**	0,351	-,823**
K			1	,948**	,787**	,858**	-,900**	0,301	,817**	-0,150	-0,094	-0,284	0,264	-,783**	0,018	-,862**	0,097	-,932**	,772**	-0,166	-,801**
Mg				1	,824**	,883**	-,773**	0,323	,872**	0,138	0,171	-0,069	,411*	-,679**	0,260	-,741**	0,315	-,922**	,912**	0,025	-,799**
Na					1	,824**	-,727**	0,192	,910**	-0,056	-0,113	-0,323	0,075	-,810**	0,030	-,601**	0,087	-,664**	,760**	-0,241	-,705**
P						1	-,710**	0,165	,795**	0,057	0,033	-0,118	,450*	-,682**	0,200	-,532**	0,357	-,747**	,774**	0,105	-,954**
Al							1	-0,032	-,809**	0,306	,459*	0,348	-0,070	,789**	0,083	,933**	0,019	,832**	-,495*	,544**	,702**
As								1	0,021	-0,186	0,353	-0,235	0,280	-0,207	-0,114	-0,113	-0,159	-0,292	,500*	0,281	-0,055
B									1	0,159	-0,081	-0,032	0,229	-,647**	0,301	-,706**	0,329	-,812**	,743**	-0,293	-,741**
Cd										1	,745**	,889**	,593**	,472*	,923**	0,299	,869**	-0,052	0,298	,551**	-0,070
Co											1	,563**	,541**	0,369	,588**	0,349	,539**	-0,041	,462*	,846**	0,044
Cr												1	,649**	,698**	,919**	0,367	,866**	0,026	0,023	,455*	0,012
Cu													1	0,171	,777**	0,040	,837**	-0,386	,466*	,557**	-,510*
Fe														1	,407*	,740**	0,326	,546**	-,542**	0,401	,549**
Hg															1	0,143	,965**	-0,241	0,338	,416*	-0,264
Mn																1	0,143	,833**	-,486*	,537**	,493*
Ni																	1	-0,272	0,362	,476*	-,436*
Pb																		1	-,762**	0,127	,728**
Se																			1	0,268	-,647**
Si																				1	-0,085
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.13.2. Çinekop (*Pomatomus saltatrix*) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.18 ve Şekil 4.14'de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.17'de verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen cıva, kurşun ve selenyum arasındaki ilişkilerin pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ağırlık ile krom arasında ise negatif yönlü ve anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ağırlık ile Ca, As ve Si arasında pozitif; K, Mg, Na, P, Al, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Yenilebilir kas dokudaki cıva, kurşun, selenyum, kalsiyum, arsenik, silisyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; krom, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor, alüminyum, bor, kadmiyum, kobalt, bakır, demir, mangan, nikel ve çinko birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.17, Tablo 4.18 ve Şekil 4.14).

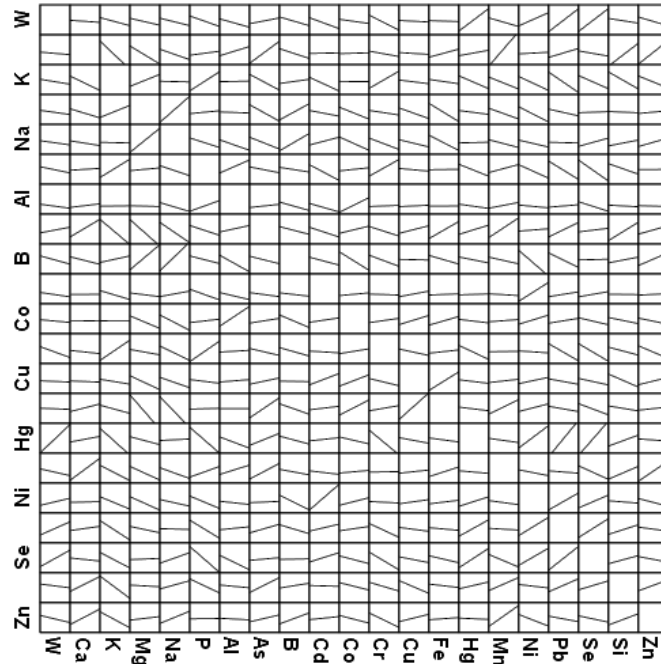
Mevcut çalışmada; kurşun ile cıva arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; arsenik ile cıva arasında pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Krom ile cıva ve kurşun arasında negatif yönlü ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar ise bir değişkenin miktarındaki artışın diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ek olarak; arsenik ile kurşun; kadmiyum ile kobalt ve krom; kobalt ile krom ve kurşun arasında tespit edilen pozitif yönlü; arsenik ile kadmiyum, kobalt ve krom; kadmiyum ile cıva ve kurşun; kobalt ile cıva arasındaki negatif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyonlar ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir (Tablo 4.17).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile Hg ($r = +0,852$), Ca ile Mn ($r = +0,922$), Cd ile Ni ($r = +0,866$), Hg ile Se ($r = +0,861$), Mn ile Ca ($r = +0,922$), Ni ile Cd ($r = +0,866$), Se ile Hg ($r = +0,861$), K ile P ($r = +0,628$), P ile K ($r = +0,628$), Mg ile Na ($r = +0,773$), Na ile Mg ($r = +0,773$),

Al ile Co ($r = +0,630$), As ile Ca ($r = +0,706$), B ile Na ($r = +0,748$), Co ile Al ($r = +0,630$), Cr ile K ($r = +0,626$), Cu ile Cd ($r = +0,531$), Fe ile Cu ($r = +0,756$), Pb ile Hg ($r = +0,739$), Si ile As ($r = +0,661$), Zn ile Mn ($r = +0,702$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Çinekop (*P. saltatrix*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
W ile Hg, Pb, Se	Ca ile K
Ca ile As, Mn, Si, Zn	K ile As, Hg, Pb, Si
K ile P, Cr	Mg ile Cu, Fe, Ni
Mg ile Na, B	Cr ile Hg, Pb, Se
As ile Mn, Si	P ile Hg, Se
Cd ile Cu, Ni	B ile Co, Ni
Hg ile Pb, Se	Na ile Fe
Na ile B	Cu ile Si
P ile Al	
Al ile Co	
Cu ile Fe	
Mn ile Zn	
Pb ile Se	



Şekil 4.14. Çinekop (*P. saltatrix*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.18. Çinekop (*P. saltatrix*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	0,014	-0,212	-0,014	-0,107	-0,231	-0,125	0,289	-0,100	-0,373	-0,226	-,487*	-0,236	-0,164	,852**	-0,185	-0,009	,564**	,645**	0,091	-0,213
Ca		1	-,677**	-0,351	-0,171	-0,052	-0,063	,706**	-0,124	-0,043	-0,184	-0,159	-0,148	0,220	0,276	,922**	-0,057	0,156	-0,032	,656**	,662**
K			1	0,402	-0,022	,628**	0,016	-,669**	0,176	-0,372	-0,005	,626**	-0,143	-0,200	-,624**	-,453*	-0,442	-,668**	-,479*	-,652**	-,467*
Mg				1	,773**	0,227	0,234	-,498*	,631**	-,457*	-0,280	-0,291	-,519**	-,882**	-0,099	-0,342	-,625**	-0,077	0,028	0,065	0,043
Na					1	-0,301	-0,231	-0,391	,748**	0,034	-,456*	-,446*	-0,338	-,666**	0,089	-0,267	-0,274	-0,012	0,333	0,285	0,347
P						1	,591**	-0,330	-0,236	-,417*	0,301	,461*	-0,092	-0,161	-,577**	0,189	-0,379	-,418*	-,747**	-,440*	-0,099
Al							1	-0,089	-0,344	-0,394	,630**	-0,062	-0,011	-0,280	-0,276	0,052	-0,234	0,219	-0,401	-0,263	-0,188
As								1	-0,035	-0,261	-0,108	-0,309	-0,009	,431*	,449*	,608**	-0,128	0,308	0,200	,661**	0,307
B									1	-0,309	-,591**	-0,381	-0,227	-0,343	-0,055	-0,106	-,650**	-0,333	0,109	0,382	,415*
Cd										1	0,150	0,218	,531**	,431*	-0,091	-0,088	,866**	-0,014	0,110	-0,247	0,077
Co											1	0,188	,415*	0,242	-0,321	-0,061	0,306	0,180	-0,325	-,485*	-0,302
Cr												1	0,000	0,274	-,618**	-0,012	0,193	-,523**	-,546**	-0,334	-,405*
Cu													1	,756**	-0,272	0,022	,477*	-0,189	-0,251	-,564**	0,167
Fe														1	-0,149	0,332	,449*	-0,219	-0,232	-0,183	0,125
Hg															1	-0,034	0,185	,739**	,861**	,430*	0,009
Mn																1	-0,168	-0,084	-0,362	,453*	,702**
Ni																	1	0,306	0,284	-0,327	-0,220
Pb																		1	,634**	0,267	-0,187
Se																			1	0,370	-0,126
Si																				1	0,394
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.13.3. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*, L., 1758) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.20 ve Şekil 4.15’de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.19’da verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen bakır ve demir arasındaki ilişkilerin negatif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ağırlık ile cıva ve mangan arasında pozitif yönlü; silisyum arasında ise negatif yönlü ve anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ağırlık ile Mg, Na, As, B, Cd, Pb ve Se arasında pozitif; Ca, K, P, Co, Cr, Ni ve Zn arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Yenilebilir kas dokudaki cıva, mangan, magnezyum, sodyum, arsenik, bor, kadmiyum, kurşun ve selenyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; bakır, demir, silisyum, kalsiyum, potasyum, fosfor, kobalt, krom, nikel ve çinko birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.19, Tablo 4.20 ve Şekil 4.15).

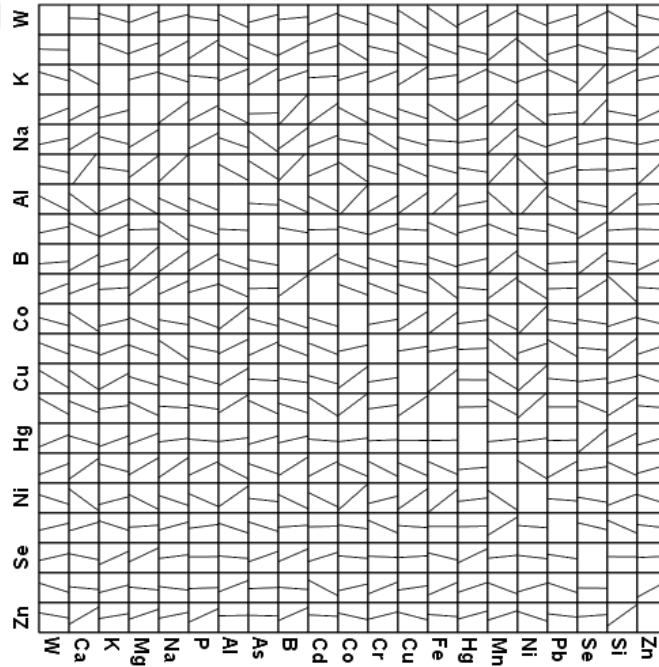
Mevcut çalışmada; arsenik ile krom arasında pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Krom ile kurşun arasında negatif yönlü ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar ise bir değişkenin miktarındaki artışın diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ek olarak; arsenik ile kadmiyum ve cıva; kadmiyum ile kurşun; kobalt ile krom ve cıva; cıva ile kurşun arasında tespit edilen pozitif yönlü; arsenik ile kobalt ve kurşun; kadmiyum ile kobalt, krom ve cıva; kobalt ile kurşun arasındaki negatif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyonlar ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. (Tablo 4.19).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile Hg ($r = +0,459$), Ca ile P ($r = +0,896$), P ile Ca ($r = +0,896$), Mg ile B ($r = +0,934$), B ile Mg ($r = +0,934$), Al ile Co ve Ni ($r = +0,895$ ve $+0,868$), Co ile Al ve Ni ($r = +0,895$ ve $+0,928$), Fe ile Ni ($r = +0,827$), Ni ile Al, Co ve Fe ($r = +0,868$,

+0,928 ve +0,827), K ile Se ($r = +0,671$), Na ile Mn ($r = +0,761$), As ile K ($r = +0,493$), Cd ile Mg ($r = +0,683$), Cr ile Si ($r = +0,528$), Cu ile Ni ($r = +0,785$), Hg ile Se ($r = +0,619$), Mn ile Na ($r = +0,761$), Pb ile Mn ($r = +0,585$), Se ile Mg ($r = +0,694$), Si ile Zn ($r = +0,624$), Zn ile P ($r = +0,646$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Hamsi (*E. encrasicolus*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
Ca ile Na, P, B, Mn, Zn	W ile Cu, Fe
Mg ile Na, P, B, Cd, Mn, Se	Ca ile Al, Co, Cu, Ni
Al ile Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Si	Mg ile Al, Fe, Ni
Na ile P, B, Mn	Cd ile Fe, Ni, Si
P ile B, Mn, Zn	Na ile As, Cr
B ile Cd, Mn, Se	P ile Ni
Co ile Cu, Fe, Ni	Al ile Mn
K ile Cu, Se	Cr ile Mn
Cu ile Fe, Ni	Cu ile Mn
Fe ile Ni, Si	Mn ile Ni
Cd ile Mn	
Cr ile Si	
Hg ile Se	
Mn ile Pb	
Si ile Zn	



Şekil 4.15. Hamsi (*E. encrasicolus*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.20. Hamsi (*E. encrasicolus*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	-0,031	-0,295	0,385	0,232	-0,176	-,479*	0,240	0,087	0,381	-0,305	-0,386	-,620**	-,612**	,459*	,454*	-0,371	0,276	0,336	-,418*	-0,201
Ca		1	-,446*	,429*	,565**	,896**	-,596**	-,428*	,523**	0,327	-,624**	-0,275	-,597**	-0,377	-0,295	,743**	-,743**	0,297	-0,258	-0,110	,576**
K			1	0,267	-0,283	-0,113	,413*	,493*	0,303	0,064	0,269	0,385	,588**	0,135	,415*	-0,337	0,312	-0,387	,671**	0,354	0,195
Mg				1	,663**	,630**	-,523**	0,025	,934**	,683**	-,470*	-0,372	-0,321	-,523**	,427*	,712**	-,607**	0,082	,694**	-0,135	0,398
Na					1	,696**	-0,396	-,691**	,717**	,426*	-0,176	-,621**	-0,286	-0,066	0,130	,761**	-0,365	0,295	0,169	-0,147	0,215
P						1	-,470*	-,460*	,763**	0,347	-,503*	-0,254	-0,340	-0,210	-0,112	,696**	-,620**	0,184	0,014	0,058	,646**
Al							1	-0,047	-0,397	-,475*	,895**	,524**	,649**	,717**	0,150	-,668**	,868**	-,410*	-0,127	,544**	0,020
As								1	-0,181	0,016	-0,259	,413*	-0,057	-,448*	0,281	-0,378	-0,117	-0,330	,452*	0,049	-0,024
B									1	,673**	-0,349	-0,346	-0,142	-0,337	0,238	,698**	-,511*	0,071	,571**	-0,093	,462*
Cd										1	-0,337	-0,390	-0,290	-,699**	-0,085	,618**	-,556**	0,026	,446*	-,688**	-0,053
Co											1	0,200	,693**	,748**	0,123	-,475*	,928**	-0,136	-0,118	0,273	-0,233
Cr												1	0,157	0,154	0,042	-,616**	0,293	-,498*	-0,061	,528**	0,288
Cu													1	,729**	-0,008	-,528**	,785**	-0,078	0,083	0,187	-0,292
Fe														1	0,018	-,485*	,827**	-0,001	-0,317	,522**	-0,077
Hg															1	0,092	0,123	0,019	,619**	0,401	0,283
Mn																1	-,644**	,585**	0,120	-,416*	0,302
Ni																	1	-0,077	-0,142	0,340	-0,321
Pb																		1	-0,188	-0,385	-0,114
Se																			1	-0,009	0,061
Si																				1	,624**
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.13.4. İstavrit (*Trachurus trachurus*, L., 1758) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.22 ve Şekil 4.16'da, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.21'de verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen cıva arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; kobalt ve mangan arasında ise negatif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ağırlık ile kalsiyum, fosfor, krom ve nikel arasında ise negatif yönlü ve anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ağırlık ile K, Mg, Na, Al, As, B, Pb ve Se arasında pozitif; Cd, Cu, Fe, Si ve Zn arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Yenilebilir kas dokudaki cıva, fosfor, magnezyum, sodyum, alüminyum, arsenik, bor, kurşun ve selenyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; kobalt, mangan, kalsiyum, fosfor, krom, nikel, kadmiyum, bakır, demir, silisyum ve çinko birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.21, Tablo 4.22 ve Şekil 4.16).

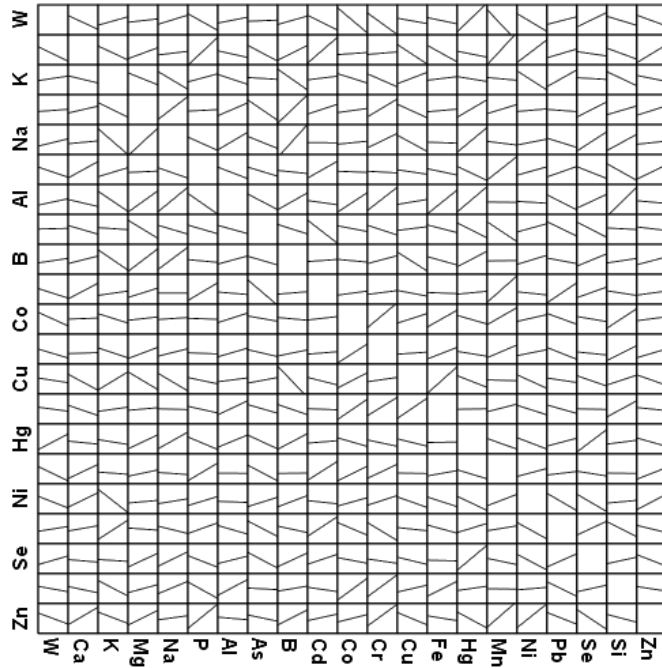
Mevcut çalışmada; kadmiyum ile kurşun; kobalt ile krom arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Arsenik ile kadmiyum arasında negatif yönlü ve 0,01 düzeyinde anlamlı; arsenik ile cıva ve kurşun; krom ile kurşun arasında negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyonlar ise bir değişkenin miktarındaki artışın diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ek olarak; kadmiyum ile kobalt, krom ve cıva; cıva ile kurşun arasında tespit edilen pozitif yönlü; arsenik ile kobalt ve krom; kobalt ile cıva ve kurşun; krom ile cıva arasındaki negatif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyonlar ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. (Tablo 4.21).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile Hg ($r = +0,712$), Mg ile Na ve B ($r = +0,841$ ve $+0,848$), Na ile Mg ve B ($r = +0,841$ ve $+0,912$), B ile Mg ve Na ($r = +0,848$ ve $+0,912$), Ca ile P ($r = +0,722$), K

ile Pb ($r = +0,602$), P ile Ca ($r = +0,722$), Al ile Si ($r = +0,715$), Si ile Al ($r = +0,715$), As ile Ni ($r = +0,297$), Cd ile Mn ($r = +0,750$), Co ile Cr ($r = +0,731$), Cr ile Co ($r = +0,731$), Cu ile Fe ($r = +0,781$), Fe ile Cu ($r = +0,781$), Hg ile Se ($r = +0,795$), Se ile Hg ($r = +0,795$), Mn ile Ca ($r = +0,714$), Ni ile Zn ($r = +0,645$), Zn ile Ni ($r = +0,645$), Pb ile Cd ($r = +0,665$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.21).

Tablo 4.21. İstavrit (*T. trachurus*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
W ile Hg	W ile Co, Mn
Ca ile P, Cd, Mn, Ni, Zn	K ile Na, B, Ni
Mg ile Na, Al, B, Hg	As ile Cd, Mn, Se
Na ile Al, B, Hg, Se	Mg ile As, Cu
Co ile Cr, Fe, Mn, Si	Ni ile Pb, Se
P ile Cd, Mn, Zn	P ile Al, Si
Al ile Fe, Hg, Si	Ca ile Cu
Cd ile Mn, Pb	Na ile Cu
K ile Pb	B ile Cu
B ile Hg	
Cr ile Si	
Cu ile Fe	
Fe ile Si	
Hg ile Se	
Mn ile Zn	
Ni ile Zn	



Şekil 4.16. İstavrit (*T. trachurus*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.22. İstavrit (*T. trachurus*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	-,474*	0,205	0,093	0,273	-,435*	0,205	0,030	0,205	-0,398	-,616**	-,465*	-0,167	-0,169	,712**	-,716**	-,484*	0,204	0,373	-0,233	-0,366
Ca		1	-0,336	0,293	0,107	,722**	-0,228	-0,393	0,353	,676**	0,050	0,053	-,591**	-,437*	-0,143	,714**	,604**	0,230	-0,111	-0,278	,595**
K			1	-,442*	-,719**	0,286	-,474*	-0,064	-,691**	0,134	-0,315	-0,381	,480*	0,131	-0,163	-0,084	-,707**	,602**	-0,059	-,494*	-0,277
Mg				1	,841**	0,048	,553**	-,645**	,848**	0,322	0,127	,474*	-,520**	0,090	,528**	0,255	0,089	-0,074	,489*	0,282	0,396
Na					1	-0,392	,696**	-0,347	,912**	-0,005	0,083	0,347	-,566**	-0,031	,681**	-0,092	0,179	-0,277	,563**	,476*	0,120
P						1	-,516**	-0,298	-0,099	,581**	-0,037	-0,047	-0,179	-0,217	-,448*	,685**	0,290	0,353	-0,393	-,558**	,628**
Al							1	-0,383	0,393	-0,107	,458*	,476*	0,147	,618**	,590**	-0,009	-0,048	-0,385	0,342	,715**	-0,089
As								1	-0,306	-,810**	-0,184	-0,276	0,154	-0,273	-,482*	-,588**	0,297	-,497*	-,519**	-0,052	-0,160
B									1	0,078	-0,093	0,234	-,810**	-0,310	,525**	0,014	0,339	-0,201	,436*	0,159	0,365
Cd										1	0,125	0,104	-0,218	-0,037	0,091	,750**	-0,107	,665**	0,345	-0,150	0,176
Co											1	,731**	,406*	,619**	-0,289	,528**	0,254	-0,394	-0,181	,694**	0,183
Cr												1	0,101	,490*	-0,186	,448*	0,255	-,490*	-0,121	,608**	,464*
Cu													1	,781**	-0,309	-0,021	-0,400	-0,129	-0,291	0,274	-0,381
Fe														1	0,017	0,215	-0,325	-0,278	-0,022	,520**	-0,130
Hg															1	-0,328	-,425*	0,285	,795**	0,137	-0,392
Mn																1	0,319	0,142	-0,184	-0,014	,582**
Ni																	1	-,566**	-,552**	0,088	,645**
Pb																		1	,453*	-,494*	-0,310
Se																			1	0,220	-,508*
Si																				1	-0,201
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.13.5. Kefal (*Mugil cephalus*) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.24 ve Şekil 4.17’de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.23’te verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen mangan ve silisyum arasında negatif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$). Ağırlık ile kalsiyum, magnezyum ve alüminyum arasında ise negatif yönlü ve anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ağırlık ile B ve Hg arasında pozitif; K, Na, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Se ve Zn arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$). Yenilebilir kas dokudaki bor ve cıva birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; mangan, silisyum, kalsiyum, manganez, alüminyum, potasyum, sodyum, arsenik, kadmiyum, kobalt, krom, bakır, demir, nikel, kurşun, selenyum ve çinko birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.23, Tablo 4.24 ve Şekil 4.17).

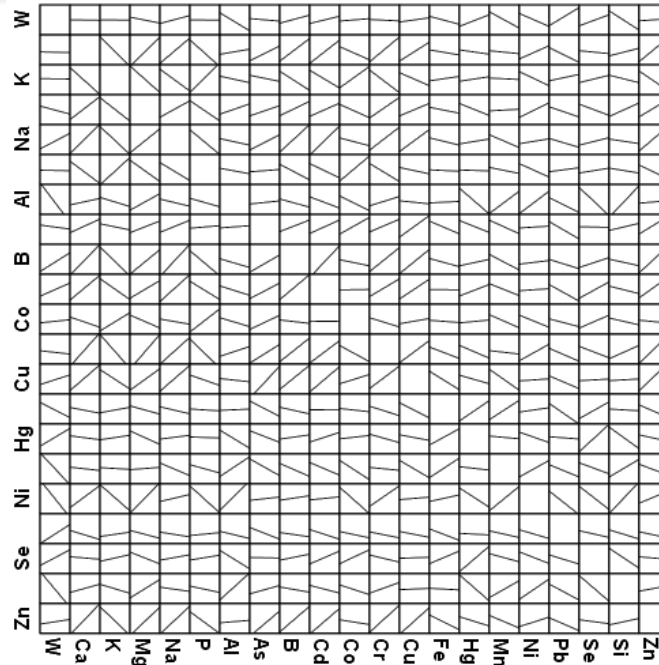
Mevcut çalışmada; arsenik ile kadmiyum ve krom; kadmiyum ile krom ve cıva arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; arsenik ile kobalt ve cıva arasında pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artış ifade etmektedir. Arsenik ile kurşun arasında negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyonlar ise bir değişkenin miktarındaki artışın diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ek olarak; kadmiyum ile kobalt; krom ile cıva arasında tespit edilen pozitif yönlü; kadmiyum ile kurşun; kobalt ile krom, cıva ve kurşun; krom ile kurşun; cıva ile kurşun arasındaki negatif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyonlar ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. (Tablo 4.23).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile P ($r = +0,410$), Ca ile Na ve Zn ($r = +0,846$ ve $+0,864$), K ile P ($r = +0,950$), Na ile Ca, B ve Zn ($r = +0,846$, $+0,963$, $+0,874$), P ile K ($r = +0,950$), Al ile Si ($r = +0,829$), Si ile Al ($r = +0,829$), As ile Cd ($r = +0,817$), B ile Na ve Zn ($r = +0,963$ ve

+0,850), Cd ile As, Cr ve Se ($r = +0,817$, $+0,852$ ve $+0,942$), Cr ile Cd ($r = +0,852$), Cu ile Ca ve Zn ($r = +0,824$ ve $+0,890$), Se ile Cd ($r = +0,942$), Zn ile Ca, Na, B ve Cu ($r = +0,864$, $+0,874$, $+0,850$ ve $+0,890$), Mg ile Cr ($r = +0,771$), Co ile K ($r = +0,662$), Fe ile Ni ($r = +0,449$), Hg ile Se ($r = +0,641$), Mn ile Se ($r = +0,695$), Ni ile Si ($r = +0,783$), Pb ile K ($r = +0,177$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.23).

Tablo 4.23. Kefal (*M. cephalus*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
Ca ile Mg, Na, B, Cr, Cu, Ni, Zn	W ile Mn, Si
Mg ile Cd, Ni, Si, Zn	K ile Mg, Na, B, Cr, Zn
As ile Cd, Cr, Cu, Se	Ca ile K, P
Cd ile Cr, Hg, Mn, Se	Mg ile P
Na ile B, Cu, Zn	Na ile P
Cr ile Ni, Se, Zn	
Al ile Ni, Si	
B ile Cu, Zn	
K ile P	
P ile Co	
Co ile Cu	
Cu ile Zn	
Hg ile Se	
Mn ile Se	
Ni ile Si	



Şekil 4.17. Kefal (*M. cephalus*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.24. Kefal (*M. cephalus*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	-,450*	-0,009	-,455*	-0,129	,410*	-,452*	-0,167	0,116	-0,280	-0,101	-0,169	-0,336	-0,257	0,331	-,553**	-0,299	-0,087	-0,300	-,649**	-0,066
Ca		1	-,942**	,735**	,846**	-,650**	0,208	,412*	,711**	,433*	0,097	,666**	,824**	0,175	-0,290	0,121	,666**	-0,158	0,180	,508*	,864**
K			1	-,834**	-,825**	,950**	-0,258	-0,205	-,785**	-,647*	,662*	-,925**	-0,532	0,165	0,150	-0,052	-,644*	0,177	0,235	-0,275	-,805**
Mg				1	,469*	-,573**	,420*	,504*	0,344	,589**	-0,215	,771**	,464*	-0,105	0,111	,502*	,523**	-0,155	0,377	,573**	,519**
Na					1	-,621**	-0,121	0,154	,963**	0,164	0,033	0,391	,764**	0,011	-0,296	-0,306	0,284	-0,096	-0,073	0,046	,874**
P						1	-0,342	0,148	-,508*	-0,116	,616**	-0,332	-0,213	0,005	0,142	-0,258	-0,337	-0,067	0,045	-0,261	-0,399
Al							1	0,086	-0,188	-0,094	-0,300	0,145	-0,037	0,091	-0,139	,483*	,526**	-,425*	-0,160	,829**	0,064
As								1	0,118	,817**	,426*	,794**	,563**	-0,071	,414*	0,393	0,286	-,407*	,719**	0,349	,442*
B									1	0,064	0,011	0,315	,671**	-0,048	-0,194	-,450*	0,173	-0,203	-0,167	-0,112	,850**
Cd										1	0,153	,852**	0,360	0,047	,564**	,639**	0,238	-0,127	,942**	0,180	0,236
Co											1	-0,018	,521**	0,344	-0,264	-0,260	0,090	-0,170	0,198	0,095	0,221
Cr												1	,514*	-0,108	0,375	,485*	,521**	-0,192	,645**	0,386	,566**
Cu													1	0,000	-0,380	-0,190	0,400	-0,117	0,149	0,355	,890**
Fe														1	-0,157	0,214	,449*	-0,404	0,137	0,235	-0,064
Hg															1	,470*	-0,304	-0,310	,641**	-0,339	-0,301
Mn																1	0,306	-0,156	,695**	,491*	-0,275
Ni																	1	-0,272	0,040	,783**	,506*
Pb																		1	-0,108	-0,274	-0,243
Se																			1	0,059	-0,052
Si																				1	0,308
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.13.6. Mezgit (*Merlangius merlangus*) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.26 ve Şekil 4.18'de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.25'te verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen bakır arasında negatif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ağırlık ile kadmiyum arasında ise negatif yönlü ve anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ağırlık ile Al, As, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se ve Si arasında pozitif; Ca, K, Mg, Na, P, B, Co ve Zn arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Yenilebilir kas dokudaki alüminyum, arsenik, krom, demir, cıva, mangan, nikel, kurşun, selenyum ve silisyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; bakır, kadmiyum, kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor, bor, kobalt ve çinko birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.25, Tablo 4.26 ve Şekil 4.18).

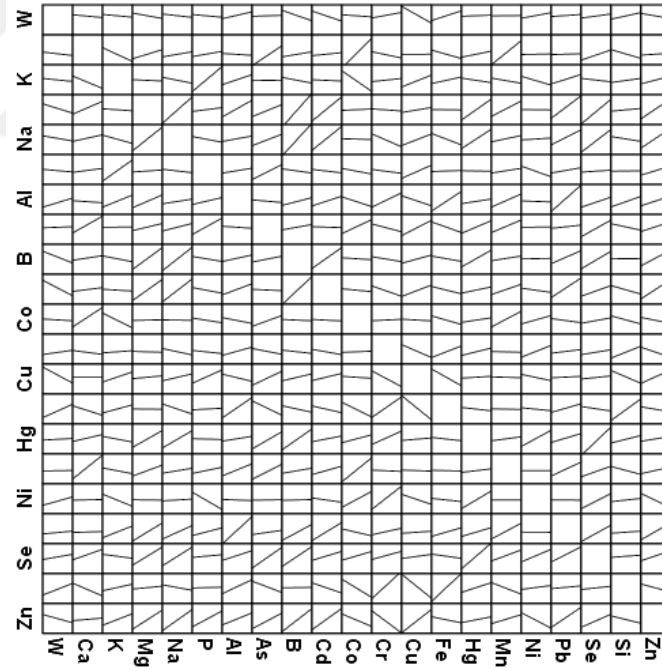
Mevcut çalışmada; kadmiyum ile kurşun arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; arsenik ile kobalt ve cıva arasında pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Ek olarak; krom ile kobalt; cıva ile kadmiyum, kobalt ve krom; kurşun ile arsenik, krom ve cıva arasında tespit edilen pozitif yönlü; arsenik ile kadmiyum ve krom; kadmiyum ile kobalt ve krom; kobalt ile kurşun arasındaki negatif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyonlar ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. (Tablo 4.25).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile Fe ($r = +0,382$), Ca ile Co ve Mn ($r = +0,809$ ve $+0,800$), Mg ile Na ve B ($r = +0,841$ ve $+0,907$), Na ile Mg ve B ($r = +0,841$ ve $+0,927$), Al ile Pb ($r = +0,897$), Pb ile Al ($r = +0,897$), B ile Mg, Na ve Cd ($r = +0,907$, $+0,927$ ve $+0,815$), Cd ile B ($r = +0,815$), Co ile Ca ($r = +0,809$), Fe ile Si ($r = +0,822$), Si ile Fe ($r = +0,822$), Hg ile Se ($r = +0,905$), Se ile Hg ($r = +0,905$), Mn ile Ca ($r = +0,800$), K ile P ($r = +0,769$), P ile K ($r = +0,769$), As ile Se ($r = +0,625$), Cr ile Si ($r = +0,606$), Cu ile Zn ($r =$

+0,597), Ni ile Hg ($r = +0,567$), Zn ile Na ($r = +0,689$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.25).

Tablo 4.25. Mezgit (*M. merlangus*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
Mg ile Na, B, Cd, Hg, Pb, Se, Zn	W ile Cu
Na ile B, Cd, Hg, Se, Zn	Cu ile Fe, Si
B ile Cd, Hg, Se, Zn	K ile Co
Ca ile As, Co, Mn	
Cr ile Fe, Ni, Si	
Al ile Fe, Pb	
Cd ile Pb, Zn	
Hg ile Ni, Se	
Pb ile Se, Zn	
K ile P	
P ile As	
As ile Se	
Co ile Mn	
Cu ile Zn	



Şekil 4.18. Mezgit (*M. merlangus*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.26. Mezgit (*M. merlangus*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	-0,105	-0,097	-0,237	-0,139	-0,090	0,264	0,035	-0,371	-,421*	-0,064	0,164	-,550**	0,382	0,047	0,012	0,228	0,082	0,155	0,293	-0,217
Ca		1	-,437*	0,364	0,195	0,154	-0,067	,613**	0,162	0,113	,809**	-0,167	0,002	-0,302	0,218	,800**	0,018	0,028	0,347	-0,355	0,076
K			1	-0,055	-0,236	,769**	0,370	0,011	-0,194	-0,051	-,584**	0,089	0,368	0,244	-0,170	-0,183	-0,345	0,353	-0,124	0,177	0,321
Mg				1	,841**	0,094	,493*	0,312	,907**	,762**	0,032	-0,047	0,124	-0,012	,629**	,438*	-0,011	,677**	,711**	0,094	,658**
Na					1	-0,148	0,169	0,312	,927**	,786**	-0,019	-0,306	0,301	-0,360	,614**	0,188	0,060	,478*	,694**	-0,173	,689**
P						1	0,197	,524**	-0,153	-0,149	-0,172	-0,118	,444*	0,045	-0,025	0,180	-,453*	0,215	0,079	0,019	,406*
Al							1	-0,078	0,237	0,350	-0,253	0,368	-0,286	,670**	0,158	,423*	-0,036	,897**	0,334	,405*	0,365
As								1	0,188	-0,036	,414*	-0,227	,490*	-,414*	,496*	,462*	0,012	0,124	,625**	-0,288	,413*
B									1	,815**	-0,053	-0,136	0,255	-0,197	,628**	0,165	0,023	,485*	,628**	0,011	,639**
Cd										1	-0,070	-0,252	0,306	-0,238	0,202	0,313	-0,144	,632**	0,330	-0,313	,685**
Co											1	0,044	-0,059	-0,378	0,201	,652**	0,388	-0,179	0,233	-,408*	-0,292
Cr												1	-,480*	,520**	0,335	-0,035	,555**	0,165	0,213	,606**	-,509*
Cu													1	-,674**	0,071	-0,031	-0,269	0,057	0,121	-,586**	,597**
Fe														1	-0,114	-0,023	-0,105	0,290	-0,148	,822**	-0,187
Hg															1	0,126	,567**	0,297	,905**	0,284	0,180
Mn																1	-0,003	,497*	0,365	-0,321	0,260
Ni																	1	-0,007	,464*	0,120	-,504*
Pb																		1	,529**	0,080	,622**
Se																			1	0,089	0,388
Si																				1	-0,257
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.13.7. Palamut (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

Balık dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları ile balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.28 ve Şekil 4.18'de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.27'de verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen arsenik ve selenyum arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ağırlık ile cıva arasında ise pozitif yönlü; çinko ile negatif yönlü ve anlamlı korelasyonlar olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ağırlık ile Mg, B, Co, Cr, Cu, Fe, Ni ve Si arasında pozitif; K, Na, P, Al, Mn ve Pb arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Yenilebilir kas dokudaki arsenik, selenyum, cıva, magnezyum, bor, kobalt, krom, bakır, demir, nikel ve silisyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; çinko, potasyum, sodyum, alüminyum, mangan ve kurşun birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Tablo 4.27, Tablo 4.28 ve Şekil 4.18).

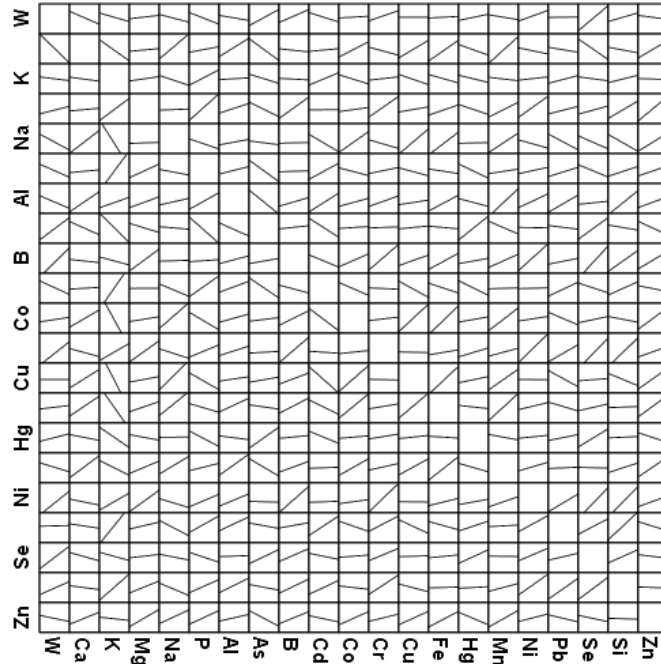
Mevcut çalışmada; arsenik ile cıva; kurşun ile kadmiyum ve krom arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Kadmiyum ile cıva arasında negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyonlar ise bir değişkenin miktarındaki artışın diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ek olarak; arsenik ile kobalt, krom ve kurşun; kadmiyum ile krom; kobalt ile krom, cıva ve kurşun; krom ile cıva; cıva ile kurşun arasında tespit edilen pozitif yönlü; arsenik ile kadmiyum; kadmiyum ile kobalt arasındaki negatif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyonlar ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. (Tablo 4.27).

Metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların W ile As ($r = +0,636$), Ca ile Mn ($r = +0,846$), K ile P ($r = +0,832$), Mg ile P ($r = +0,813$), Na ile Cu ($r = +0,809$), P ile K ($r = +0,832$), B ile Cr ve Ni ($r = +0,871$ ve $+0,888$), Co ile Cu ve Fe ($r = +0,916$ ve $+0,903$), Cr ile B ve Ni ($r = +0,871$ ve $+0,951$), Cu ile Na, Co ve Fe ($r = +0,809$, $+0,916$ ve $+0,910$), Fe ile Co, Cu ve Mn (r

= +0,903, +0,910 ve +0,880), Mn ile Ca, Al ve Fe ($r = +0,846$, +0, 816 ve +0,880), Ni ile B, Cr ve Si ($r = +0,888$, +0,951 ve +0,841), Si ile Ni ($r = +0,841$), Al ile Si ($r = +0,645$), As ile Hg ($r = +0,761$), Hg ile As ($r = +0,761$), Cd ile Pb ($r = +0,793$), Pb ile Si ($r = +0,797$), Se ile Hg ($r = +0,609$), Zn ile Ca ($r = +0,666$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.27).

Tablo 4.27. Palamut (*S. sarda*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
W ile As, Se	K ile Na, Co, Cu, Fe
Ca ile Na, Al, Co, Cu, Fe, Mn, Zn	P ile As, Co, Cu, Fe
B ile Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Si, Zn	Ca ile Se
Na ile Co, Cu, Fe, Mn	Mg ile As
Al ile Fe, Mn, Pb, Si	Cd ile Se
Co ile Cu, Fe, Mn, Zn	
Cr ile Ni, Pb, Si	
K ile P, Cd	
As ile Hg, Se	
Cd ile Pb, Si	
Cu ile Fe, Mn	
Fe ile Mn, Zn	
Ni ile Pb, Si	
Mg ile P	
Hg ile Se	
Mn ile Zn	
Pb ile Si	



Şekil 4.19. Palamut (*S. sarda*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.28. Palamut (*S. sarda*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	W	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
W	1	-,617**	-0,189	0,075	-0,404	-0,388	-0,157	,636**	0,338	-,554**	0,076	0,285	0,038	0,106	,456*	-0,202	0,331	-0,236	,851**	0,185	-,451*
Ca		1	-0,309	-0,281	,739**	-0,177	,633**	-0,295	0,249	,494*	,610**	0,069	,637**	,691**	-0,289	,846**	0,061	0,339	-,564**	0,117	,666**
K			1	0,330	-,720**	,832**	0,147	-,554*	-0,117	,776**	-,756**	0,251	-,823**	-,632**	-0,408	-0,240	0,252	,569*	-0,192	0,468	-0,059
Mg				1	-0,185	,813**	-0,033	-,571**	-0,089	-,430*	-0,256	0,067	-0,223	-0,240	-0,248	-0,176	0,125	-0,374	0,202	-0,140	0,070
Na					1	-0,245	0,226	-0,013	0,174	0,038	,695**	-0,147	,809**	,687**	-0,048	,597**	-0,148	-0,092	-0,363	-0,193	,497*
P						1	-0,061	-,841**	-,410*	-0,050	-,553**	-0,166	-,548**	-,551**	-,495*	-0,299	-0,118	-0,204	-0,219	-0,181	0,065
Al							1	-0,267	0,403	0,401	0,390	,426*	0,281	,575**	-0,091	,816**	,508*	,521**	0,015	,645**	0,299
As								1	0,332	-0,241	0,267	0,185	0,302	0,220	,761**	-0,107	0,138	0,071	,519**	0,131	-0,361
B									1	0,242	,602**	,871**	,524**	,681**	0,132	,614**	,888**	,513*	0,280	,685**	,540**
Cd										1	-0,025	0,274	-0,129	0,083	-,415*	0,384	0,265	,793**	-,560**	,547**	,435*
Co											1	0,317	,916**	,903**	0,156	,737**	0,304	0,069	0,003	0,097	,542**
Cr												1	0,189	0,371	0,182	,443*	,951**	,637**	0,304	,780**	,420*
Cu													1	,910**	0,193	,702**	0,167	-0,041	-0,016	-0,049	,511*
Fe														1	0,049	,880**	0,400	0,166	0,045	0,284	,527**
Hg															1	-0,143	0,130	0,066	,609**	0,082	-,448*
Mn																1	,468*	,419*	-0,170	,463*	,636**
Ni																	1	,617**	0,390	,841**	0,375
Pb																		1	-0,141	,797**	0,295
Se																			1	0,271	-,480*
Si																				1	0,138
Zn																					1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

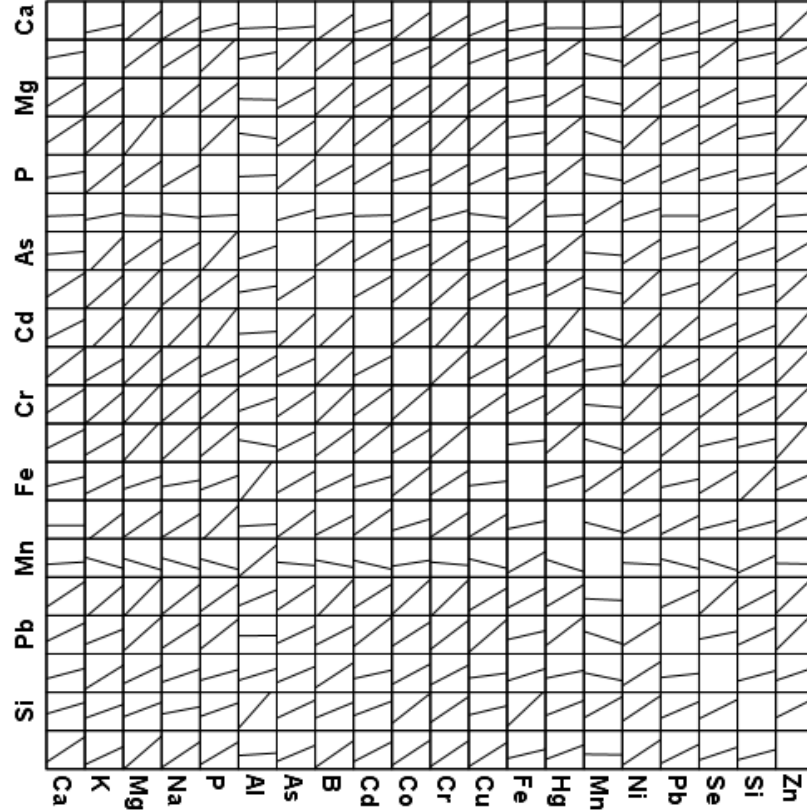
4.13.8. Akdeniz midyesi (*M. galloprovincialis*, L. 1758) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

M. galloprovincialis dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.30 ve Şekil 4.20’de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.29’da verilmiştir. Mevcut çalışmada anlamlı pozitif korelasyon gözlenmemiştir. Ağır metaller değerlendirildiğinde Co ile Cr ve Pb; Cr ile Fe, Hg ve Pb; Cd ile Co, Cr, Hg ve Pb; As ile Cd, Cr ve Hg, Hg ile Pb arasında pozitif yönlü 0,01 düzeyinde anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Kurşun ile silisyum arasında ise pozitif yönlü 0,05 düzeyde anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Tespit edilen anlamlı korelasyonların sadece pozitif yönlü olması metal seviyeleri arasında doğru orantılı bir artışı ifade etmektedir (Tablo 4.29, Tablo 4.30 ve Şekil 4.20).

M. galloprovincialis dokularında tespit edilen mineral madde ve metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların Ca ile Zn ($r = +0,788$), K ile As, P, B ($r = +0,932, +0,856, +0,826$), Mg ile Na, B, Cr, Ni, Cd, Cu ($r = +0,980, +0,919, +0,912, +0,885, +0,882, +0,843$), Na ile Mg, B, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni ($r = +0,980, +0,897, +0,880, +0,871, +0,855, +0,852, +0,827$), P ile As, Cd, K, Hg ($r = +0,922, +0,863, +0,856, +0,843$), Al ile Fe, Si ($r = +0,958, +0,891$), As ile K, P ($r = +0,932, +0,922$), B ile Ni, Mg, Cr, Na, K, Co ($r = +0,952, +0,919, +0,905, +0,897, +0,826, +0,825$), Cd ile Hg, Mg, Na, Cr, Cu, P, Pb ($r = +0,897, +0,882, +0,880, +0,874, +0,869, +0,863, +0,800$), Co ile Ni, Cr, B, Zn ($r = +0,936, +0,884, +0,825, +0,813$), Cr ile Ni, Mg, B, Co, Cd, Na, Zn ($r = +0,960, +0,912, +0,905, +0,884, +0,874, +0,871, +0,808$), Cu ile Cd, Na, Mg, Zn, Pb ($r = +0,869, +0,855, +0,843, +0,831, +0,807$), Fe ile Al, Si ($r = +0,958, +0,952$), Hg ile Cd, P ($r = +0,897, +0,843$), Mn ile Al ($r = +0,716$), Ni ile Cr, B, Co, Mg, Na, Zn ($r = +0,960, +0,952, +0,936, +0,885, +0,827, +0,800$), Pb ile Cu, Cd ($r = +0,807, +0,800$), Se ile Ni ($r = +0,753$), Si ile Fe, Al ($r = +0,952, +0,891$), Zn ile Mg, Na, Cu, Cr, Ni ($r = +0,911, +0,852, +0,831, +0,808, +0,800$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.29).

Tablo 4.29. Akdeniz midyesi (*M. galloprovincialis*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p<0,01$).

Pozitif	Negatif
Ca ile Mg, Na, B, Co, Cr, Ni, Zn	
Mg ile Na, P, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	
K ile Mg, Na, P, As, B, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Se	
Na ile P, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	
P ile As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	
B ile Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Se, Zn	
Co ile Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Se, Si, Zn	
Cr ile Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Se, Si, Zn	
Cd ile Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	-
As ile B, Cd, Cr, Hg, Ni	
Cu ile Hg, Ni, Pb, Zn	
Ni ile Pb, Se, Si, Zn	
Al ile Fe, Mn, Si	
Fe ile Mn, Ni, Si	
Hg ile Ni, Pb	
Pb ile Zn	



Şekil 4.20. Akdeniz midyesi (*M. galloprovincialis*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.30. Akdeniz midyesi (*M. galloprovincialis*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
Ca	1	0,198	,713**	,625**	0,195	0,041	0,075	,669**	,414*	,747**	,622**	,455*	0,222	0,006	0,061	,659**	,410*	0,318	0,261	,788**
K		1	,726**	,742**	,856**	0,185	,932**	,826**	,727**	,516**	,749**	,469*	0,384	,733**	-0,252	,761**	0,306	,672**	0,287	,505*
Mg			1	,980**	,733**	-0,022	,626**	,919**	,882**	,775**	,912**	,843**	0,259	,644**	-0,254	,885**	,665**	,495*	0,293	,911**
Na				1	,744**	-0,117	,621**	,897**	,880**	,675**	,871**	,855**	0,159	,695**	-0,294	,827**	,586**	,434*	0,177	,852**
P					1	0,047	,922**	,641**	,863**	0,385	,682**	,621**	0,276	,843**	-0,224	,596**	,563**	0,280	0,263	,595**
Al						1	0,307	0,159	0,044	,498*	0,313	-0,143	,958**	0,055	,716**	0,372	0,008	0,328	,891**	0,070
As							1	,666**	,723**	,451*	,665**	,454*	,490*	,755**	-0,084	,651**	0,391	,490*	,406*	,494*
B								1	,727**	,825**	,905**	,626**	0,396	,522**	-0,174	,952**	,411*	,739**	0,343	,791**
Cd									1	,614**	,874**	,869**	0,310	,897**	-0,271	,757**	,800**	0,320	,405*	,751**
Co										1	,884**	,588**	,690**	0,332	0,154	,936**	,557**	,654**	,713**	,813**
Cr											1	,751**	,559**	,694**	-0,084	,960**	,652**	,618**	,597**	,808**
Cu												1	0,115	,706**	-0,267	,650**	,807**	0,171	0,235	,831**
Fe													1	0,256	,613**	,598**	0,228	,435*	,952**	0,329
Hg														1	-0,291	,547**	,609**	0,228	0,326	,425*
Mn															1	-0,048	-0,291	-0,254	,505*	-0,016
Ni																1	,535**	,753**	,590**	,800**
Pb																	1	0,148	,445*	,701**
Se																		1	0,369	0,337
Si																			1	0,368
Zn																				1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

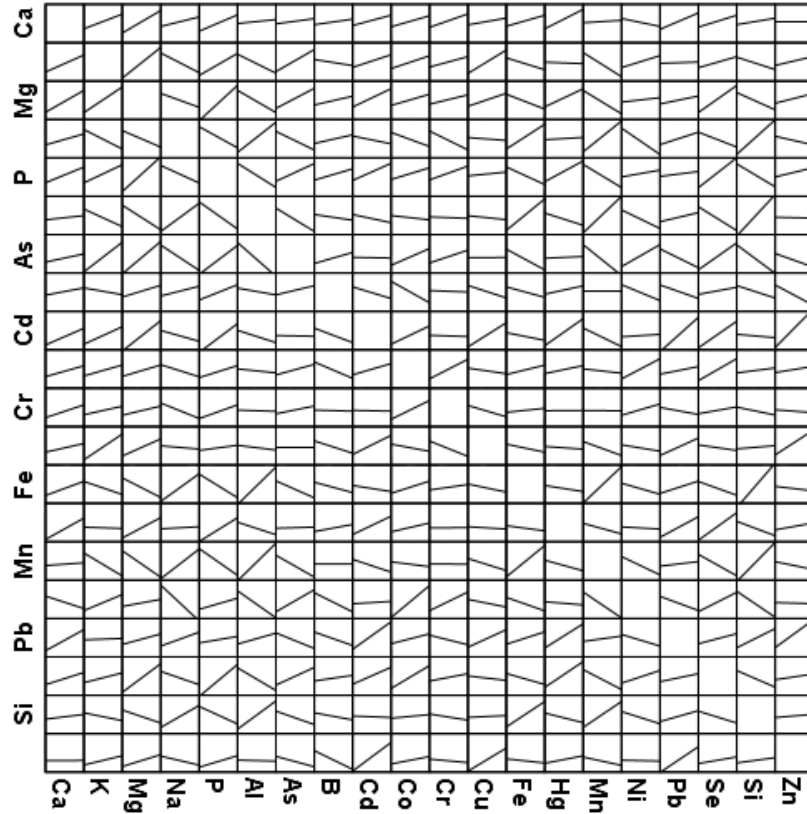
4.13.9. Deniz salyangozu (*R. venosa*) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

R. vesona dokularında tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.32 ve Şekil 4.21’de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.31’de verilmiştir. Mevcut çalışmada; Cd ile Hg ve Pb arasında, ayrıca Hg ile Pb arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; Ni ve Se arasında ise pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Cd ve Co arasında tespit edilen pozitif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyon ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. Ek olarak; As ve Mn arasında negatif yönlü ve 0,01 düzeyinde anlamlı; As ile Pb arasında ise negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyonlarda ise bir değişkenin miktarındaki artış diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açtığını göstermektedir (Tablo 4.31, Tablo 4.32 ve Şekil 4.21).

R. vesona dokularında tespit edilen mineral madde ve metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların Ca ile Mg ($r = +0,578$), K ile Mg ($r = +0,730$), Mg ile P ($r = +0,914$), Na ile Ni ($r = +0,790$), P ile Mg, Se ($r = +0,914$, $+0,808$), Al ile Mn, Fe, Si ($r = +0,967$, $+0,895$, $+0,890$), As ile K ($r = +0,666$), B ile P ($r = +0,342$), Cd ile Zn, Pb ($r = +0,867$, $+0,800$), Co ile Ni ($r = +0,662$), Cr ile Co ($r = +0,501$), Cu ile K ($r = +0,641$), Fe ile Al, Mn, Si ($r = +0,895$, $+0,880$, $+0,876$), Hg ile Se ($r = +0,695$), Mn ile Al, Fe, Si ($r = +0,967$, $+0,880$, $+0,829$), Ni ile Co ($r = +0,662$), Pb ile Cd ($r = +0,800$), Se ile P ($r = +0,808$), Si ile Al, Fe, Mn ($r = +0,890$, $+0,876$, $+0,829$), Zn ile Cd ($r = +0,867$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.31).

Tablo 4.31. Deniz salyangozu (*R. venosa*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
Cd ile Cu, Hg, Pb, Se, Zn	P ile Al, Fe, Mn, Si
K ile Mg, P, As, Cu	Al ile As, Ni, Se
Mg ile P, As, Cd, Se	Mg ile Al, Mn
Na ile Al, Fe, Mn, Si	Na ile As, Ni
P ile As, Cd, Hg, Se	Mn ile Ni, Se
Al ile Fe, Mn, Si	K ile Mn
Ca ile Mg, Hg	As ile Mn
As ile Ni, Se	
Co ile Ni, Se	
Fe ile Mn, Si	
Hg ile Pb, Se	
Cu ile Zn	
Mn ile Si	
Pb ile Zn	



Şekil 4.21. Deniz salyangozu (*R. venosa*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.32. Deniz Salyangozu (*R. venosa*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
Ca	1	,412*	,578**	0,266	,418*	0,106	0,170	0,165	0,341	0,286	0,342	0,200	0,325	,532**	0,066	-0,259	,485*	0,314	0,143	0,005
K		1	,730**	-,511*	,522**	-,476*	,666**	-0,167	0,387	0,307	0,246	,641**	-0,324	-0,036	-,615**	0,360	0,035	0,271	-0,256	0,239
Mg			1	-0,396	,914**	-,608**	,664**	0,264	,615**	0,294	0,240	0,389	-,445*	,502*	-,649**	0,146	0,237	,725**	-0,390	0,281
Na				1	-,503*	,760**	-,567**	0,238	-0,238	-0,341	-,446*	-0,080	,683**	0,058	,790**	-,802**	0,343	-0,367	,719**	-0,231
P					1	-,666**	,591**	0,342	,578**	0,309	0,359	0,116	-,532**	,580**	-,650**	0,227	0,147	,808**	-,523**	0,270
Al						1	-,730**	-0,162	-0,262	-0,106	-0,034	-0,112	,895**	-0,323	,967**	-,583**	0,260	-,606**	,890**	-0,025
As							1	0,262	-0,018	0,347	0,260	0,006	-,490*	0,038	-,676**	,573**	-,446*	,569**	-,510*	-0,311
B								1	-0,337	-,488*	-0,032	-0,323	-0,271	0,202	0,001	-,454*	-0,351	0,164	-0,244	-,508*
Cd									1	0,373	-0,025	,560**	-0,177	,579**	-0,402	0,062	,800**	,553**	-0,057	,867**
Co										1	,501*	-0,166	0,279	0,219	-0,119	,662**	0,227	,585**	0,111	0,177
Cr											1	-0,344	0,122	0,008	-0,008	0,378	-0,214	0,185	-0,181	-0,082
Cu												1	-0,210	-0,066	-0,339	-0,182	,456*	-0,129	0,063	,626**
Fe													1	-0,145	,880**	-0,317	0,323	-0,321	,876**	-0,113
Hg														1	-0,275	-0,068	,582**	,695**	-0,307	0,188
Mn															1	-,569**	0,129	-,538**	,829**	-0,210
Ni																1	-0,334	,408*	-,463*	-0,025
Pb																	1	0,235	0,377	,698**
Se																		1	-0,366	0,162
Si																			1	0,108
Zn																				1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

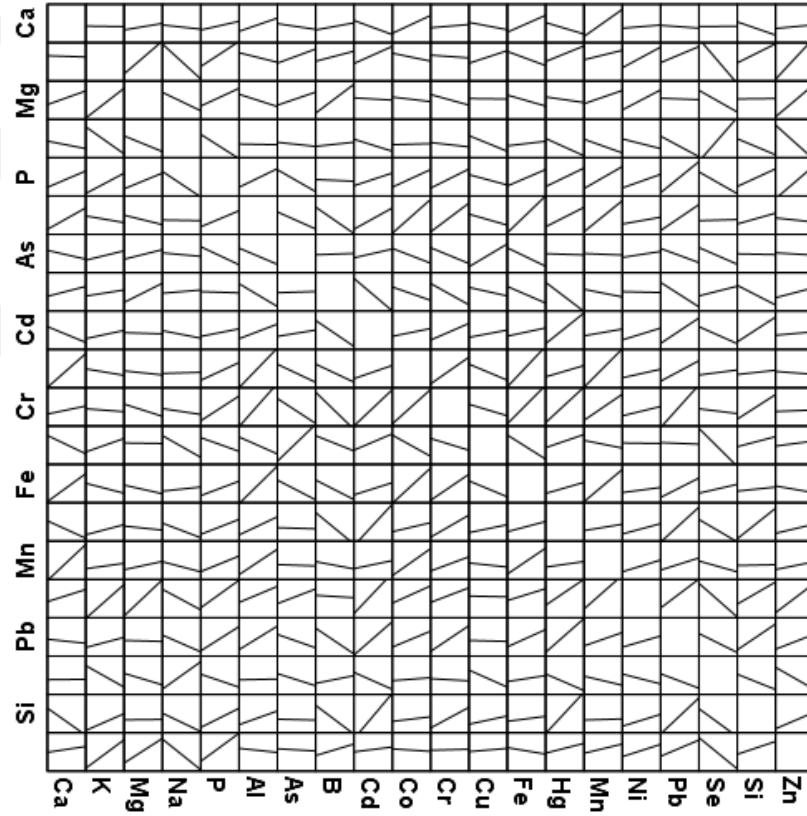
4.13.10. Kahverengi alg (*C. barbata*) Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

C. barbata numunelerinde tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.34 ve Şekil 4.22’de, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.33’te verilmiştir. Mevcut çalışmada; Cd ile Cr, Hg ve Pb arasında, ayrıca Cr ile Hg ve Pb, Co ile Cr, Hg ile Pb arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; Pb ile Zn arasında ise pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Hg ve Zn arasında tespit edilen pozitif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyon ilişkileri ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. Ek olarak; As ve Cr arasında negatif yönlü ve 0,01 düzeyinde anlamlı; Pb ve Se arasında negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyonlarda ise bir değişkenin miktarındaki artış diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açmaktadır (Tablo 4.33, Tablo 4.34 ve Şekil 4.22).

C. barbata dokularında tespit edilen mineral madde ve metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların Ca ile Mn ($r = +0,815$), K ile Zn, Mg, Na ($r = +0,894, +0,818, +0,803$), Mg ile K ($r = +0,818$), Na ile Se ($r = +0,905$), P ile Zn ($r = +0,791$), Al ile Fe, Co, Cr ($r = +0,971, +0,956, +0,920$), As ile Cu ($r = +0,757$), B ile Mg ($r = +0,614$), Cd ile Hg, Si ($r = +0,931, +0,878$), Co ile Fe, Al, Mn ($r = +0,987, +0,956, +0,841$), Cr ile Al, Pb, Fe ($r = +0,920, +0,864, +0,827$), Cu ile As ($r = +0,757$), Fe ile Co, Al, Cr ($r = +0,987, +0,971, +0,827$), Hg ile Cd, Si, Pb ($r = +0,931, +0,925, +0,897$), Mn ile Co, Ca ($r = +0,841, +0,815$), Ni ile Mg ($r = +0,703$), Pb ile Hg, Cr ($r = +0,897, +0,864$), Se ile Na ($r = +0,905$), Si ile Hg, Cd ($r = +0,925, +0,878$), Zn ile Mg ($r = +0,736$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.33).

Tablo 4.33. Kahverengi alg (*C. barbata*) örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p<0,01$).

Pozitif	Negatif
Al ile Co, Cr, Fe, Mn, Pb	B ile Cd, Cr, Hg, Pb, Si
Cd ile Cr, Hg, Ni, Pb, Si	K ile Na, Se
K ile Mg, P, Ni, Zn	Na ile P, Zn
Cr ile Fe, Hg, Pb, Si	Se ile Si, Zn
Ca ile Co, Fe, Mn	P ile As
Co ile Cr, Fe, Mn	Al ile B
Mg ile B, Ni, Zn	As ile Cr
P ile Cr, Pb, Zn	Cu ile Se
Hg ile Pb, Si	
Na ile Se	
As ile Cu	
Fe ile Mn	
Mn ile Ni	
Pb ile Si	



Şekil 4.22. Kahverengi alg (*C. barbata*) örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.34. Kahverengi alg (*C. barbata*) örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
Ca	1	-0,022	0,246	-0,147	0,311	,440*	-0,186	0,218	-0,390	,642**	0,134	-0,302	,568**	-0,369	,815**	0,163	-0,088	0,010	-,493*	0,120
K		1	,818**	-,803**	,588**	-0,208	0,300	0,203	0,311	-0,187	-0,075	0,340	-0,310	0,328	0,186	,691**	0,334	-,810**	,468*	,894**
Mg			1	-,443*	,436*	-0,282	0,293	,614**	-0,044	-0,113	-0,298	-0,013	-0,255	-0,124	0,273	,703**	-0,031	-,413*	0,011	,736**
Na				1	-,652**	-0,018	-0,099	0,096	-0,247	0,029	-0,131	-,481*	0,114	-,416*	-0,307	-0,368	-,484*	,905**	-,449*	-,848**
P					1	,451*	-,519**	-0,037	0,256	,461*	,568**	-0,310	0,403	,434*	,483*	,506*	,717**	-,439*	,479*	,791**
Al						1	-,435*	-,640**	,459*	,956**	,920**	-0,357	,971**	,490*	,733**	0,274	,644**	0,025	0,318	-0,107
As							1	0,034	0,194	-,426*	-,518**	,757**	-,499*	-0,031	-0,036	0,244	-0,359	-0,372	-0,022	-0,058
B								1	-,758**	-,405*	-,735**	-0,297	-,470*	-,791**	-0,195	-0,038	-,655**	0,227	-,620**	0,280
Cd									1	0,265	,641**	0,284	0,261	,931**	0,192	,570**	,760**	-,444*	,878**	0,107
Co										1	,792**	-,483*	,987**	0,264	,841**	0,317	,472*	0,101	0,116	-0,072
Cr											1	-0,304	,827**	,730**	,504*	0,305	,864**	-0,084	,589**	0,034
Cu												1	-,513*	0,267	-0,146	-0,016	-0,032	-,665**	0,239	0,106
Fe													1	0,278	,754**	0,204	,479*	0,190	0,117	-0,172
Hg														1	0,156	,428*	,897**	-,502*	,925**	0,246
Mn															1	,520**	0,332	-0,259	0,024	0,219
Ni																1	,468*	-,476*	,423*	,492*
Pb																	1	-,432*	,798**	,405*
Se																		1	-,540**	-,682**
Si																			1	0,378
Zn																				1

*. Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır. **. Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.13.11. Sediment Örneklerinde Hesaplanan Korelasyon Verileri

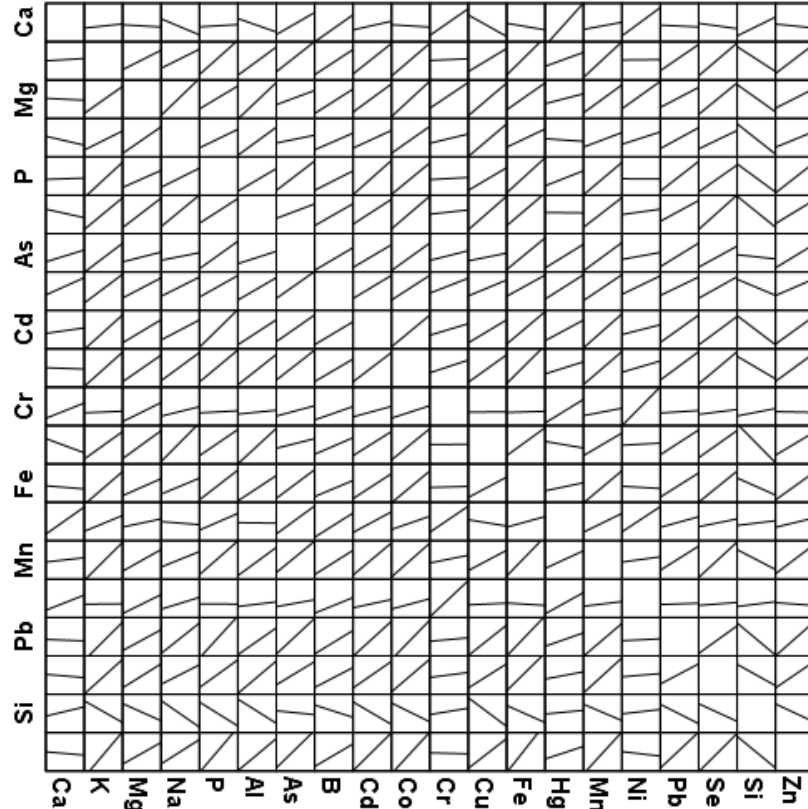
Sediment numunelerinde tespit edilen mineral madde ve metal konsantrasyonları arasındaki korelasyon ilişkileri Tablo 4.36 ve Şekil 4.23'te, tespit edilen anlamlı korelasyon verileri ise Tablo 4.35'te verilmiştir. Mevcut çalışmada; As ile Cd, kobalt, Hg ve Pb arasında, ayrıca Cd ile Co, Hg ve Pb arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; Na ile Cd, P ile Hg arasında ise pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyon ilişkileri tespit edilmiştir ve bu durum doğrusal bir artışı ifade etmektedir. Cd ve Ni arasında tespit edilen pozitif yönlü fakat 0,05 düzeyinde önemsiz korelasyon ilişkileri ise bu doğrusal ilişkinin önemsiz olduğu anlamına gelmektedir. Ek olarak; Si'nin Pb, Cd ve Co ile arasındaki negatif yönlü ve 0,01 düzeyinde anlamlı; Si'nin Fe ve Se ile arasındaki negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde anlamlı korelasyonlarda ise bir değişkenin miktarındaki artış diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açmaktadır (Tablo 4.35, Tablo 4.36 ve Şekil 4.23).

Sediment örneklerinde tespit edilen mineral madde ve metaller arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek korelasyonların Ca ile Hg ($r = +0,885$), K ile Mn, Zn, Fe, P, Se, Co, Cd, Pb ($r = +0,960, +0,951, +0,921, +0,908, +0,879, +0,874, +0,827$), Mg ile Al, Na, Co ($r = +0,854, +0,816, +0,800$), Na ile Cu, Mg ($r = +0,925, +0,816$), P ile Zn, Cd, Pb, K, Mn, Fe, Co ($r = +0,957, +0,935, +0,924, +0,908, +0,860, +0,840, +0,827$), Al ile Cu, Se, Mg, Co ($r = +0,901, +0,871, +0,854, +0,823$), As ile Fe ($r = +0,786$), B ile K ($r = +0,702$), Cd ile P, Mn, K, Zn, Pb ($r = +0,935, +0,862, +0,848, +0,847, +0,807$), Co ile Fe, Zn, K, Pb, Mn, Se, P, Al, Mg ($r = +0,908, +0,892, +0,874, +0,873, +0,871, +0,846, +0,827, +0,823, +0,800$), Cr ile Ni ($r = +0,979$), Cu ile Na, Al ($r = +0,925, +0,901$), Fe ile Zn, Mn, K, Co, Se, P, Pb ($r = +0,952, +0,928, +0,921, +0,908, +0,892, +0,840, +0,808$), Hg ile Ca ($r = +0,885$), Mn ile K, Fe, Se, Zn, Co, Cd, P ($r = +0,960, +0,928, +0,918, +0,871, +0,862, +0,860$), Ni ile Cr ($r = +0,979$), Pb ile P, Zn, Co, K, Fe, Cd ($r = +0,924, +0,911, +0,873, +0,827, +0,808, +0,807$), Se ile Mn, Fe, K, Al, Co, Zn ($r = +0,918, +0,892, +0,879, +0,871, +0,846, +0,826$), Si ile Ca ($r = +0,343$), Zn ile P, Fe, K, Pb, Mn, Co,

Cd, Se ($r = +0,957, +0,952, +0,951, +0,911, +0,908, +0,892, +0,847, +0,826$) arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.35).

Tablo 4.35. Sediment örneklerinde tespit edilen anlamlı korelasyonlar ($p < 0,01$).

Pozitif	Negatif
K ile Mg, P, Al, As, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Se, Zn	K ile Si
Mg ile Na, P, As, B, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Zn	Mg ile Si
P ile Al, As, B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Se, Zn	Na ile Si
Al ile B, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Se, Zn	Cd ile Si
As ile B, Cd, Co, Fe, Hg, Mn, Pb, Se, Zn	Co ile Si
Cd ile Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se, Zn	Cu ile Si
B ile Cd, Co, Hg, Mn, Pb, Se	Mn ile Si
Co ile Cu, Fe, Mn, Pb, Se, Zn	Pb ile Si
Cu ile Fe, Mn, Pb, Se, Zn	Si ile Zn
Na ile Al, B, Co, Cu, Pb	P ile Si
Fe ile Mn, Pb, Se, Zn	
Ca ile B, Cr, Hg, Ni	
Mn ile Pb, Se, Zn	
Cr ile Hg, Ni	
Pb ile Se, Zn	
Hg ile Ni	
Se ile Zn	



Şekil 4.23. Sediment örneklerinde tespit edilen korelasyonlar.

Tablo 4.36. Sediment örneklerinde tespit edilen korelasyon katsayıları (r değerleri).

	Ca	K	Mg	Na	P	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Si	Zn
Ca	1	0,080	-0,051	-0,312	0,044	-0,278	,421*	,562**	0,180	-0,047	,524**	-,454*	-0,118	,885**	0,144	,540**	-0,043	-0,107	0,343	-0,093
K		1	,597**	,499*	,908**	,779**	,773**	,702**	,848**	,874**	0,044	,657**	,921**	0,387	,960**	0,010	,827**	,879**	-,607**	,951**
Mg			1	,816**	,515**	,854**	0,308	,577**	,663**	,800**	,576**	,785**	,555**	0,234	,639**	,594**	,533**	,714**	-,563**	,534**
Na				1	,491*	,777**	0,201	,467*	,491*	,718**	0,244	,925**	,444*	-0,074	0,390	0,316	,660**	,494*	-,742**	,510*
P					1	,616**	,742**	,533**	,935**	,827**	0,056	,635**	,840**	,414*	,860**	-0,006	,924**	,713**	-,676**	,957**
Al						1	0,348	,578**	,649**	,823**	0,105	,901**	,748**	-0,012	,755**	0,131	,616**	,871**	-,715**	,713**
As							1	,644**	,643**	,748**	0,261	0,225	,786**	,672**	,777**	0,182	,759**	,576**	-0,104	,770**
B								1	,601**	,616**	0,369	,422*	,482*	,633**	,653**	,443*	,543**	,540**	-0,368	,505*
Cd									1	,795**	0,287	,614**	,739**	,538**	,862**	0,236	,807**	,718**	-,667**	,847**
Co										1	0,328	,765**	,908**	0,331	,871**	0,282	,873**	,846**	-,539**	,892**
Cr											1	0,006	0,028	,645**	0,197	,979**	0,077	0,128	0,179	-0,022
Cu												1	,620**	-0,169	,557**	0,050	,717**	,668**	-,871**	,680**
Fe													1	0,241	,928**	-0,058	,808**	,892**	-,444*	,952**
Hg														1	,475*	,605**	0,310	0,196	0,110	0,281
Mn															1	0,129	,733**	,918**	-,470*	,908**
Ni																1	0,042	0,080	0,120	-0,092
Pb																	1	,616**	-,651**	,911**
Se																		1	-,506*	,826**
Si																			1	-,620**
Zn																				1

*, Korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır.**, Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır. N (eleman sayısı) 24'tür.

4.14. İnsan Vücuduna Tüketim Yoluyla Alınan Ağır Metallerin Belirlenmesi

Ağır metallerin insan vücuduna tüketim yoluyla tahmini günlük alımı balıkların hem metal konsantrasyon seviyesine hem de tüketim miktarına bağlıdır. Ağır metal analizini yaptığımız balıkların tüketimine bağlı olarak metallerin insan vücudundaki tahmini haftalık alım değerleri (EWI) aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir (Türkmen ve ark., 2010; Bat ve Öztekin, 2015).

Tahmini Haftalık Alım Değerleri (EWI) = Maksimum metal seviyesi $\times$ deniz ürünleri tüketimi (kg/70 kg vücut ağırlığı/hafta)

Bu çalışmada incelenen balık türleri için günlük ve haftalık alımlar tahmin edilmiştir (Tablo 4.37). Türkiye'de ortalama günlük balık tüketimi kişi başı 20 gramdır (Türkmen ve ark., 2010; Bat ve Öztekin, 2015). Bu da kişi başı haftalık 140 grama eşdeğerdir. Tablo 4.37'de haftada 140 g balık tüketen 70 kg'lık bir yetişkinin EWI değerleri tahmin edilmiş, daha sonra EWI değerlerinden tahmini günlük alım (EDI) değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan EWI ve EDI verileri alüminyum için *M. barbatus*'ta ORD ve SNP hariç tüm istasyonlarda, *P. saltatrix* balığında ise sadece TRB'da; arsenik ise sadece KST'dan alınan *M. barbatus* örneklerinde önerilen alım kılavuzlarının üzerindedir. Diğer tüm balık örneklerinde hesaplanan veriler önerilen alım kılavuzlarının altındadır (FAO/WHO, 2004; EPA, 2008; WHO, 2014).

Yapılan çalışmada incelenen kabuklu türleri için günlük ve haftalık alımlar tahmin edilmiştir (Tablo 4.38). Türkiye'de ortalama günlük kabuklu tüketimi kişi başı 1 gramdır (FAO, 2010). Bu da kişi başı haftalık 7 grama eşdeğerdir. Tablo 4.38'de haftada 7 g balık tüketen 70 kg'lık bir yetişkinin EWI değerleri tahmin edilmiş, daha sonra EWI değerlerinden tahmini günlük alım (EDI) değerleri hesaplanmıştır. *M. galloprovincialis* ve *R. vesona* örneklerinde hesaplanan EWI, EDI verileri arsenik ve kadmiyum için benzer şekilde tüm illerden alınan örneklerde önerilen alım kılavuzlarının üzerindedir. *M. galloprovincialis* örneklerinde hesaplanan EWI, EDI verileri nikel sadece KST'da; cıva ART, TRB, SMS ve KST'da; kurşun ORD, SMS ve KST'da; son olarak demir ise ART, ORD, SMS, SNP'tan alınan örneklerde önerilen alım kılavuzlarının üzerindedir. *R. vesona* örneklerinde hesaplanan EWI,

EDI verileri cıva ve demir benze şekilde tüm illerde; çinko sadece RZE''de; bakır sadece SMS'da; nikel RZE, TRB, SNP, KST'da; son olarak kurşun ise RZE; GRS ve ORD'da önerilen alım kılavuzlarının üzerindedir (FAO/WHO, 2004; EPA, 2008; WHO, 2014).



Tablo 4.37. Bu çalışmada incelenen balık türleri için önerilen değerler ile EWI (EDI) karşılaştırılması

Metal	PTWI* Referans	PTWI**	PTDI	<i>M. barbatus</i>	<i>P. saltatrix</i>	<i>E. encrasicolus</i>	<i>T. trachurus</i>	<i>M. cephalus</i>	<i>M. merlangus</i>	<i>S. sarda</i>	Türkmen ve Öğütçü,(2020)	Erdem ve ark., (2021)b
				EWI (EDI)	EWI (EDI)	EWI (EDI)	EWI (EDI)	EWI (EDI)	EWI (EDI)	EWI (EDI)		
Al	28,6	2.002	286	7.888 (1.127)	2.487 (355)	1.597 (228)	1.362 (195)	1.512 (216)	1.664 (238)	1.226 (175)	–	–
B	–	–	–	282 (40,25)	177 (25,25)	249 (35,59)	281 (40,16)	447 (63,88)	320 (45,67)	212 (30,28)	–	–
Cu	3.500a	245.000	35.000	112 (15,96)	150 (21,38)	291 (41,54)	206 (29,41)	242 (34,59)	101 (14,43)	475 (67,83)	165 (23,6)	1,98 (0,28)
Fe	5.600a	392.000	5.6000	10.324(1.475)	1.784 (255)	3.315 (474)	2.631 (376)	3.620 (517)	1300 (186)	3.863 (552)	–	27,15 (3,88)
Mn	980b	68.600	9.800d	286 (40,87)	73,79 (10,54)	481 (68,78)	78,55 (11,22)	88,12 (12,59)	62,77 (8,97)	39,90 (5,70)	617 (88,2)	–
Se	–	–	–	234 (33,42)	188 (26,83)	159 (22,71)	305 (43,51)	342 (48,82)	202 (28,81)	206 (29,42)	–	–
Si	–	–	–	8.411 (1.202)	4.374 (625)	4.883 (698)	4.815 (688)	7.441 (1.063)	5.831 (833)	4.840 (691)	–	–
Zn	7.000a	490.000	70.000	1.898 (271)	1.821 (260)	5.621 (803)	3.469 (496)	2.077 (297)	1.489 (213)	1.198 (171)	2366 (338)	46,52 (6,65)
As	1500	1050	150	1.548 (221)	239 (34,20)	418 (59,72)	308 (43,99)	209 (29,87)	241 (34,49)	287 (40,96)	–	3,29 (0,47)
Cd	7a	490	70	8,51 (1,22)	2,83 (0,40)	12,05 (1,72)	9,25 (1,32)	6,33 (0,90)	3,39 (0,48)	1,24 (0,18)	14 (2)	0,03 (0,04)
Co	–	–	–	17,60 (2,51)	1,77 (0,25)	15,55 (2,22)	4,70 (0,67)	6,61 (0,94)	3,64 (0,52)	1,82 (0,26)	22,4 (3,2)	–
Cr	23.3	1.631	233	12,94 (1,85)	4,50 (0,64)	1,91 (0,27)	4,16 (0,59)	14,63 (2,09)	3,65 (0,52)	3,78 (0,54)	322 (46)	0,06 (0,009)
Hg	4	280	40	32,62 (4,66)	5,26 (0,75)	2,25 (0,32)	8,83 (1,26)	3,37 (0,48)	7,29 (1,04)	7,48 (1,07)	–	–
Ni	35b	2.450	350c	31,69 (4,53)	15,56 (2,22)	22,68 (3,24)	15,97 (2,28)	15,79 (2,26)	5,75 (0,82)	6,33 (0,90)	3360 (480)	–
Pb	25a	1.750	250	7,83 (1,12)	2,78 (0,40)	3,95 (0,56)	2,58 (0,37)	10,96 (1,57)	6,05 (0,86)	2,12 (0,30)	79,8 (11,4)	0,15 (0,02)

Türkiye'de ortalama haftalık balık tüketimi kişi başı 0,14 kg'dır (FAO 2008). PTWI*, Geçici Tolere edilebilir haftalık alım ($\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$ vücut ağırlığı). PTWI** Geçici Tolere edilebilir haftalık alım ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70$ kg vücut ağırlığı). EWI, Tahmini haftalık alım miktarı ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70$ kg vücut ağırlığı). ^aFAO/WHO (2004). ^bBir haftalık süre hesaplandı ($\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$ vücut ağırlığı). ^cWHO, 5 $\mu\text{g}/\text{gün}/\text{kg}$ vücut ağırlığı değerinde bir TDI(tolere edilebilir günlük alım), yani 70 kg'lık bir kişi için 350 $\mu\text{g}/\text{gün}$ alımı önermektedir (WHO 1993). ^dEPA, 0,14 $\text{mg}/\text{gün}/\text{kg}$ vücut ağırlığı RfD (referans doz) önermektedir, yani 70 kg'lık bir kişi için 9800 $\text{mg}/\text{gün}$ (EPA 2008). **Koyu** renkte yazılan veriler önerilen değerlerin üzerindedir.

Tablo 4.38. Bu çalışmada incelenen kabuklu türleri için önerilen değerler ile EDI/EWI karşılaştırılması

Metal	PTWI* Referans	PTWI**	PTDI	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>R. vesona</i>	Bat, (2019)	Turanlı ve Gedik, (2021)	Bat ve ark., (2018)c
				EWI (EDI)	EWI (EDI)	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>M. galloprovincialis</i>	<i>R. vesona</i>
Al	1	70	10	1.159 (166)	1.311 (187)	–	–	–
B	–	–	–	29,72 (4,25)	21,76 (3,11)	–	–	–
Cu	3,5	245	35	26,53 (3,79)	257 (36,71)	–	5,09 (0,73)	–
Fe	5,6	392	56	925 (132)	2381 (340)	–	–	–
Mn	2 – 5	140-350	20 – 50	39,71 (5,67)	44,53 (6,36)	–	–	–
Se	–	–	–	5,61 (0,80)	9,76 (1,39)	–	–	–
Si	–	–	–	468 (66,84)	508 (72,59)	–	–	–
Zn	7	490	70	424 (60,60)	1.202 (172)	–	9,91 (1,42)	–
As	0,015	1,05	0,15	21,91 (3,13)	118 (16,82)	–	54,3(7,8)	–
Cd	0,007	0,49	0,07	19,58 (2,80)	97,69 (13,96)	0,56 (0,08)	18,8 (2,7)	0,98 (0,14)
Co	–	–	–	1,36 (0,19)	1,21 (0,17)	–	–	–
Cr	–	–	–	1,52 (0,22)	5,59 (0,80)	–	1,18 (0,17)	–
Hg	0,004	0,28	0,04	0,15 (0,02)	0,32 (0,05)	0,7 (0,1)	–	3,08 (0,44)
Ni	0,035	2,45	0,35	3,03 (0,43)	9,90 (1,41)	–	1,74 (0,25)	–
Pb	0,025	1,75	0,25	3,14 (0,45)	3,08 (0,44)	1,61 (0,23)	1,97 (0,28)	1,26 (0,18)

Türkiye'de ortalama haftalık kabuklu tüketimi kişi başı 7 g'dır (FAO 2008). PTWI*, Geçici Tolere edilebilir haftalık alım ($\mu\text{g/hafta/kg}$ vücut ağırlığı). PTWI** Geçici Tolere edilebilir haftalık alım ($\mu\text{g/hafta/70 kg}$ vücut ağırlığı). EWI, Tahmini haftalık alım miktarı ($\mu\text{g/hafta/70 kg}$ vücut ağırlığı). **Koyu** renkte yazılan veriler önerilen değerlerin üzerindedir.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Balık Türleri İçin Ölçüm Sonuçları

İstasyonlardan yakalanan balıkların kas dokularındaki element konsantrasyon ortalamalarını incelendiğinde K'nın ve bunu takiben P'nin diğer elementlere göre yüksek olduğu izlenmiştir. Eser elementler söz konusu olduğunda ise *E. encrasicolus* hariç tüm balıklarda Si'nin yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunu takiben *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. sarda* için Fe, *P. saltatrix*, *T. trachurus* ve *M. merlangus* için Zn'nin geldiği tespit edilmiştir. *E. encrasicolus*'da ise sırasıyla Zn ve Si gelmektedir. Ağır metaller söz konusu olduğunda ise *M. barbatus*, *P. saltatrix*, *E. encrasicolus*, *T. trachurus* ve *M. cephalus* Ni; *M. merlangus* ve *S. sarda*'da ise Hg en yüksek değerde ölçülmüştür.

Ortalamalar üzerinden yapılan değerlendirmede *M. barbatus* türünde ortalama element konsantrasyonlarının diğer türlere nazaran daha yüksek olduğu ve Na>Si>Fe>Al>Zn>As>Ni>Hg>Co>Cr>Pb>Cd şeklinde sıralandığı görülmektedir. Mn, Cu, B ve Se *E. encrasicolus*'da; K ve P *S. sarda*'da; Mg *T. trachurus*'ta; Na ise *M. merlangus*'ta en yüksek ortalamaya sahiptir. Türler arasında izlenen element konsantrasyon farklılıkları balığın yaşam alanına, ortamdaki ağır metal türü ve seviyelerinin yanı sıra maruz kalma yolu ve süresine, besin miktarına, beslenme alışkanlıklarına, metabolizma ve metabolik faaliyetlerini etkileyen çevresel koşullara, balığın yaşı, büyüklüğü ve üreme gibi faktörlere bağlıdır (Kaçar, 2022; Varol ve Kaçar, 2023; Köse ve Uysal, 2008; Canlı ve Atlı, 2003; Canpolat ve Çalta, 2003).

Tüm bölgelerden avlanan balıkların kas dokularındaki ölçüm sonuçları incelendiğinde en yüksek değerler; Al 56,34 (MB, RZE), As 11,05 (MB, KST), B 3,19 (MC, ART), Ca 6347 (MB, SMS), Cd 0,086 (EE, SNP), Co 0,13 (MB, SMS), Cr

0,11 (MC, KST), Cu 3,39 (SS, KST), Fe 73,74 (MB, TRB), Hg 0,23 (MB, SMS), K 13975 (MC, RZE), Mg 1214 (TT, SNP), Mn 3,44 (EE, SNP), Na 5634 (MC, ART), Ni 0,23 (MB, SNP), P 7423 (SS, ORD), Pb 0,08 (MC, TRB) Se 2,44 (MC, KST), Si 60,08 (MB, RZE), Zn 40,15 (EE, RZE) $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Maksimum değerler çoğunlukla *M. barbatus* ve *M. cephalus* balıklarında, Rize, Sinop, Kastamonu illerinde tespit edilmiştir. *M. barbatus* ve *M. cephalus* balıklarında diğer türlere göre farklı ölçüde metal birikiminin beslenme alışkanlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Rize ilindeki madencilik faaliyetleri ve Ağustos 2021 tarihinde, örneklemelerden hemen önce yaşanan Batı Karadeniz Bölümü'nde etkili olan aşırı yağış sonucu meydana gelen ve özellikle Kastamonu, Sinop ve Bartın illerini etkileyen sel, su baskını ve heyelanların sebep olduğu düşünülebilir.

Kas dokuda istasyonlardan elde edilen ortalama ağır metal derişimlerinin önceki çalımlar ve uluslararası standartlarla karşılaştırmaları Tablo 5.1'den Tablo 5.7'ye dek sunulmuştur. Türler ve istasyonlar arasındaki farklılıklar sanayi bölgelerinin ve limanların yoğunluğu, araç trafiğı, kentsel kirleticiler gibi birçok faktörün etkisi altındadır (Kalıpcı, 2023).

Tablo 5.1'de görüleceğı gibi, bu çalışmada *M. barbatus* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri izin verilen sınırlarla ve daha önce yapılmış çalışmlarla karşılaştırılmıştır. Türkmen ve Öğütçü, (2020) çalışmasında Ni ve Pb değerleri, Mutlu, (2021) çalışmasında Cd ve Pb değerleri, Kalıpcı ve ark., (2023) çalışmasında ise Mn değerleri hem yapmış olduğumuz çalışma hem de tolere sınırından daha yüksektir. Barbun gibi bentik türlerin dokularında ağır metal birikimi farklılık gösterebilmektedir (Kalıpcı, 2023).

Tablo 5.2'de görüleceğı gibi, bu çalışmada *P. saltatrix* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmlarla karşılaştırılmıştır. Türkmen ve ark., (2009) yapmış olduğu çalışmada Cr, Ni ve Pb değerleri; Türkmen ve Dura, (2016) çalışmasında Cd, Cr, Ni ve Pb değerleri; Türkmen ve Akaydın, (2017) Cr, Ni ve Pb değerleri; Kalıpcı ve ark., (2023) çalışmasında Cr değeri hem yapmış olduğumuz çalışma hem de tolere sınırından

daha yüksektir. Etobur ve yırtıcı bir tür olan çinekop besin zincirinde yüksek bir basamakta bulunduğu için ağır metal birikimi de diğer organizmalardan daha yüksek olabilir (Kaçar, 2022).

Tablo 5.3'te görüleceği gibi, bu çalışmada *E. encrasicolus* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Türkmen ve ark., (2008) çalışmasında Cr, Ni ve Pb değerleri; Türkmen ve Dura, (2016) çalışmasında Cr ve Pb; Türkmen ve Akaydın, (2017) çalışmasında Cr, Ni ve Pb; Varol ve ark., (2019) çalışmasında As ve Cr; Türkmen ve Ögütçü, (2020) çalışmasında Cr, Ni ve Pb değerleri; Erdem ve ark., (2021)^a çalışmasında Cr ve Ni; Mutlu, (2021) çalışmasında Cr ve Pb değerleri hem yapmış olduğumuz çalışma hem de tolere sınırından daha yüksektir.

Tablo 5.4'te görüleceği gibi, bu çalışmada *T. trachurus* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bat ve ark., (2012) çalışmasında Zn değeri; Mutlu ve ark., (2012) çalışmasında Ni ve Pb; Aydın ve Tokatlıoğlu, (2014) çalışmasında Cd; Türkmen ve Dora, (2016) çalışmasında Cr, Ni ve Pb; Türkmen ve Akaydın, (2017) çalışmasında Cr, Ni ve Pb; Duyar ve Bilgin, (2019) çalışmasında Cr; Varol ve ark., (2019) çalışmasında Zn; Türkmen ve Ögütücü, (2020) çalışmasında Cr, Ni ve Pb; Mutlu, (2021) çalışmasında Mn ve Pb değerleri hem yapmış olduğumuz çalışma hem de tolere sınırından daha yüksektir.

Tablo 5.5'te görüleceği gibi, bu çalışmada *M. cephalus* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bat ve ark., (2012) çalışmasında Zn; Türkmen ve Akaydın, (2017) çalışmasında ise Cd, Co ve Ni değerleri hem yapmış olduğumuz çalışma hem de tolere sınırından daha yüksektir. Yaşam alanı ve beslenme alışkanlıklarındaki farklılık sebebiyle bazı balık türlerinin dokularında ağır metal birikimi de farklılık gösterebilmektedir (Kalıpcı, 2023).

Tablo 5.6’da görüleceği gibi, bu çalışmada *M. merlangus* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tepe ve ark., (2008) çalışmasında Cr, Ni ve Pb; Fındık ve Çiçek, (2011) çalışmasında Al, Cd, Ni, Pb ve Zn; Aydın ve Tokaloğlu, (2014) çalışmasında Cd; Türkmen ve Dora, (2016) çalışmasında Cd, Cr, Ni ve Pb; Mol ve ark., (2017) çalışmasında As, Pb ve Zn; Türkmen ve Akaydın, (2017) çalışmasında Cd, Cr, Ni ve Pb; Türkmen ve Öğütücü, (2020) çalışmasında Cd, Cr, Ni ve Pb; Baki, (2021) çalışmasında Cd, Cr, Ni ve Pb; Mutlu, (2021) çalışmasında Cd, Cr ve Pb değerleri hem yapmış olduğumuz çalışma hem de tolere sınırından daha yüksektir.

Tablo 5.7’de görüleceği gibi, bu çalışmada *S. sarda* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Türkmen ve Dura, (2016) çalışmasında Cd, Cr, Ni ve Pb; Türkmen ve Akaydın, (2017) çalışmasında Cr, Ni ve Pb; Türkmen ve Öğütücü, (2020) çalışmasında Cd, Cr ve Ni; Mutlu, (2021) çalışmasında Cd, Cr, ve Pb; Verap ve Mutlu, (2022) Al, Mn ve Pb değerleri hem yapmış olduğumuz çalışma hem de tolere sınırından daha yüksektir. Etobur ve yırtıcı bir tür olan palamut balığı besin zincirinde yüksek bir basamakta bulunduğu için ağır metal birikimi de diğer organizmalardan daha yüksek olabilir (Kaçar, 2022).

Tablo 5.1. Barbun (*M. barbatus*) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(TFC, 2009)
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(EC, 2006)
	–	–	–	1	–	50	30	100	–	1	0,50–1	2	–	100	(WHO, 2014)
	0,10	0,10	–	0,10	–	2	–	–	–	–	–	0,50	–	–	(MHPRC, 2013)
	–	–	–	0,50	–	–	30	–	0,50	–	–	0,50	–	30	(FAO, 1983)
	–	0,60	–	–	–	0,03	–	–	–	–	0,05	0,30	–	–	(ISNO, 2012)
	29,50	5,31	1,48	0,03	0,08	0,04	0,63	37,96	0,09	1,39	0,13	0,04	1,22	11,96	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	
TRB	–	–	–	0,02	0,11	0,17	1,30	27,7	–	0,38	1,24	0,22	–	8,26	(Tepe ve ark., 2008)
SNP	–	–	–	0,03	0,07	0,15	0,87	21,8	–	0,48	1,05	0,39	–	10,5	
BRT	–	–	–	0,02	0,03	0,24	0,15	10,8	–	0,28	0,20	0,17	–	5,06	
SMS	–	1,33	–	<0,02	–	–	–	–	<0,05	–	–	0,08	–	–	(Daş ve ark., 2009)
SNP	–	2,38	–	<0,02	–	–	–	–	<0,05	–	–	0,05	–	–	
BRT	2,60	–	6,73	0,11	–	0,14	4,08	21,20	–	0,77	0,63	1,11	–	16,03	(Findık ve Çiçek, 2011)
KRD	–	3,40	–	3,38	–	–	–	4,00	–	0,13	<0,01	<0,01	0,55	–	Aydın ve Tokaloğlu, 2014)
SNP	<0,5	1,30	–	<0,02	–	–	<0,5	2,3	<0,05	–	–	<0,05	–	3,2	(Bat ve ark., 2015) ^b
SMS	–	–	–	0,20	<0,01	0,21	1,27	24,9	–	0,19	2,21	1,76	–	4,95	(Türkmen ve Dura, 2016)
SNP	–	–	–	0,07	0,02	0,40	2,38	2,11	–	0,32	0,21	2,94	–	9,49	
KCL	–	–	–	0,06	0,02	0,03	1,40	10,4	–	0,11	2,85	0,88	–	5,71	
RZE	–	–	–	0,09	0,06	0,11	1,81	30,5	–	0,32	1,78	1,30	–	5,00	(Türkmen ve Akaydın, 2017)
TRB	–	–	–	0,12	0,01	0,35	1,74	49,5	–	0,43	1,73	1,03	–	7,15	
GRS	–	–	–	0,04	0,03	0,09	1,99	44,7	–	0,24	2,54	0,45	–	6,02	
SKR	–	3,37 – 5,87	–	0,02 – 0,05	–	–	1,36 – 11,85	–	0,01 – 0,03	–	–	0,03 – 1,70	–	20,80 – 34,94	(MoI ve ark., 2017)
KRD	0,54	50,34	–	<0,01	0,01	0,03	0,20	2,68	–	0,18	0,25	0,07	–	3,03	(Varol ve ark., 2019)
KRD	–	–	–	0,02	–	–	0,29	–	0,04	–	–	0,05	–	6,40	(Bat ve ark., 2020)
KRD	–	–	–	0,08 – 0,10	0,03 – 0,10	0,49 – 0,74	0,32 – 0,39	–	–	0,41 – 4,41	1,24 – 5,76	0,13 – 0,18	–	7,92 – 8,55	(Türkmen ve Ögütçü, 2020)
KRD	<0,01 – 3,55	–	–	0,14 – 0,15	–	0,15 – 0,43	0,82 – 1,77	6,81 – 9,21	–	0,74 – 1,63	–	0,59 – 0,82	–	4,53 – 11,60	(Mutlu, 2021)
KRD	–	5,83	–	0,04	0,11	0,12	0,82	62,98	0,11	2,39	0,19	0,13	–	15,48	(Kalıpcı ve ark., 2023)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.2. Çinekop (*P. saltatrix*) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(TFC, 2009)
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(EC, 2006)
	–	–	–	1	–	50	30	100	–	1	0,50–1	2	–	100	(WHO, 2014)
	0,10	0,10	–	0,10	–	2	–	–	–	–	–	0,50	–	–	(MHPRC, 2013)
	–	–	–	0,50	–	–	30	–	0,50	–	–	0,50	–	30	(FAO, 1983)
	–	0,60	–	–	–	0,03	–	–	–	–	0,05	0,30	–	–	(ISNO, 2012)
	4,40	1,06	0,95	0,01	0,01	0,01	0,80	9,93	0,02	0,32	0,04	0,02	1,04	11,19	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	
TRB	–	–	–	0,01	0,03	0,21	0,52	41,2	–	0,20	0,60	0,09	–	3,85	(Türkmen ve ark., 2009)
SNP	–	–	–	0,03	0,21	0,18	2,97	40,3	–	0,80	0,57	0,36	–	15,9	
BRT	–	–	–	0,02	0,03	0,07	1,58	33,4	–	0,31	0,44	0,11	–	6,93	
SMS	–	–	–	0,19	0,04	0,18	1,73	30,6	–	0,15	2,45	1,14	–	6,83	(Türkmen ve Dura, 2016)
SNP	–	–	–	0,25	0,03	0,36	1,47	20,7	–	0,07	1,61	0,78	–	5,66	
KCL	–	–	–	0,14	0,04	0,37	1,48	24,7	–	0,06	0,40	0,49	–	6,02	
SNP	–	–	–	–	–	–	0,38	19,54	–	–	–	–	–	15,00	(Bat ve ark., 2017)
RZ	–	–	–	0,05	0,04	0,39	2,52	43,4	–	0,13	0,27	0,18	–	5,75	(Türkmen ve Akaydın, 2017)
TRB	–	–	–	0,04	0,05	0,51	2,24	48,0	–	0,12	0,41	0,13	–	6,76	
GRS	–	–	–	0,20	0,03	0,28	1,89	31,4	–	0,15	1,68	0,28	–	4,44	
KRD	–	0,99	–	0,02	0,01	0,04	0,72	8,81	0,02	0,27	0,10	0,02	–	11,12	(Kalıpcı ve ark., 2023)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.3. Hamsi (*E. encrasicolus*) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(TFC, 2009)
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(EC, 2006)
	–	–	–	1	–	50	30	100	–	1	0,50–1	2	–	100	(WHO, 2014)
	0,10	0,10	–	0,10	–	2	–	–	–	–	–	0,50	–	–	(MHPRC, 2013)
	–	–	–	0,50	–	–	30	–	0,50	–	–	0,50	–	30	(FAO, 1983)
	–	0,60	–	–	–	0,03	–	–	–	–	0,05	0,30	–	–	(ISNO, 2012)
	3,11	2,35	1,33	0,07	0,05	0,01	1,63	19,64	0,01	2,15	0,12	0,02	0,97	32,11	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
KRD	–	–	–	0,02 – 0,06	0,06 – 0,08	0,09 – 0,17	0,88 – 8,58	35,7 – 44,4	–	0,70 – 2,82	0,51 – 1,51	0,12 – 0,87	–	10,6 – 45,6	(Türkmen ve ark., 2008)
BATUM	–	0,60 – 0,61	–	ND	–	–	ND	–	ND	–	–	ND	–	11,7 – 13,0	(Bat ve ark., 2014)
ORD	–	0,41 – 0,67	–	ND	–	–	ND	–	ND	–	–	ND	–	11,7 – 12,7	
SMS	–	0,65 – 0,67	–	ND	–	–	ND	–	ND	–	–	ND	–	9,7 – 12,9	
SNP	–	0,53 – 0,69	–	ND	–	–	ND	–	ND	–	–	ND	–	8,6 – 9,5	
SMS	–	–	–	0,06	0,04	0,15	2,04	54,1	–	0,51	0,14	4,07	–	17,6	(Türkmen ve Dura, 2016)
SNP	–	–	–	0,19	0,03	0,16	2,08	52,5	–	0,77	0,13	2,98	–	11,4	
KCL	–	–	–	0,08	0,05	0,12	2,44	54,0	–	0,30	0,33	4,58	–	11,5	(Bat ve ark., 2017)
SNP	–	–	–	–	–	–	0,28	9,75	–	–	–	–	–	7,87	
RZE	–	–	–	0,31	0,03	0,17	2,42	53,1	–	0,63	0,54	2,99	–	11,4	(Türkmen ve Akaydın, 2017)
TRB	–	–	–	0,04	0,04	0,12	2,21	52,9	–	0,57	0,48	3,85	–	15,4	
GRS	–	–	–	0,15	0,03	0,17	2,31	53,6	–	0,68	1,04	4,87	–	17,6	
KRD	1,23	3,47	–	<0,01	0,08	0,08	0,90	21,36	–	2,02	0,11	0,02	–	39,52	(Varol ve ark., 2019)
KRD	–	–	–	0,09 – 0,10	0,03 – 0,16	0,55 – 2,30	0,55 – 1,18	–	–	0,59 – 1,13	1,62 – 21,2	0,19 – 0,33	–	14,1 – 16,9	(Türkmen ve Ögütçü, 2020)
SMS, SNP	2,27	2,17	–	0,02	0,04	0,04	1,31	17,93	0,14	1,55	0,65	0,10	0,63	30,72	(Erdem ve ark., 2021) ^a
KRD	0,03 – 12,39	–	–	0,08 – 0,16	–	0,14 – 0,45	1,42 – 3,25	9,95 – 23,49	–	1,06 – 3,24	–	0,73 – 1,14	–	12,89 – 25,75	(Mutlu, 2021)
KRD	–	1,95	–	0,06	0,05	0,01	1,32	17,43	0,01	1,62	0,11	0,02	–	29,12	(Kalıpcı ve ark., 2023)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.4. İstavrit (*T. trachurus*) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(TFC, 2009)
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(EC, 2006)
	–	–	–	1	–	50	30	100	–	1	0,50–1	2	–	100	(WHO, 2014)
	0,10	0,10	–	0,10	–	2	–	–	–	–	–	0,50	–	–	(MHPRC, 2013)
	–	–	–	0,50	–	–	30	–	0,50	–	–	0,50	–	30	(FAO, 1983)
	–	0,60	–	–	–	0,03	–	–	–	–	0,05	0,30	–	–	(ISNO, 2012)
	3,69	1,74	1,51	0,03	0,03	0,01	1,11	13,89	0,02	0,34	0,04	0,01	1,57	20,11	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
SNP	–	–	–	0,04 – 0,05	–	–	2,22 – 6,21	–	–	–	–	0,17 – 0,23	–	17,89 – 32,38	(Bat ve ark., 2012)
KRD	–	–	–	0,03 – 0,08	0,07 – 0,08	–	0,82 – 1,17	24,9 – 28,0	–	0,39 – 0,86	0,27 – 0,83	0,16 – 0,41	–	4,34 – 8,78	(Mutlu ve ark., 2012)
KRD	–	0,63	–	3,58	–	–	–	3,86	–	0,44	0,03	<0,01	0,39	–	(Aydın ve Tokaloğlu, 2014)
SMS	–	–	–	0,11	0,04	0,26	2,11	2,09	–	0,35	0,22	1,02	–	6,90	(Türkmen ve Dura, 2016)
SNP	–	–	–	0,13	0,05	0,28	2,23	2,88	–	0,22	0,34	1,50	–	11,5	
KCL	–	–	–	0,11	0,01	0,07	1,51	39,5	–	0,27	2,92	3,63	–	5,70	
RZ	–	–	–	0,15	0,02	0,19	1,85	40,9	–	0,23	1,78	2,49	–	5,57	(Türkmen ve Akaydın, 2017)
TRB	–	–	–	0,16	0,02	0,43	2,41	45,7	–	0,27	1,77	0,76	–	6,38	
GRS	–	–	–	0,76	0,04	0,09	0,28	39,4	–	0,44	1,41	1,81	–	3,75	
KRD	1,63	0,68	–	<0,01	0,01	0,08	0,53	5,64	0,02	0,15	0,04	0,02	0,58	7,0	(Duyar ve Bilgin, 2019)
KRD	0,56	1,41	–	<0,01	0,10	0,03	0,74	10,61	–	0,33	0,04	0,02	–	39,28	(Varol ve ark., 2019)
KRD	–	–	–	0,09	0,02 – 0,03	0,52 – 0,63	0,54 – 0,63	–	–	0,17 – 0,28	1,08 – 5,10	0,13 – 0,55	–	6,66 – 8,57	(Türkmen ve Ögütçü, 2020)
KRD	0,02 – 3,79	–	–	0,12 – 0,04	–	0,23 – 0,35	0,75 – 2,73	7,30 – 14,53	–	0,45 – 1,03	–	0,82 – 1,34	–	5,72 – 32,37	(Mutlu, 2021)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayrılmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.5. Kefal (*M. cephalus*) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(TFC, 2009)
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(EC, 2006)
	–	–	–	1	–	50	30	100	–	1	0,50–1	2	–	100	(WHO, 2014)
	0,10	0,10	–	0,10	–	2	–	–	–	–	–	0,50	–	–	(MHPRC, 2013)
	–	–	–	0,50	–	–	30	–	0,50	–	–	0,50	–	30	(FAO, 1983)
	–	0,60	–	–	–	0,03	–	–	–	–	0,05	0,30	–	–	(ISNO, 2012)
	5,31	0,99	1,40	0,02	0,03	0,04	0,82	14,71	0,01	0,35	0,07	0,03	1,01	8,46	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
SNP	–	–	–	0,02 – 0,03	–	–	2,86 – 4,61	–	–	–	–	0,09 – 0,19	–	30,88 – 42,65	(Bat ve ark., 2012)
RZE	–	–	–	0,30	0,32	0,09	0,95	41,1	–	0,16	0,09	0,90	–	3,99	(Türkmen ve Akaydın, 2017)
GRS	–	–	–	0,57	0,32	0,07	0,57	42,9	–	0,06	0,64	0,02	–	4,18	

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.6. Mezgit (*M. merlangus*) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(TFC, 2009)
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(EC, 2006)
	–	–	–	1	–	50	30	100	–	1	0,50–1	2	–	100	(WHO, 2014)
	0,10	0,10	–	0,10	–	2	–	–	–	–	–	0,50	–	–	(MHPRC, 2013)
	–	–	–	0,50	–	–	30	–	0,50	–	–	0,50	–	30	(FAO, 1983)
	–	0,60	–	–	–	0,03	–	–	–	–	0,05	0,30	–	–	(ISNO, 2012)
	5,04	1,48	1,55	0,02	0,02	0,01	0,62	7,46	0,03	0,32	0,03	0,02	1,21	8,74	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
TRB	–	–	–	0,01	0,07	0,13	0,88	48,4	–	0,57	0,83	0,25	–	8,62	(Tepe ve ark., 2008)
SNP	–	–	–	0,04	0,06	0,19	2,90	81,9	–	0,69	1,95	0,46	–	12,9	
BRT	–	–	–	0,02	0,05	0,13	0,77	34,0	–	0,42	0,67	0,18	–	5,73	
SMS	–	1,09	–	<0,02	–	–	–	–	<0,05	–	–	0,05	–	–	(Daş ve ark., 2009)
SNP	–	0,58	–	<0,02	–	–	–	–	<0,05	–	–	0,05	–	–	
BRT	17,36	–	44,8	0,40	0,92	–	8,53	83,01	–	2,13	1,96	6,80	–	77,99	(Fındık ve Çiçek, 2011)
KRD	–	0,82	–	4,05	–	–	–	0,69	–	0,23	<0,01	0,02	0,40	–	Aydın ve Tokaloğlu, 2014)
SNP	<0,5	1,24	–	<0,02	–	–	<0,5	0,87	<0,05	–	–	<0,05	–	3,4	(Bat ve ark., 2015) ^b
SMS	–	–	–	0,06	0,02	0,04	1,28	17,7	–	0,14	3,05	1,41	–	5,04	(Türkmen ve Dura, 2016)
SNP	–	–	–	0,05	0,03	0,18	0,92	8,34	–	0,08	0,80	0,63	–	3,47	
KCL	–	–	–	0,06	0,02	0,03	1,46	16,4	–	0,15	2,52	0,69	–	3,99	
SKR	–	1,98 – 7,53	–	0,01 – 0,04	–	–	1,57 – 3,35	–	0,01 – 0,02	–	–	0,05 – 1,22	–	13,70 – 36,49	(Mol ve ark., 2017)
RZE	–	–	–	0,08	0,03	0,04	1,65	8,16	–	0,18	2,44	1,29	–	4,08	(Türkmen ve Akaydın, 2017)
TRB	–	–	–	0,12	0,03	0,28	1,62	45,6	–	0,30	1,80	1,30	–	5,65	
GRS	–	–	–	0,05	0,04	0,04	2,40	32,1	–	0,43	0,09	0,66	–	3,77	
KRD	–	–	–	0,01	–	–	0,20	–	0,02	–	–	0,07	–	9,05	(Bat ve ark., 2020)
KRD	–	–	–	0,09 – 0,10	0,02 – 0,04	0,51 – 0,55	0,26 – 0,69	–	–	0,21 – 0,45	1,60 – 2,53	0,16 – 0,57	–	6,41 – 9,42	(Türkmen ve Ögütçü, 2020)
SNP	–	–	–	1,07	–	1,48	–	–	ND	–	1,77	5,38	–	–	(Baki, 2021)
KRD	3,5 – 7,39	–	–	0,06 – 0,14	–	0,21 – 0,39	0,71 – 3,15	4,64 – 7,96	–	0,37 – 2,31	–	0,58 – 1,31	–	4,76 – 8,65	(Mutlu, 2021)
KRD	–	1,44	–	0,02	0,01	0,03	0,63	7,16	0,04	0,35	0,05	0,02	–	8,66	(Kalıpcı ve ark., 2023)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.7. Palamut (*S. sarda*) balığı kas dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(TFC, 2009)
	–	–	–	0,05	–	–	–	–	0,50	–	–	0,30	–	–	(EC, 2006)
	–	–	–	1	–	50	30	100	–	1	0,50–1	2	–	100	(WHO, 2014)
	0,10	0,10	–	0,10	–	2	–	–	–	–	–	0,50	–	–	(MHPRC, 2013)
	–	–	–	0,50	–	–	30	–	0,50	–	–	0,50	–	30	(FAO, 1983)
	–	0,60	–	–	–	0,03	–	–	–	–	0,05	0,30	–	–	(ISNO, 2012)
	2,34	1,39	0,85	0,01	0,01	0,01	1,51	15,61	0,04	0,18	0,02	0,01	1,26	7,45	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
SMS	–	–	–	0,05	0,06	0,23	2,97	39,6	–	0,13	1,24	0,35	–	32,1	(Türkmen ve Dura, 2016)
SNP	–	–	–	0,13	0,03	0,36	4,13	37,2	–	0,34	2,89	0,29	–	7,29	
KCL	–	–	–	0,11	0,04	0,34	3,46	43,1	–	0,27	2,44	0,25	–	5,26	
RZE	–	–	–	0,04	0,03	0,10	3,78	37,8	–	0,60	4,46	0,29	–	12,7	(Türkmen ve Akaydın, 2017)
TRB	–	–	–	0,04	0,04	0,24	2,75	47,4	–	0,16	2,94	0,37	–	11,3	
GRS	–	–	–	0,04	0,04	0,23	2,96	40,7	–	0,23	5,91	0,52	–	12,7	
KRD	–	–	–	0,09	0,01 – 0,05	0,54 – 0,70	0,77 – 1,16	–	–	0,13 – 0,23	1,07 – 4,75	0,13 – 0,14	–	6,30 – 8,17	(Türkmen ve Öğütçü, 2020)
KRD	0,02 – 8,72	–	–	0,06 – 0,14	–	0,20 – 0,28	1,57 – 4,08	5,86 – 32,82	–	0,20 – 0,82	–	0,73 – 1,11	–	4,63 – 18,34	(Mutlu, 2021)
RZE	17,94	–	–	–	–	–	2,46	18,42	–	2,14	–	0,25	–	8,40	(Verep ve Mutlu, 2022)
TRB	29,33	–	–	–	–	–	1,34	10,41	–	2,49	–	0,33	–	16,56	
KRD	–	1,55	–	<0,01	<0,01	0,03	1,54	15,72	0,04	0,25	0,04	0,01	–	8,09	

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

5.2. Akdeniz Midyesi (*M. galloprovincialis*), Deniz Salyangozu (*R. venosa*), Kahverengi Alg (*C. barbata*) ve Sediment Örnekleri İçin Ölçüm Sonuçları

M. galloprovincialis, *R. venosa*, *C. barbata* ve sediment örnekleri element konsantrasyon ortalamalarını incelendiğinde *C. barbata* ve sedimentte benzer olarak Ca ve bunu takiben K'nın; *M. galloprovincialis*'te sırasıyla Na, P; deniz *R. venosa*'da ise Mg ve ardından K'nın diğer elementlere göre yüksek olduğu izlenmiştir. Eser elementler söz konusu olduğunda ise *M. galloprovincialis* hariç tüm biyomonitör örneklerde Fe'nin ve bunu takiben Al'nin yüksek olduğu gözlenmiştir. *M. galloprovincialis*'te ise sırasıyla Al, Fe gelmektedir. Ağır metaller söz konusu olduğunda ise *M. galloprovincialis*, *R. venosa* ve *C. barbata* benzer olarak As; sedimentte ise Pb en yüksek değerlerde ölçülmüştür. Bunu takiben *M. galloprovincialis* ve *R. venosa* yine benzer olarak Cd, *C. barbata*'da Pb, sedimentte ise Cr gelmektedir.

Yapılan değerlendirmede *C. barbata* türünde ortalama element konsantrasyonlarının diğerlerine nazaran daha yüksek olduğu ve $Ca > K > Na > Mg > P > B > Mn > Cu > Zn > As > Pb > Ni > Cr > Co > Cd > Hg$ şeklinde sıralandığı görülmektedir. Fe, Al, Si ve As için ölçülen en yüksek ortalamalar ise sedimentte tespit edilmiştir. Sucul bitkilerin metalleri bünyelerinde biriktirme kapasitesilerinin yüksek oluşu, ayrıca metallerin çözünürlük kapasitesine bağlı olarak doğrudan sediment tabakasına çöküp birikmesi bu sonuç üzerinde etkilidir.

Tüm bölgelerden toplanan örneklerdeki ölçüm sonuçları incelendiğinde en yüksek değerler; Al 18100 (SD, ART), As 43,06 (CB, RZE), B 650 (CB, SNP), Ca 166107 (CB, ORD), Cd 13,96 (RV, RZE), Co 11,08 (SD, GRS), Cr 63,07 (SD, SMS), Cu 190 (CB, ART), Fe 41168 (SD, GRS), Hg 0,26 (CB, SMS), K 38712 (CB, GRS), Mg 14311 (CB, SNP), Mn 525 (CB, ORD), Na 38056 (CB, KST), Ni 34,04 (SD, SMS), P 3995 (CB, ORD), Pb 50,71 (SD, GRS), Se 5,16 (CB, KST), Si 3124 (SD, SNP), Zn 172 (RV, RZE) $\mu g\ g^{-1}$ 'dir. Maksimum değerler çoğunlukla balıklarda olduğu gibi yine Rize ilinde gözlenmiştir.

M. galloprovincialis, *R. venosa* kas dokuları yanı sıra *C. barbata* ve sediment için istasyonlardan elde edilen ortalama ağır metal derişimlerinin önceki çalışmalar ve uluslararası standartlarla karşılaştırmaları Tablo 5.8'den Tablo 5.11'e dek sunulmuştur.

Tablo 5.8'de göröleceği gibi, bu çalışmada *M. galloprovincialis* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tepe ve Süer, (2016) çalışmasında Pb; Duyar ev Bilgin, (2019) çalışmasında Zn değeri hem mevcut çalışmadan hem de tolere sınırından daha yüksektir. Birikim farklılığı yaşam alanına, çevresel koşullara, ortamdaki ağır metal türü ve seviyesine, maruz kalma yolu ve süresinin yanı sıra süzme kapasitesi ve üreme durumu gibi faktörlere bağlıdır Bat ve ark., (2018)^c.

Tablo 5.9'da göröleceği gibi, bu çalışmada *R. vesona* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Mülayim ve Balkıs, (2015) çalışmasında Hg değeri hem mevcut çalışmadan hem de tolere sınırından daha yüksektir. Deniz salyangozu gibi tolere sınırı yüksek ve istilacı bentik türlerin dokularında ağır metal birikimi daha yüksek olabilmektedir Bat ve ark., (2018)^c.

Tablo 5.10'da göröleceği gibi, bu çalışmada *C. barbata* örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Türkmen ve Aydın, (2021) çalışmasında Cr ve Ni değerleri mevcut çalışmadan daha yüksektir.

Tablo 5.11'de göröleceği gibi, bu çalışmada sediment örneklerinden elde edilen element konsantrasyon düzeyleri daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Gedik ve Boran, (2013) yapmış olduğu çalışmada As, Cu, Ni ve Zn; Yalçın ve ark., (2013) yapmış olduğu çalışmada As ve Ni; Bat ve ark., (2015)^a yapmış oldukları çalışmada As; Özşeker ve ark., (2022) yapmış olduğu çalışmada As, Cu, Pb ve Zn değerleri hem mevcut çalışmadan hem de Sediment Kalite Kılavuzu verilerine göre kirlenmemiş değerinden daha yüksektir. Bunun sebebi askıda katı

maddelere kolayca bağlanıp sedimentte biriken elementlerdir. Sedimentte biriken madde miktarı su kirliliğinin de düzeyini yansıtır. Bölgedeki liman atıkları, madencilik faaliyetleri, yol kirliliği, kentsel atıklar ve endüstriyel atıklardan gelen antropojenik etki neticesinde oluşabilir (Yalçın ve ark., 2013).



Tablo 5.8. Akdeniz Midyesi (*M. galloprovincialis*) dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	1	–	1	–	–	20	–	0,50	–	–	1	–	50	(TFC, 2002)
	–	–	–	1	–	–	–	–	0,50	–	–	1,50	–	–	(EC, 2007)
	–	0,50-25	–	10	–	1	50-100	–	–	–	–	1	0,30–2	200-1000	(FAO, 1983)
	74,90	2,00	3,20	0,91	0,10	0,11	2,01	69,68	0,01	3,15	0,26	0,23	0,54	36,40	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	
SMS	–	–	–	0,41	–	–	–	–	–	–	–	1,09	–	–	(Daş ve ark., 2009)
SNP	–	1,35-1,91	–	0,47	–	–	–	–	–	–	–	0,26	–	–	
ART	–	–	–	1,0	–	–	29	430	0,02	17	–	7,5	–	232	
RZE	–	0,19	–	2,4	–	–	10,5	132	0,07	56	–	18	–	13	
TRB	–	–	–	2,9	–	–	17	2363	0,24	63	–	7,1	–	31	
GRS	–	–	–	1,5	–	–	8,0	924	0,02	28	–	3,8	–	79	(Balkıs ve ark., 2013)
ORD	–	3,22	–	3,0	–	–	6,0	45	0,13	51	–	15	–	801	
SMS	–	4,85	–	0,9	–	–	3,4	24	0,13	12	–	11	–	43	
ZNG	–	0,41	–	0,6	–	–	7,7	122	0,09	52	–	13	–	108	
SKR	–	0,07	–	1,3	–	–	5,2	576	0,07	–	–	17	–	425	
SMS	–	2,3	–	–	–	–	0,8	29,3	–	–	–	–	–	–	(Bat ve Öztekin, 2015)
GRS	–	2,64 – 3,57	–	–	1,74 – 2,37	0,37 – 0,80	2,12 – 3,40	76,86 – 292,6	–	4,68 – 8,93	7,37 – 21,04	2,69 – 3,85	0,31 – 1,07	52,16 – 85,56	(Tepe ve Süer, 2016)
SNP	–	–	–	0,03	–	–	1,12	–	0,02	–	–	0,08	–	11	(Bat ve ark., 2017) ^b
ART	–	–	–	0,34	–	0,13	2,61	–	–	2,47	0,22	0,51	–	21,54	
RZE	–	–	–	0,46	–	0,14	2,12	–	–	3,41	0,24	0,16	–	20,67	
TRB	–	–	–	0,37	–	0,20	4,68	–	–	5,01	0,22	2,85	–	35,91	(Gedik, 2017) ^a
GRS	–	–	–	0,63	–	0,17	4,66	–	–	2,36	0,36	2,80	–	31,02	
SNP	–	–	–	<0,01-0,08	–	–	–	–	0,05-0,23	–	–	0,10-0,15	–	–	(Bat ve ark., 2018) ^a
KRD	–	–	–	0,04-0,10	–	–	0,5-1,8	18-35	0,03-0,07	2,8-4,5	–	0,06-0,31	–	8-27	(Bat ve ark., 2018) ^b
KRK	–	–	–	0,07-0,11	–	–	–	–	0,03-0,06	–	–	0,14-0,21	–	–	(Bat ve ark., 2018) ^c
KRD	14,81	2,43	–	0,92	0,20	0,08	0,83	33,78	<0,01	1,36	0,53	0,20	0,69	75,69	(Duyar ve Bilgin, 2019)
SNP	–	–	–	<0,01-0,01	–	–	0,52-0,93	–	0,015-0,02	–	–	0,13-0,45	–	16,4-21,8	(Bat ve ark., 2021)
	–	1,84	–	0,08	–	0,62	1,95	–	–	–	0,65	0,99	–	39,75	(Turanlı ve Gedik, 2021)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.9. Deniz salyangozu (*R. venosa*) dokularında tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	1	–	1	–	–	20	–	0,50	–	–	1	–	50	(TFC, 2002)
	–	–	–	1	–	–	–	–	0,50	–	–	1,50	–	–	(EC, 2007)
	–	0,50-25	–	10	–	1	50-100	–	–	–	–	1	0,30-2	200-1000	(FAO, 1983)
	84,52	9,48	2,74	4,58	0,12	0,38	17,50	159,99	0,02	3,30	0,55	0,22	0,91	42,59	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	
SMS ve SNP	–	6,55	–	4,63	–	–	–	–	–	–	–	0,14	–	–	(Daş ve ark., 2009)
SMS	–	6,7	–	4,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21,6	(Bat ve Öztekin, 2015)
IST	–	–	–	0,1 – 1,6	–	0,1	–	–	0,4 – 0,5	–	–	0,1 – 0,7	–	–	(Mülayım ve Balkıs, 2015)
KRK	–	–	–	0,1 – 0,2	–	0,2	–	–	0,6 – 0,7	–	–	0,1	–	–	
ART	–	–	–	0,89	–	0,23	21,09	–	–	1,28	0,18	0,20	–	15,22	(Gedik, 2017) ^b
RZE	–	–	–	1,64	–	0,26	17,72	–	–	1,37	0,21	0,30	–	17,79	
TRB	–	–	–	1,49	–	0,37	18,60	–	–	3,60	0,25	0,98	–	24,18	
GRS	–	–	–	1,75	–	0,26	12,89	–	–	2,02	0,22	0,43	–	11,70	
KRK	–	–	–	0,08 – 0,14	–	–	–	–	0,18 – 0,44	–	–	0,09 – 0,18	–	–	(Bat ve ark., 2018) ^c

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.10. Kahverengi Alg (*C. barbata*)’de tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması ($\mu\text{g g}^{-1}$ ya)

Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
	–	3	–	0,5	–	–	–	–	1	–	–	5	–	–	(CEVA, 2019)
	3111	23,89	394	1,53	2,32	7,19	115	5398	0,08	188	13,77	13,98	2,70	66,27	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	
KRD	–	–	–	0,09 – 0,66	0,2 – 1,5	–	5 – 37	327 – 1754	–	2 – 64	0,8 – 2,4	0,08 – 1,9	–	7 – 65	(Arıcı ve Bat, 2016)
SNP	–	–	–	0,09 – 1,30	0,30 – 2,40	–	1,30 – 7,00	261,0 – 2143,0	–	2,40 – 64,00	1,74 – 15,00	1,50 – 10,00	–	5,0 – 76,0	(Bat ve Arıcı, 2016)
SNP	316,5	18,17	–	0,2	0,50	–	10,2	481,4	0,01	21,3	4,44	1,44	–	59,5	(Arıcı ve ark., 2019)
KST	–	–	–	0,33 – 0,62	–	–	9,69 – 18,38	70,12 – 288,2	–	6,46 – 26,54	2,14 – 7,02	2,28 – 3,71	–	9,37 – 19,44	(Elderwish, 2020)
GRS	–	–	–	0,20 – 1,71	1,28 – 6,83	25,7 – 39,1	5,63 – 43,6	1529 – 12918	–	26,2 – 340	86,5 – 199	0,62 – 6,89	–	29,9 – 212	(Türkmen ve Aydın, 2021)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

Tablo 5.11. Sedimentte tespit edilen konsantrasyonlarının diğer çalışmalarla karşılaştırılması (µg g⁻¹ ya)

Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
(Gedik ve Boran, 2013)	–	<3	–	–	–	–	<25	–	–	–	<20	<40	–	<90	Kirlenmemiş
	–	3 – 8	–	–	–	–	25-50	–	–	–	20-50	40–60	–	90-200	Orta d. kirli
	–	>8	–	–	–	–	>50	–	–	–	>50	>60	–	>200	Çok kirli
	11295	3,42	17,52	0,14	5,87	20,32	10,19	17666	0,01	293	11,55	22,48	0,43	31,55	Ortalama*
Lokasyon	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn	Referanslar
KRD	1,5-8,0	4,9 – 13,0	–	0,1 – 1,4	–	–	33,9 – 279	–	0,01 – 0,40	–	13,10 – 68,0	15,9 – 33,0	–	82,0 – 383	(Gedik ve Boran, 2013)
SKR	–	4,80 – 13,2	–	1,40 – 5,80	4,30 – 26,0	13,2 – 632	5,10 – 18,2	–	–	–	9,10 – 78,30	5,10 – 37,7	–	44,5 – 286	(Yalçın ve ark., 2013)
SNP	–	7,4 - 10,2	–	0,02 – 0,06	5,9 – 9,5	67 – 374	5,09 – 7,24	–	0,03 – 0,07	227 – 470	12,50 – 16,20	6,32 – 7,12	–	13,8 – 19,3	(Bat ve ark., 2015) ^a
IST	–	–	–	0,08 – 0,29	–	4,43 – 55,36	–	–	<0,01 – 0,06	–	–	1,57 – 13,56	–	–	(Mülayim ve Balkıs, 2015)
KRK	–	–	–	0,07 – 0,35	–	0,79 – 51,99	–	–	<0,01 – 0,06	–	–	0,86 – 16,35	–	–	
TRB	–	4.93	–	–	–	7.48	17.92	–	–	–	8.96	22.28	–	30.92	(Özşeker, ve ark., 2016)
SNP	400-5724	0,42-7,4	–	0,003-0,1	0,22-4,5	–	0,54-4,6	613,7-10393	0,005-0,03	12,2-516	0,33-18,2	0,19-39,3	–	0,79-18,7	(Bat ve ark., 2017) ^c
KRD	–	–	–	5,95	–	–	19,54	–	–	–	–	7,88	–	41,88	(Türk-Çulha ve ark., 2017)
SNP	3529	4,23	–	0,05	2,72	–	4,85	6252	0,02	236,4	10,03	2,92	–	12,8	(Arıcı ve ark., 2019)
SNP	–	–	–	<0,01	–	–	3,03	–	<0,01	–	–	0,28	–	8,14	(Bat ve ark., 2019)
SNP	–	–	–	0,26 – 0,97	–	–	13,23-16,94	9366-10992	–	350,9 – 416,4	20,12 – 21,54	17,51 – 21,35	–	49,92 – 64,89	(Elderwish, 2019)
KST	–	–	–	0,36 – 1,23	–	–	7,47-17,17	3491-11185	–	156,8 – 383,1	14,24 – 21,68	11,36 – 21,19	–	21,43 – 60,76	
ZNG	–	–	–	0,37 – 0,74	–	–	12,74 – 13,88	7985-14999	–	351,4 – 427,9	19,68 – 25,19	15,32 – 18,75	–	45,97 – 52,76	
TRB	–	9,8 – 16,6	–	–	16,7 – 18,2	–	59,40 - 103	–	–	–	21,2 – 24,9	39,3 – 46,1	–	104,5 – 126	(Özşeker ve ark., 2022)

*Mevcut çalışmada elde edilen verilerin istasyon ayırmaksızın alınan ortalama değerleridir.

5.3. Tespit edilen elementlerin konsantrasyon dağılımları

Makro besin elementleri konsantrasyonlarının dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$);

- Ca için; MM (1,55) > TT (1,51) > MB (1,48) > MC (1,40) > EE (1,33) > PS (0,95) > SS (0,85)
CB (393,8) > SD (17,52) > MG (3,20) > RV (2,74)
- K için; SS (11725) > PS (11360) > MC (11301) > TT (10942) > MM (10665) > EE (9566) > MB (7004)
CB (31194) > SD (5383) > RV (3269) > MG (1197)
- Mg için; TT (1087) > SS (1056) > EE (943) > PS (921) > MC (916) > MM (898) > MB (727)
CB (12299) > RV (4246) > SD (4039) > MG (654)
- Na için; MM (4557) > TT (3372) > MC (2682) > MB (2583) > EE (2545) > PS (2154) > SS (1500)
CB (28251) > MG (4030) > RV (2729) > SD (1744)
- P için; SS (6732) > EE (6671) > TT (5981) > PS (5714) > MC (5442) > MM (5109) > MB (4769)
CB (2471) > RV (1704) > MG (1570) > SD (277)

Eser elementlerin konsantrasyonlarının dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$);

- Al için; MB (29,50) > MC (5,31) > MM (5,04) > PS (4,40) > TT (3,69) > EE (3,11) > SS (2,34)
SD (11295) > CB (3111) > RV (84,52) > MG (74,90)
- B için; MM (1,55) > TT (1,51) > MB (1,48) > MC (1,40) > EE (1,33) > PS (0,95) > SS (0,85)
CB (393,8) > SD (17,52) > MG (3,20) > RV (2,74)
- Cu için; EE (1,63) > SS (1,51) > TT (1,11) > MC (0,82) > PS (0,80) > MB (0,63) > MM (0,62)
CB (114,7) > RV (17,50) > SD (10,20) > MG (2,01)

- Fe için; MB (37,96) > EE (19,64) > SS (15,61) > MC (14,71) > TT (13,89) > PS (9,93) > MM (7,46)
SD (17667) > CB (5398) > RV (160) > MG (69,68)
- Mn için; EE (2,16) > MB (1,39) > MC (0,35) > TT (0,34) > MM (0,32) ≥ PS (0,32) > SS (0,18)
SD (293) > CB (188) > RV (3,30) > MG (3,15)
- Se için; TT (1,57) > SS (1,26) > MB (1,22) > MM (1,21) > PS (1,04) > MC (1,01) > EE (0,97)
CB (2,70) > RV (0,92) > MG (0,54) > SD (0,43)
- Si için; MB (43,05) > MC (35,84) > MM (35,57) > TT (30,81) > EE (29,51) > SS (29,01) > PS (27,06)
SD (2586) > CB (1094) > RV (45,33) > MG (42,39)
- Zn için; EE (32,11) > TT (20,12) > MB (11,96) > PS (11,19) > MM (8,74) > MC (8,46) > SS (7,45)
CB (66,27) > RV (42,59) > MG (36,40) > SD (31,55)

Ağır metallerin konsantrasyon dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$);

- As için; MB (5,31) > EE (2,35) > TT (1,74) > MM (1,48) > SS (1,39) > PS (1,06) > MC (0,99)
CB (23,89) > RV (9,48) > SD (3,42) > MG (2,00)
- Cd için; EE (0,07) > MB (0,032) > TT (0,029) > MM (0,019) > MC (0,016) > PS (0,013) > SS (0,008)
RV (4,58) > CB (1,53) > MG (0,91) > SD (0,14)
- Co için; MB (0,09) > EE (0,05) > MC (0,03) > TT (0,03) > MM (0,02) > PS (0,01) > SS (0,01)
SD (5,87) > CB (2,32) > RV (0,12) > MG (0,10)
- Cr için; MB (0,05) > MC (0,04) > PS (0,02) > MM (0,01) > TT (0,01) > SS (0,01) > EE (0,01)
SD (20,32) > CB (7,19) > RV (0,38) > MG (0,11)
- Hg için; MB (0,093) > SS (0,04) > MM (0,03) > TT, PS (0,02) > EE, MG (0,01)
CB (0,079) > RV, (0,02) > SD, MG (0,01)

- Ni için; MB (0,13) > EE (0,12) > MC (0,07) > TT (0,04) ≥ PS (0,04) > MM (0,03) > SS (0,02)
CB (13,78) > SD (11,55) > RV (0,55) > MG (0,26)
- Pb için; MB (0,04) > MC (0,03) > EE, PS, MM (0,02) > TT, SS (0,01)
SD (22,48) > CB (13,98) > MG (0,23) > RV (0,22)

Türler arasında izlenen element konsantrasyon farklılıkları balığın yaşam alanına, ortamdaki ağır metal türü ve seviyelerinin yanı sıra maruz kalma yolu ve süresine, besin miktarına, beslenme alışkanlıklarına, metabolizma ve metabolik faaliyetlerini etkileyen çevresel koşullara, balığın yaşı, büyüklüğü ve üreme gibi faktörlere bağlıdır. Ayrıca, sucul bitkilerin metalleri bünyelerinde biriktirme kapasitesilerinin yüksek oluşu makro algleri, metallerin çözünürlük kapasitesine bağlı olarak doğrudan sediment tabakasına çökmesi de buradaki birikim üzerinde etkilidir (Kaçar, 2022; Varol ve Kaçar, 2023; Köse ve Uysal, 2008; Canlı ve Atlı, 2003; Canpolat ve Çalta, 2003).

5.4. Korelasyon Verileri

5.4.1. Balık Örneklerinde Korelasyon Verileri

Su ekosistemlerinin ağır metallerle kirlenmesi dünya çapında ciddi şekilde artırmıştır. Ağır metal kirliliği hem sudaki organizmaları hem de besin zincirindeki birikim sebebi ile insan sağlığını etkilemektedir. Balıkların insani tüketim amacıyla kullanılan kısmı olan kas dokusunda biriken metaller insan sağlığı açısından anlamlıdır. Nitekim deniz ürünleri tüketiminin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi dokulardaki toplam ağır metal seviyesinin yanı sıra biyoerişilebilirlik ile de ilgilidir (Gedik, 2017)^a. Tüketimdeki tercih önceliği sebebiyle artan balık ağırlığı ve element absorpsiyonu arasındaki korelasyon ilişkisi büyük önem arz etmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde 8 ilde ekonomik öneme sahip 7 balık türünde gerçekleştirilen bu çalışmada; balık ağırlığı ile kas dokuda tespit edilen mineraller, eser ve toksik elementlerin birikimleri arasındaki anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Balık

ağırlığı potasyum, magnezyum, fosfor, bakır, selenyum arasındaki ilişkilerin pozitif yönde; kalsiyum, sodyum, alüminyum, bor, kadmiyum, kobalt, krom, mangan, nikel, kurşun, silisyum, çinko arasındaki ilişkilerin ise negatif yönde ve 0,01 düzeyinde; As ile arasındaki korelasyonun ise 0,05 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ağırlık ve cıva arasında pozitif yönlü; demir arasında ise negatif yönlü olan korelasyonun ise 0,05 düzeyinde önemsiz olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Şekil 4.12).

Yapılan çalışmaya göre mineral madde ve ağır metal konsantrasyonlarının çoğunlukla küçük balıklarda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Yenilebilir kas dokudaki potasyum, magnezyum, fosfor, bakır, selenyum birikiminin ağırlıkça büyümeye bağlı olarak arttığı; kalsiyum, sodyum, alüminyum, bor, kadmiyum, kobalt, krom, mangan, nikel, kurşun, silisyum, çinko birikiminin ise ağırlıkça büyümeye bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Nitekim Alkan ve ark., (2016) yapılan çalışmaya benzer şekilde literatürde balık dokularındaki element konsantrasyonları ile balık boyutları arasında negatif korelasyon olduğunu bildirmiştir. Doğu Karadeniz'de ekonomik açıdan en önemli iki demersal balık türü olan *M. barbatus* ve *M. merlangus* kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri ve balık büyüklüğü gruplarının ağır metal birikim düzeyleri üzerindeki etkilerini değerlendirdiği çalışmalarında; *M. merlangus* balığının boy grupları arasında; Mn, Co, Cu, Zn ve Cd birikim düzeyleri arasındaki; *M. barbatus* balığı boy gruplarında ise Mn ve Cd birikimindeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Küçük boy *M. merlangus* balıklarının Cu ve Zn konsantrasyonları; küçük boy *M. barbatus* grubunun ise Cd konsantrasyonları daha yüksek bulunmuş, küçük ve orta boy *M. barbatus* Mn konsantrasyonlarının büyük boy *M. barbatus* balıklarına göre anlamlı derecede yüksek olduğu rapor edilmiştir. Yine bir başka çalışmada; İznik Gölü Havzası'ndaki 11 balık türü arasında benzer şekilde bazı ağır metallerin birikimi değerlendirilmiş olup *S. cii* ve *R. frisii* dokularındaki demir, çinko ve bakırın balık büyüklüğü ile arasında negatif korelasyon gösterdiği bildirilmiştir ($p<0,01$) (Köker, 2022). Varol ve ark., (2020) ise yapmış olduğu çalışmada; Dicle Nehri'nden toplanan *Capoeta umbla* ve *Luciobarbus*

mystaceus balık örneklerinin uzunluk ve ağırlığı ile dokulardaki ağır metal konsantrasyonları arasında anlamlı negatif korelasyonlar kaydetmişlerdir. *C. umbla* için kastaki Cd uzunlukla; *L. mystaceus* için ise kastaki Cr dışındaki tüm metallerin ise ağırlıkla anlamlı negatif korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir ($p<0,05$). Yine Varol ve Kaçar (2023), yapmış olduğu benzer bir çalışmada da balık büyüklüğü (uzunluk ve ağırlık) ile *Capoeta tinca* ve *Squalius pursakensis* dokularındaki 17 elementin biyolojik birikimi arasındaki ilişkiyi gözlemlemişlerdir. *C. tinca* dikkate alındığında kastaki K ağırlıkla, mevcut çalışmada elde edilen sonuçları destekler şekilde pozitif ilişki göstermiştir ($p<0,05$). *S. pursakensis* dikkate alındığında ise kasta Mn ve Co balık büyüklüğü ile negatif ilişki göstermiştir ($p<0,05$). Canlı ve Atlı (2003) tarafından yapılan araştırmada; Kuzeydoğu Akdeniz'deki altı balık türünün dokularındaki ağır metal konsantrasyonları ölçülmüş ve birkaç durum dışında, metal konsantrasyonları ile balık büyüklüğü arasındaki anlamlı ilişkilerin negatif olduğunu belirlemişlerdir. Başkaya ve ark.'nın (2023) yürüttüğü çalışmada ise Kozan Baraj Gölü'nde ağ kafeslerde yetiştirilen Gökkuşuğu alabalığının (*Oncorhynchus*) mineral madde ve ağır metal içeriklerini araştırmış ve ağır metal içeriklerinin balığın büyüklüğüne göre değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir ($p<0,05$). Balık boyu ve ağırlığının artışına paralel olarak Mg ve K değerlerinin arttığını, Na ve Ca değerlerinin ise azaldığını gözlemlemişlerdir. Tespit edilen bu sonuçlar bizim çalışmamız ile paralellik göstermektedir. Baraj gölündeki büyük boy balıklarda Se konsantrasyonunun balığın boy ve ağırlık artışına paralel olarak arttığını rapor etmişlerdir (Baskaya ve ark., 2023). Dicle Nehri'nin Ilısu bölgesinden toplanan *Carassius gibelio*'nun kas dokularındaki bazı ağır metaller ile balığın boy ve ağırlığı arasındaki ilişkiler belirlenmiş, kas dokusundaki As miktarı ile ağırlık arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p>0,05$). Ayrıca kastaki Ni miktarının hem uzunluk hem de ağırlık açısından anlamlı negatif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Kaçar, 2022). Tokathoğlu ve ark.'nın (2023), Kayseri bölgesindeki yenilebilir tatlı su balıklarının kaslarındaki ağır metal birikimlerini araştırdığı çalışmasında Hg içeriği ile balık boyutları (uzunluk ve ağırlık) arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır ($p>0,05$). Tüm bu örnek çalışmalar mevcut çalışmanın bulgularını desteklemektedir.

Öte yandan; Ege Denizi, Çandarlı Körfezi'nde *M. barbatus*'un farklı organ dokularında ağır metal (Cu, Zn, Pb, Cr, Fe) birikimi ile bireysel ağırlıkları arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Taş ve ark., 2011). Dicle Nehri'nin Ilısu bölgesinden toplanan *Carassius gibelio*'nun kas dokularındaki bazı ağır metallerin miktarları ile balığın boy ve ağırlığı arasındaki ilişkiler belirlenmiş, kas dokusundaki Cr, Mn, Co, Cu ve Cd konsantrasyonları ağırlık açısından değerlendirildiğinde anlamlı bir korelasyon olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Kaçar, 2022). Damsa Baraj Gölü'nde *S. pursakensis* için kasta sadece Co ile uzunluk arasında pozitif bir korelasyon olduğu ($p<0,05$), *C. carpio*'da ise kastaki konsantrasyonu ile boy ve ağırlık arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmediği belirlenmiştir ($p>0,05$) (Kaçar, 2024). Erzincan Karasu Nehri'nden toplanan dört balık türünün (*Acanthobrama marmid*, *Capoeta umbla*, *Capoeta trutta* ve *Chondrostoma regium*) dokularındaki ağır metal konsantrasyonları ile balık büyüklüğü (uzunluk ve ağırlık) arasındaki ilişkiler araştırılmış, 3 balık türü için de balık ağırlığı ile tüm ağır metaller arasında anlamlı pozitif korelasyonlar bulunmuştur ($p<0,01$, $p<0,05$). *C. trutta*'da benzer şekilde balık ağırlığı ile tüm ağır metaller ($p>0,05$ 'teki Cr ve Cu hariç) arasında anlamlı pozitif korelasyonlar bulunmuştur (Tanır, 2021). Türkiye'de sıklıkla tüketilen 10 farklı balık türünde 11 ağır metal düzeyi belirlenmiş, metal düzeyleri ile balık boy ve ağırlıkları arasındaki ilişkiler araştırılmış, metal konsantrasyonlarının genellikle balık boy veya ağırlığına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Sazan balıklarında As, Cr ve Ni konsantrasyonlarında boyla; *M. barbatus* balıklarında As ve Ni konsantrasyonlarının hem boy hem de ağırlıkla pozitif korelasyon gösterdiği bildirilmiştir. Ancak Avrupa levreği, çipura ve Avrupa barakudasının uzunluk ve ağırlıkları arasında herhangi bir ilişki belirlenmemiştir. 11 metal arasında yalnızca Pb'nin balık türünün uzunluğu veya ağırlığı ile ilişki olmadığı belirtilmiştir (Varol ve ark., 2019). Emet Çayı ve Dursunbey Çayı üzerindeki istasyonlardan mevsimsel olarak, *Squalius cii*, *Capoeta tinca* ve *Barbus oligolepis* dokularında tespit edilen ağır metal seviyelerinin balık ağırlıkları ile korelasyon ilişkileri araştırılmış, balık kas dokularında tespit edilen Ni ile her 3 balığın total ağırlık verileri arasında; ayrıca *S. cii* türünün ağırlıkları ile kas dokularında tespit edilen As, Cd, Pb, Ag ve Cr arasında pozitif olmak üzere istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler kaydedilmiştir ($p<0,01$) (Tokatlı ve ark., 2016).

SNP ilinde yakalanan *Sarda sarda* (Bloch, 1793) balıklarının yenilebilir dokularındaki metal birikiminin boyuta bağlı olduğu, tüm konsantrasyonların hem uzunluk hem de ağırlık açısından pozitif korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir ($p<0,05$) (Bat ve ark., 2022). Keban Baraj Gölü, Örencik mevkiinden yakalanan *Capoeta trutta* örneklerinin kas dokusunda tespit edilen bazı ağır metallerin konsantrasyonları ile balığın bazı biyolojik özellikleri (ağırlık, uzunluk, cinsiyet) arasındaki ilişki belirlenmiş, ağır metal konsantrasyonlarının balığın ağırlığı ve uzunluğuna bağlı olarak artış gösterdiği; Cr, Cu, Zn için istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($p>0,05$) fakat pozitif yönlü ilişkinin Fe ve Cd için anlamlı olduğu bildirilmiştir (Canpolat ve Çalta, 2021).

Yapılan bu çalışmanın sonucu; balıkların kas dokusundaki mineral madde ve metal konsantrasyonları arasında belirgin bir fark olduğu tespit edilmiştir. Özellikle ağır metaller arasında gözlenen istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar kirliliği göstermektedir. Örneğin mevcut çalışmada alüminyum ile arsenik, kadmiyum, cıva, kurşun arasında; arsenik ile kadmiyum, cıva, kurşun arasında; kadmiyum ile kurşun arasında pozitif yönde ve 0,01 düzeyinde anlamlı; cıva ile kurşun arasında pozitif yönde ve 0,05 düzeyinde anlamlı; kadmiyum ve cıva arasında pozitif yönde fakat 0,05 düzeyinde önemsiz bir korelasyon ilişkisi bulunmuştur (Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Şekil 4.12).

Benzer şekilde; SNP kıyılarında yaşayan *Trachurus trachurus*, *Engraulis encrasicolus*, *Merlangius merlangius euxinus* ve *M. barbatus*'un kas dokusunda bulunan konsantrasyonlar arasındaki korelasyonun istatistiksel anlamı belirlenmiş ve yapmış olduğumuz çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir. Al ve Fe arasındaki korelasyon pozitif; Al ile Zn arasındaki ilişki negatif olarak tespit edilmiş ancak bu ilişkiler mevcut çalışmadan farklı olarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Cd'nin Pb ve Ni ile ilişkisi; Cu ile Zn arasındaki korelasyon pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olarak bildirilmiştir ($p\leq 0,05$). Ayrıca; Fe, Ni ile güçlü ve pozitif bir ilişki içinde olduğu rapor edilmiştir ($p<0,01$) (Gündoğdu ve ark., 2020). Doğu Karadeniz'de yapılan çalışmada *M. merlangus* balıklarında Mn ile Co

arasında; *M. barbatus* balığında Cr ile Ni ve Cu ile Cd metalleri arasında pozitif ve anlamlı düzeyde korelasyon katsayıları elde edilmiştir ($p<0,01$) (Alkan, 2016). Tokathoğlu ve ark. (2023), Kayseri bölgesindeki yenilebilir tatlı su balıklarının kaslarındaki ağır metal birikimlerini araştırdığı çalışmada; metal çiftlerinin çoğunun birbirleriyle önemli ölçüde pozitif korelasyon gösterdiğini; Cr-As, Cr-Co, As-Se ve Al-Cr çiftlerinin dikkat çekici pozitif korelasyon sonuçları verdiğini bildirmişlerdir. Gökova Körfezi'nde yaşayan dört balık türünün (*Mugil cephalus*, *Sparus auratus*, *Pagellus erythrinus*, *Epinephelus costae*) dokularındaki metaller arasında güçlü pozitif korelasyon katsayıları belirlenmiş, en yüksek pozitif korelasyon katsayısı Cd ve Pb ile *P. erythrinus* ve *E. costae* arasında analiz edilmiştir (Genç, 2021).

5.4.2. Akdeniz Midyesi (*M. galloprovincialis*), Deniz Salyangozu (*R. venosa*), Kahverengi Alg (*C. barbata*) ve Sediment Örneklerinde Korelasyon Verileri

Yapılan çalışmanın sonucu olarak mineral madde ve metal konsantrasyonları arasında belirgin bir fark olduğu tespit edilmiştir. Özellikle ağır metaller arasında gözlenen istatistiksel olarak önemli korelasyonlar kirliliği göstermektedir. Mevcut çalışmada tespit edilen *M. galloprovincialis*, *R. venosa*, *C. barbata* ve sediment örneklerinde özellikle Cd ile Hg ve Pb arasında pozitif yönlü 0,01 düzeyinde önemli korelasyon bağıntısı dikkat çekmektedir. Benzer şekilde *M. galloprovincialis*, *R. venosa* ve *C. barbata* numunelerinde Hg ile Pb arasında; *M. galloprovincialis* ile *C. barbata* numunelerinde Co-Cr arasında ve son olarak *M. galloprovincialis* ile sediment örneklerinde As ile Cd ve Hg arasında pozitif yönlü 0,01 düzeyinde önemli korelasyon bağıntısı dikkat çekmektedir.

Benzer şekilde; SNP sahilinden toplanan *M. galloprovincialis* olarak bilinen *M. galloprovincialis*'in tüketilebilir kısımlarındaki Co, Ni, Mn ve Fe konsantrasyonlarını değerlendirilmiş, metal seviyelerinin $Fe>Mn>Ni>Co$ şeklinde sıralandığı, ek olarak Fe-Mn ve Ni-Co arasında pozitif yönlü ve 0,05 düzeyinde önemli; Fe-Co ve Fe-Ni arasında negatif yönde ve 0,01 düzeyinde önemli; Mn-Co

arasında ise negatif yönde ve 0,05 düzeyinde önemli korelasyon bağıntısı belirlenmiş (Baki ve Baki, 2023). Hiçsözmez, (2010) Güney Karadeniz Şelfi'nde topladıkları *M. galloprovincialis*, *R. venosa* ve *M. merlangus* örnekleri ile hazırladığı tezindeki analizlerde Pb, Cd, V, Mo, As, Zn, Al ve Fe içeriklerinin genel olarak yüksek olduğunu, en yüksek korelasyon değerlerinin Ni ile Cr; Hg ile Zn ve Ni; V ile As arasında olduğunu vurgulamış. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde *M. galloprovincialis* türünün bakır tutma kapasitesi üzerinde çalışan Bayrak, (2016) deniz suyu, midye yumuşak doku ve sediment örneklerinde tespit edilen metal konsantrasyon değerlerinin daha önce yapılmış olan çalışmalardan genel olarak yüksek olduğunu tespit etmiş. Midyelerde Cu-As, Zn-As ve Mn-Pb arasında pozitif yönde bir ilişki; Mn-Fe, Mn-Ni, Mn-Cu, Mn-Zn, Fe-Ni, Fe-Cu, Fe-Zn, Cu-Zn, Zn-Pb ve As-Pb arasında pozitif yönde yüksek bir ilişki bulmuş. Aynı çalışmada sediment örneklerinde Fe-Zn arasında pozitif yönde; Mn-As arasında negatif yönde; Mn-Ni, Fe-Cu, Fe-As, Cu-Zn, Cu-As ve Zn-Pb arasında ise pozitif yönde yüksek bir ilişki gözlemlemiş. Ege Denizi'nden toplanan sediment, *C. barbata*, *P. caerulea* ve *L. Aurata* örneklerinde ağır metal (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) seviyelerini inceleyen Aydın-Önen ve Öztürk, (2017) çalışmasında ağır metal seviyeleri sırasıyla *C. barbata* için $Ni > Cd > Cu$, sediment için $Fe > Pb > Zn > Mn > Ni > Cu > Cd$ şeklinde rapor etmiş. Yanı sıra, sedimentte ve *C. barbata*'daki Fe ve Mn metallerinin aynı antropojenik kaynaktan gelebileceğini, *C. barbata*'nın Fe, Mn ve Zn düzeylerinin belirlenmesinde indikatör tür olarak kullanılabileceğini göstermiş. *C. barbata* numunelerinde Fe-Mn; sediment örneklerinde ise Mn-Fe, Mn-Ni, Zn-Pb, Cu-Fe, Cu-Ni arasında pozitif bir korelasyon; yine sediment örneklerinde Ni-Fe arasında ise pozitif yönlü yüksek dereceli bir ilişki olduğu belirlemiş. Bu metallerin aynı kaynaktan geldiğini ve/veya aralarında sinerjik etkileşimlerin bulunduğunu öne sürmüş. Arıcı ve ark., (2019), bölgesel metal kirliliğinin izlemek için Karadeniz'de yaygın olarak bulunan *Cystoseira barbata*, *C. Agardh* ve *C. crinita* örneklerini SNP kıyı bölgesinden toplamış. *Cystoseira* türünün genel metal alımı $Hg < Cd < Co < Pb < Ni < Cu < As < Mn < Zn < Fe = Al < As$ sıralamasında bir eğilim gösterdiğini; *Cystoseira* türünün kıyı kirliliğinin biyolojik monitörü olarak düzenli olarak kullanılabileceğini vurgulamış. As-Co, As-Cu, As-Pb ve As-Fe arasında anlamlı negatif korelasyon bulunduğu; kahverengi makro alglerdeki yüksek fosfat

konsantrasyonları nedeniyle daha fazla As biriktirdiği ve As için iyi bir gösterge olduğu belirlemiştir. Akdeniz, (2016) yapmış olduğu yüksek lisans tezi için Doğu Karadeniz Bölgesi'nde TRB ve GRS illerindeki 12 istasyondan *R. vesona* örneklerini mevsimsel olarak toplamıştır. Mevsim ve istasyon farkı gözlemeksizin *R. vesona*'ların yumuşak dokularındaki metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde; Fe>Zn>Cu>Mn>As>Pb>Cr>Cd>Ni şeklinde tespit etmiştir. *R. vesona* yumuşak dokuda metallerin birbirleri arasında mevsimsel korelasyon değerleri incelendiğinde pozitif ilişkiler gözlemiştir; Cr ile Mn, Fe, Ni; Mn ile Fe, Ni; Fe ile Ni, Cu, As; Ni ile Cu, Cu ile As, Zn ile Pb, As ile Cd arasında pozitif yönlü 0,01 düzeyinde yüksek; Ni ile As arasında ise pozitif yönlü fakat 0,05 düzeyinde; Fe ile Zn, As ile Pb arasında negatif yönlü 0,01 düzeyinde yüksek; Mn ile Zn, Zn ile As arasında ise negatif yönlü ve 0,05 düzeyinde önemli bir korelasyon ilişkisi belirlemiştir.

Daha önce bahsedildiği üzere ölçülen mineral madde ve metallerin birbirleriyle olan korelasyonu incelendiğinde en yüksek değerler *M. galloprovincialis* örneklerinde K-As, Mg-Na, Al-Fe, Cd-Hg, Cr-Ni, P ile As, B-Ni, Co-Ni, Cu-Cd, Mn-Al, Pb-Cu, Si-Fe, Zn-Mg arasında tespit edilmiştir (Tablo 4.29). *R. vesona* örneklerinde ölçülen en yüksek korelasyonu değerleri Mg-P, Al-Mn, Cd-Zn, Fe-Al, Pb-Cd, Se-P, Si-Al, Zn-Cd arasında tespit edilmiştir (Tablo 4.31). *C. barbata* örneklerinde en yüksek korelasyon değerleri ise Na-Se, Cd-Hg, Co-Fe, Ca-Mn, K-Zn, Mg-K, Al-Fe, Cr-Al, Mn-Co, Pb-Hg, Si-Hg arasındadır (Tablo 4.33). Son olarak sediment örneklerinde en yüksek değerler Ca-Hg, K-Mn, Na-Cu, P-Zn, Cr-Ni, Mg-Al, Al-Cu, Cd-P, Co-Fe, Fe-, Pb-P, Se-Mn arasında tespit edilmiştir (Tablo 4.35). Yüksek korelasyon değerleri bu elementlerin canlıda birikim mekanizmalarının benzer olduğunu ve birbirlerini zenginleştirdiklerini göstermektedir.

5.5. İnsan Vücuduna Tüketim Yoluyla Alınan Ağır Metallerin Değerlendirilmesi

Tablo 4.37 ve 4.38’de tahmini EWI ve EDI’yi önerilen PTDI ve PTWI değerleriyle karşılaştırmaktadır. Bu çalışmada tahmin edilen haftalık ve günlük alımlar, birçok araştırmacının balık için bildirdiği değerlerle uyumludur (Bat ve ark., 2018^c; Bat, 2019; Türkmen ve Ögütçü, 2020; Erdem ve ark., 2021; Turanlı ve Gedik, 2021;). Toksin seviyeleri, insan tüketimi için güvenli kabul edilen günlük ve haftalık alım yönergeleriyle karşılaştırıldı ve bu değerlerin, nikel hariç, belirtilen seviyelerin altında olduğu bulunmuştur. Bat ve ark., (2018)^c yapmış oldukları çalışmada esansiyel olmayan metallerin tahmini seviyelerinin izin verilen sınırların altında olduğunu, bu deniz ürünlerinin tüketiminin tahmini haftalık alımları (EWI) ve günlük alımları (EDI), FAO/WHO tarafından belirlenen 70 kg’lık kişi için izin verilen tolere edilebilir haftalık/günlük alımların (PTWI / PTDI) oldukça altında olduğunu rapor etmiştir Bat ve ark., (2018)^c. Bat, 2019 yılında *Mytilus galloprovincialis* üzerinde yapmış olduğu çalışmada vücut ağırlığına dayalı olarak Pb, Hg ve Cd toksik metallerinin geçici tolere edilebilir günlük alım miktarlarını belirlemiş, analizi yapılan midyelerin yenilebilir dokularının bu bölgede insan tüketimine uygun olduğu bildirmiştir. Türkmen ve Ögütçü, (2020) yapmış oldukları çalışmada bir istasyondan tek bir türde bulunan normalin üzerindeki nikel seviyeleri dışında insan sağlığına herhangi bir tehlikenin olmadığı sonucuna varılmıştır (Türkmen ve Ögütçü, 2020). Erdem ve ark, (2021) çalışmasında ise farklı deniz kıyılarından avlanan *E. encrasicolus* balıklarının EWI değerleri verilmiştir. Haftalık balık tüketimi göz önünde tutularak hazırlanan bazı iz elementlerin PTWI değerleri ile farklı denizlerden avlanan *E. encrasicolus* balıklarının EWI değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde üç denizden avlanan *E. encrasicolus* balıklarının EWI değerlerinin önerilen PTWI değerlerinden daha düşük olduğu, insan sağlığı açısından risk taşımadığı söylenmiştir (Erdem ve ark, 2021). Turanlı ve Gedik (2021) *Mytilus galloprovincialis* üzerinde yapmış oldukları çalışmadan edindikleri verileri Avrupa Komisyonu (EC) limitleri ile karşılaştırmış, Cd değerinin eşik değerleri aşmadığını, ancak Pb değerlerinin limitlerin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir (Turanlı ve Gedik, 2021).

Balık kas dokularındaki Al ölçüm sonuçları incelenen tüm balık türlerinde, As ölçüm sonuçlarının ise *S. sarda* hariç tüm balık türlerinde yönetmeliklerin kabul edilebilir değerlerinin üzerindedir (TFC, 2009; EC, 2006; WHO, 2014; MHPRC, 2013; FAO, 1983; ISNO, 2012). *S. sarda* balıklarında ölçülen As değerlerinin ise TRB ve ORD istasyonları hariç tüm diğer illerde kabul edilebilir değerleri aştığı görülmüştür. Balık kas dokularındaki Cd ölçüm sonuçları *E. encrasicolus* balıklarında ART hariç tüm illerde; *T. trachurus* balıklarında ise sadece ART'de kabul edilebilir değerlerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Mn değerleri incelendiğinde *E. encrasicolus* balıklarında tüm illerde; *M. barbatus* balıklarında ise GRS hariç tüm illerde tolere değerlerini aştığı belirlenmiştir.

As ölçüm sonuçlarının kabuklular ve *C. barbata* ürünleri için tüm illerde izin verilen sınırların üzerinde olduğu tespit edilmiştir (TFC, 2002; EC, 2007; FAO, 1983; CEVA, 2019). Cd için yapılan değerlendirmede ise *M. galloprovincialis*'te yalnızca SMS ve KST'da sınırı aşmışken; *R. vesona* ART ve TRB hariç tüm illerde, *C. barbata*'da ise SNP hariç tüm illerde sınırın üzerinde olduğu belirlenmiştir. Cu *R. vesona*'larda sadece RZE ve SMS'da izin verilen sınırı geçmiştir. Pb için *C. barbata* tüm illerde izin verilen sınırı geçmiştir. Ayrıca Pb değeri sedimentte sadece GRS ve ORD'da Sediment Kalite Kılavuzu verilerinin üzerindedir (Gedik ve Boran, 2013). Zn için *M. galloprovincialis* KST'da, *R. vesona*'nın ise RZE'de kabul edilebilir değerleri aştığı belirlenmiştir.

Balıklarda ölçülen elementlerin maksimum değerleri il bazında değerlendirildiğinde çoğunlukla RZE, SNP ve KST illerinde gözlenmiştir. Ayrıca Ca, Co, Fe, Ni, Si, Al, As, Hg verilerinin maksimum değerlerine *M. barbatus*'ta ve K, Na, B, Cr, Se, Pb verilerinin maksimum değerlerine ise *M. cephalus* balıklarında rastlanmıştır. MB ve MC balıklarında diğer balık türlerine göre farklı ölçüde metal birikiminin nedenini MB'nin dipte yaşayan tür olmasının yanı sıra, MB ve MC'nin beslenme alışkanlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diyetlerinde yüksek miktarda metal içeren çift kabukluların ve gastropodların öne çıkmasına bağlanabilir (Kaçar, 2022).

Kabuklular, alg ve sediment örneklerinde ölçülen elementlerin maksimum değerleri il bazında değerlendirildiğinde çoğunlukla GRS'da gözlenmiş, bunu RZE, ORD, SMS ve SNP takip etmiştir. Ayrıca Al, Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Si verilerinin maksimum değerlerine sedimentte; As, B, Ca, Cu, Hg, K, Mg, Mn, Na, P, Se verilerinin maksimum değerlerine makro alg örneklerinde rastlanmıştır.

Makro besin elementleri incelendiğinde en yüksek konsantrasyon genel olarak *C. barbata*'da ölçülmüştür, bunu sırasıyla kabuklular, sediment ve balıklar izlemiştir. Eser elementler ve ağır metaller incelendiğinde en yüksek konsantrasyonlar genel olarak sedimentte ölçülmüştür, bunu sırasıyla *C. barbata*, kabuklu ve balıklar izlemiştir. Gözlem sonuçları derlendiğinde; makro besin elementlerinin *C. barbata* daha yoğun birikim gösterdiği, kabuklu ve sedimentte birikimin giderek azaldığı, oysaki eser element ve ağır metallerde ise birikimin sedimentte daha yoğun olup, *C. barbata* ve kabuklularda azaldığı tespit edilmiştir. Balıklarda ise makro besin elementi, iz element ve ağır metal grupları için birikimin en az gözleendiği numune örnekleri olmuştur. Balıklarda makro besin elementlerinin genel olarak *S. sarda*, *M. merlangus* ve *T. trachurus* balıklarında, eser elementlerin *M. barbatus*, *E. encrasicolus* ve *M. merlangus* balıklarında, ağır metallerin ise *M. barbatus*, *E. encrasicolus* ve *M. cephalus* balıklarında daha çok rastlandığı tespit edilmiştir.

Yapılan tüm örneklemelede ölçülen makro besin elementleri, iz elementler ve ağır metallerin tümünün maksimum değerleri il bazında değerlendirildiğinde çoğunlukla *C. barbata* (Ca, K, Mg, Na, P, B, Cu, Mn, Se, As ve Hg) ve sediment (Co, Cr, Fe, Ni, Si, Al ve Pb) örneklerinde ve genelde RZE ilinde rastlanmıştır. Rize ilindeki liman işletmeciliği ve madencilik faaliyetlerindeki yoğunluğun bu sonucu meydana getirdiği düşünülebilir (Kalıpcı, 2023).

Çalışmada değerlendirilen tüm elementler için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmaktadır ($p < 0,05$). *M. barbatus* için Na,

B ve Fe; *P. saltatrix* için Ca, *T. trachurus* için Cu, *M. cephalus* için B, Ni ve Al, *S. sarda* için Na, Cu, Fe ve As; *M. galloprovincialis* için P, Cu, Zn ve Al; *R. vesona* için Na, Fe, Ni ve Al; *C. barbata* için Fe ve As; sediment için Ca, K, Cr, Fe, Mn, Ni ve Zn elementleri istasyonların her birinde farklıdır ve bu farklılık istatistiksel olarak önem arz etmektedir ($p < 0,05$).

Yapılan çalışmaya göre mineral madde ve ağır metal konsantrasyonlarının çoğunlukla küçük balıklarda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Metal konsantrasyonları ile balık büyüklüğü arasındaki negatif ilişkiyi küçük balıkların metabolizmalarının daha hızlı olması nedeniyle vücutlarında daha fazla metal biriktiği, bağışıklık sistemlerinin gelişmemiş olması ve beslenme konusunda daha aktif olmaları ile açıklanabilir. Genç balıklar daha aktif enerji sağladığı için daha yüksek düzeyde oksijene ihtiyaç duyarlar. Aynı zamanda büyük balıkların besin zincirinde daha fazla besine ve besin çeşidine ihtiyaç duymaları ve tüketmelerinden dolayı bazı metaller dokularda daha fazla akümüle olabilir. Ayrıca küçük balıkların solungaçlarındaki yüksek metal birikimi, küçük balıkların büyük balıklara göre daha fazla oksijene ihtiyaç duyması ve dolayısıyla solunum için solungaçlarından daha fazla su geçmesiyle açıklanabilir (Kaçar, 2022; Varol ve Kaçar, 2023; Köse ve Uysal, 2008; Canlı ve Atlı, 2003; Canpolat ve Çalta, 2003).

Bulgular bölümünde de bahsedilen ölçümü yapılan elementler arasındaki pozitif korelasyonlar değişkenler arasındaki sinerjik etki sonucu doğrusal bir artışı belirtir. Yani, metal içerikleri arasındaki pozitif korelasyonlar, antropojenik faaliyetlerin elementlerin ortak bir kaynağı olduğunu düşündürür. Örneğin, iki farklı metalin konsantrasyonlarındaki benzerlik, ilgili kaynakları, özdeş özellikleri ve su ortamına bağımlılığı tanımlar (Kalıpcı, ve ark., 2023). Negatif korelasyonlar ise bir değişkenin miktarındaki artışın diğer değişkenin değerinde azalmaya yol açan bir blokajı ifade etmektedir.

Bu çalışmada Karadeniz Bölgesi'ndeki 8 ilde toplanan balık örneklerinde ölçülen mineral madde ve metallerin birbirleriyle olan korelasyonu incelendiğinde; en yüksek değerler Al ile Fe ve Fe ile Al ($r = +0,804$), Cd ile Mn ve Mn ile Cd ($r =$

+0,814) arasında tespit edilmiştir (Tablo 4.13). Yüksek korelasyon değerleri bu elementlerin canlıda birikim mekanizmalarının benzer olduğunu ve birbirlerini zenginleştirdiklerini göstermektedir (Kalıpcı, 2023).

Son olarak bu çalışmada incelenen balıklar için hesaplanan EWI ve EDI değerleri otoriteler tarafından önerilen değerlerin (FAO/WHO 2004; WHO 1993; EPA 2008) çok altındadır. Sonuç olarak örnekleme yapılan mevsim ve istasyonlar dikkate alındığında balık ve yumuşakça türlerinin Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'ndeki 8 ilde tüketiminin insan sağlığı üzerinde herhangi bir zararlı etki yaratmayacağı söylenebilir.

Yapmış olduğumuz çalışma tüketimde önemli yere sahip olan balık ve kabukluların insan sağlığı üzerindeki risklerini ortaya koymakla birlikte, Karadeniz'deki kirlilik kaynaklarının değerlendirilmesi, ağır metal konsantrasyonlarının sürekli izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınmasının önemine dikkat çekmektedir. Konsantrasyonlar sınır değerlerin altında olsa da antropojenik girdilerin yüksek olması nedeniyle çalışma alanının düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Yaptığımız çalışma ileride yapılacak çalışmalar için de veri kaynağı oluşturması açısından önem arz etmektedir.

5.6. Öneriler

Cu, Zn gibi eser elementler metabolik aktivitelere katılmasına rağmen biyobirikim sonucu doz artışı ile kolayca toksik etki gösterdiği, As, Cd, gibi ağır metallerin ise düşük dozlarda dahi toksik etki göstereceği unutulmamalıdır. Yapılan çalışmada elde edilen değerler düşük olsa bile zorunlu izleme çalışmaları gereklidir. Özellikle sanayi ve liman bölgelerindeki organizmaların halk sağlığı açısından risk oluşturabileceği için insanlar tarafından sürekli olarak tüketilmemesi, sanayi ve deşarj bölgelerindeki metal kirliliğinin izlenebilmesi için biyomonitör türlerin bu bölgelere nakledilmesi, ağır metal kaynaklarının tespiti, takibi ve karşılaştırmasının yapılmasının yanı sıra önlemler alınması gereklidir.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, (2016). Doğu Karadeniz kıyılarında deniz salyangozu (*R. venosa*) türünde ağır metal konsantrasyonlarının EDXRF yöntemi ile belirlenmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üni. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi.
- Alkan, A., Alkan, N., Akbaş, U. (2016). The factors heavy metal levels in the muscle tissues of whiting (*Merlangius merlangus*) and red mullet (*Mullus barbatus*). *Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 349-359.
- Aras, S., Fındık, O., Kalıpcı, E., Şahinkaya, S. (2017). Assessment of concentration physicochemical parameters and heavy metals in Kızılırmak river, Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 72, 328-334.
- Arıcı, E., Bat, L., (2016). Using marine macroalgae as biomonitors: Heavy metal pollution along the turkish West coasts of The Black Sea. *Rapp. Comm. Int. , (41):* 238.
- Arıcı, E., Bat, L., Yıldız, G., (2019). Comparison of metal uptake capacities of the brown algae *Cytoseria barbata* and *Cyrtoceria cirinita* (Phaeophyceae) collected in Sinop, Turkey. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 5-17.
- Arısoy, S., 1966. Genel deniz ekonomisi olarak Karadeniz. Ankara Üni. 121-159.
- Aydın, D., Tokalıoğlu, Ş., (2014). Trace metals in tissues of the six most common fish species in the Black Sea, Turkey. *Food Additives ve Contaminants: Part B: Surveillance*, 1-16.
- Aydın-Önen, S., Öztürk, M., (2017). Investigation of heavy metal pollution in eastern Aegean Sea coastal waters by using *Cytoseria barbata*, *Patella caerulea*, and *Liza aurata* as biological indicators. *Environ. Sci Pollut. Res.*, 24(8): 7310-7334.
- Bakar, C., Baba, A., (2009). Metaller ve İnsan Sağlığı: Yürminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu. I. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı. 162-185
- Baki, O. G., (2021). The evaluation of heavy metal accumulation in whiting fish (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840), a local and economic species of the ventral Black Sea region. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 683-688.

Baki, O.G., Baki, (2023). Levels of heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamark, 1819) from the Black Sea (Sinop, Turkey). International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 11(6): 38-42.

Balkıs, N., Topçuoğlu, S., Güven, K. C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kırbaşoğlu, Ç., (2007). Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey. Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 13: 147-153.

Balkıs, N., Aksu, A., Hiçsönmez, H., (2013). Pollution monitoring using *Mytilus galloprovincialis* and fishes: A case study on the Southern Black Sea shelf. Asian Journal of Chemistry, 450-454.

Başkaya, B., Çelik, M., Kadak, A.E., Küçükgülmez, A. (2023). Comparison of nutritional composition, mineral and heavy metal content of rainbow trout from different aquaculture systems, Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 547-553.

Bat, L., (2019). Concentrations of toxic elements in mussels *Mytilus galloprovincialis* as bioindicator of coastal pollution. BioEco2019-International Biodiversity & Ecology Sciences Symposium. 36-40.

Bat, L., Arıcı, E., (2016). Heavy metal concentrations in macroalgae species from Sinop coasts of the Southern Black Sea. Journal of Coastal Life Medicine, (11): 841-845.

Bat, L., Öztekin, H.C., (2015). Heavy metals in *Mytilus galloprovincialis*, *Rapana venosa* and *Eriphia verrucosa* from the Black Sea Coasts of Turkey as bioindicators of pollution. Agricultural Technology and Biological Sciences, 13(9): 715-728.

Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., (1999). Ağır Metaller. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. 166-175.

Bat, L., Gündoğdu, A., Yardım, Ö., Zoral, T., Çulha, S., (2006). Heavy metal amounts in zooplankton and some commercial teleost fish inner harbour of Sinop, Black Sea. Su Ürün. Müh. Derg. , (25): 22-27.

Bat, L., Göktürk, O., Sezgin, M., Üstün, F., Şahin, F., (2009). Evaluation of the Black Sea land based sources of pollution the coastal region of Turkey. . The Open Marine Biology Journal., (3): 112-124.

Bat, L., Sezgin, M., Üstün, F., Şahin, F., (2012). Heavy metal concentrations in ten species of fishes caught in Sinop coastal waters of the Black Sea, Turkey. . Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 371-376.

Bat, L., Kaya, Y., Öztekin, H. C., (2014). Heavy metal levels in the Black Sea anchovy (*Engraulis encrasicolus*) as biomonitor and potential risk of human health. . Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 845-851.

Bat, L., Özkan, E. Y., Öztekin, H.C., (2015)^a. The contamination status of trace metals in Sinop coast of the Black Sea, Turkey. *Caspian J. Env. Sci.* , (13): 1-10.

Bat, L., Öztekin, H. C., Üstün, F., (2015)^b. Heavy metal levels in four commercial fishes caught in Sinop coasts of Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, (15): 399-405.

Bat, L., Arıcı, E., Öztekin, A., (2017)^a. Metal levels in commercial pelagic fishes and their contribution to their exposure in Turkish people of the Black Sea. *Journal Fish Res.*, (1): 1-4.

Bat, L., Arıcı, E., Yardım, Ö., Öztekin, A., (2017)^b. Heavy metals in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 from Sinop coasts of the Turkish Black Sea coasts as Bio-monitor. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity (p. 517). Minsk: Belarus.

Bat, L., Arıcı, E., Öztekin, A., (2018)^a. Heavy metal levels of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 in the Black Sea coasts: A review. . International Congress on Engineering and Life Science, (p. 739). Kastamonu.

Bat, L., Arıcı, E., Öztekin, A., (2018)^b. Human health risk assessment of heavy metals in the Black Sea: Evaluating Mussels. *Current World Environment*, 15-31.

Bat, L., Şahin, F., Öztekin, A., (2018)^c. Toxic elements in edible mollusks from Igneada coasts of the Black Sea, Turkey. *Korean Journal of Food ve Health Convergence*, 22-31.

Bat, L., Şahin, F., Öztekin, A., (2019). Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and polychaetes in Sinop shores of the Black Sea. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 806-816.

Bat, L., Öztekin, A., Arıcı, E., Şahin, F., (2020). Health risk assessment: heavy metals in fish from southern Black Sea. *Foods and Raw Materials*, 115-124.

Bat, L., Öztekin, A., Arıcı, E., Şahin, F., (2021). *Mytilus galloprovincialis* and metal contaminants: Health risk assessment from Sinop coasts. . *Korean Journal of Food ve Health Convergence*, 13-21.

Berzelius, J.J., “Selenium” 2024. <<https://www.rsc.org/periodic-table/element/34/selenium>> (11.10.2024)

Beyter, N., (2020). Deniz ürünlerinin sağlık açısından önemi ve gastronomideki yeri. *Anatolia Bilim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 47-61.

Boğa, A.; Binokay, S.; Oztügen , F.T., (2007). Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. *ResearchGate*. 218-234.

Bayrak, E.Y., (2016). Doğu Karadeniz kıyıs alınının ağır metal kirliliğinin tespiti ve Akdeniz midyesinin (*Mytilus galloprovincialis*) Cu tutma (adsorbsiyon) kapasitesinin araştırılması. Recep Tayyip Erdoğan Üni. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi.

Bolat, İ., Kara, Ö., (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. Journal of Batrin Faculty of Forestry. 218-228

Canlı, M., Atlı, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Enviromental Pollution*, 121(1), 129-136.

Canpolat, Ö., Çalta, M. (2021). Comparison of some heavy metal levels in the muscle tissue of *Capoeta trutta* captured from Örencik Region of Keban Dam Lake (Elazığ). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 1250-1257.

CEVA. (2019). Edible seaweed and french regulation. Regulatory status in France and europe. <https://www.cybercolloids.net/sites/default/files/seaweed%20and%20regulation2014.pdf>

Cüce, H., Kalipci, E., Ustaoglu, F., Baser, V., Türkmen, M. (2022^a). Ecotoxicological health risk analysis of potential toxic elements accumulation in the sediments of Kızılırmak River, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-14.

Cüce, H., Kalipci, E., Ustaoglu, F., Dereli, M.A., Türkmen, M. (2022^b). Multivariate statistical and spatial assessment of water quality from a dam threatened by drought at the mid-Anatolia, Cappadocia/ Turkey, *Arabian Journal of Geosciences* (2022) 15: 441.

Çelik, C., (2005). Sağlıklı yaşamın vazgeçilmezleri II: Mineral ve eser elementler. Bilim ve Teknik. 86-88.

Çöteli, F.T., (2022). Su Ürünleri Ürün Raporu 2022. TEPGE.

Daş, Y.K., Aksoy, A., Başkaya, R., Duyar, H. A., Güvenç, D., Boz, V., (2009). Heavy metal levels of some marine organisms collected in Samsun and Sinop Coast of Black Sea, in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advences*, 51.

Duyar, H. A., Bilgin, S., (2019). Heavy metal concentrations in different marine organism obtained from the Black Sea, Turkey. . *Fresenius Environmental Bulletin*, (28): 5281-5286.

Düşükcan, M., Canpolat, Ö., Eroğlu, M. (2017). Some heavy metals in *Luciobarbus esocinus* for public consumption and consumer protection, *Cellular and Molecular Biology*, (63); 24-28.

EC, C. R. (2006). Official journal of the european union. Setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs. Commission regulation. (EC)No 1881/2006, 364: 5-24.

EC (European Communities) (2007). European Communities (drinking water) (no. 2), Regulations 2007, S.I. No. 278 of 2007.

Elderwish, N.M., (2019). Seasonal investigation of heavy metal deposits of water, sediment and some economic fish species of west Black Sea coasts. Kastamonu Uni. Institute of Scienc. Doctoral Thesis.

Elderwish, A.N., (2020). Seasonal accumulation of heavy metal in marine brown algae (Phaeophyta) in the Kastamonu coasts (Turkey):. International Journal of Medical Evaluation and Physical Report, 14-33.

EPA (2008). Manganese compounds. Resource document. U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html>

Erdem, M. E., Köstekli, B., Keskin, İ., Kocatepe, D., Kaya, Y., (2021)^a. Mineral matter content and heavy metal contamination of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758) captured from different seas. KSU J. Agr.c Nat., 285-292.

Erdem, M., E, Köstekli, B., Keskin, İ., Kocatepe, D., Kaya, Y., (2021)^b. Farklı denizlerden avlanan hamsilerin (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758) mineral madde içeriği ve ağır metal kontaminasyonu. KSÜ Traim ve Doğa Dergisi (24/2): 285-292.

FAO (Food and Agriculture Organization) (1983) Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular No. 464. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO (2008). Fisheries and aquaculture, Turkey. Resource document. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2010. The Food Consumption Refers to the Amount of Food Available for Human Consumption as Estimated by the FAO. Food Balance Sheets.

FAO/WHO (2004). Summary of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956–2003), (First through sixtyfirst meetings). ILSI Press International Life Sciences Institute.

Fındık, Ö., Çiçek, E., (2011). Metal concentrations in two bioindicator fish species, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, captured from the West Black Sea coasts (Bartın) of Turkey. Bull. Environ. Contam. Toxicol., (87): 399-403.

Gedik, K., (2017)^a. Bioaccessibility of Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, and Zn in Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) along the southeastern Black Sea coast. Human and Ecological Risk assessment: An International Journal, 1-14.

Gedik, K., (2017)^b. Bioaccessibility of heavy metals in rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846): Assessing human health risk using an in vitro digestion model. Human and Ecological Risk Assessment, 1549-1560.

Gedik, K., Boran, M., (2013). Assessment of metal accumulation and ecological risk around rize harbor, turkey (Southeast Black Sea) affected by copper ore loading operations by using different sediment indexes. *Bulletin of Enviromental Contamination Toxicology*, 176-181.

Genç, T.O. (2021). Analıysis of metal concentration and health risk assessment for consumption of four economically important fish species from Gökova Bay (Turkey). *Carpathian Journal of Earth and Enviromental Sciences*, (16/2), 329-340.

Gülser, C., (2020). Bitki Besin Maddeleri ve Verimlilik. OMÜ AVYS Toprak Verimliliği. 1-9.

Gündoğdu, A., Türk-Çulha, S., Koçbaş, F., (2020). Trace elements concentrations and human health risk evaluation for four common fish species in Sinop coasts (Black Sea). . *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 1854-1862.

Hiçsönmez, H., (2010). Güney Karadeniz Şelfi'nde biotada ultra trace (eser) elementler. İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü: Yüksek Lisans Tezi.

ISNO, (2012). Iran Standard National Organization. Instructions and regulations for consuming marine contaminated fish species 2 (15)

Kaçar, E. (2022). Relationship of concentrations of some heavy metals with fish size in muscle tissue of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) from the Tigris River (Turkey). *Erzincan University Journal of Science Technology*, 475-484.

Kaçar, E. (2024). Heavy metal concentrations in various tissues of two fish from Damsa Dam Lake (Turkey) and associated health risk assessment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 1-8.

Kahvecioğlu, Ö., Güven, A., Kartal, G., Timur, S., (2003)^a. Metallerin çevresel etkileri-III. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., (2003)^b. Metallerin çevresel etkileri - I . İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 1-12.

Kalıpcı, E., Namal, O. O. (2018). Removal of Cr (VI) using a novel adsorbent modification. Ultrasonic method with apricot kernel shells. *Environment Protection Engineering*, 44(3), 79-93.

Kalıpcı, E., Cüce, H., Ustaoglu, M. A., Türkmen, M., (2023). Toxicological health risk analysis of hazardous trace elements accumulation in the edible fish species of the Black Sea in Türkiye using multivariate statistical and spatial assessment. . *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 104028.

Köker, L. (2022). Health risk assessment of heavy metal concentrations in selected fish species from İznik Lake Basin, Turkey. *Environ. Monit. Assess.*, 194:372, 1-11.

Köse, E., Uysal, K. (2008). Cinsi olgunluğa erişmemiş pullu sazanların (*Cyprinus carpio* L., 1758) kas, deri ve solungaçlarındaki ağır metal akümülayon oranlarının karşılaştırılması, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17: 19-26.

Kuplulu, O., İplikçioğlu, Ç. G., Korkmaz, S. D., Aykut, O., Ozansoy, G., (2018). Determination of metal contamination in seafood from the Black, Marmara, Aegean and Mediterranean Sea metal contamination in seafood. *J Hellenic Vet Med Soc*, 749-758.

Liu, Q., Liao, Y., Shou, L. (2018). Concentration and potential health risk of heavy metals in seafoods collected from Sanmen Bay and its adjacent areas, China. *Mar. Pollut. Bull.*, 131, 356-364.

Liu, Q., Xu, X., Zeng, J., Shi, X., Liao, Y., Du, P., Shou, L. (2019). Heavy metal concentrations in commercial marine organisms from Xiangshan Bay, China, and the potential health risks. *Marine Pollution Bulletin*, 141, 215-226.

MHPRC (Ministry of Health of the People's Republic of China), (2013). National Food Safety Standard, Maximum Levels of Contaminants in Foods (GB2762–2012).

Mol, S., Karakulak, F. S., Ulusoy, Ş., (2017). Assessment of potential health risks of heavy metals to the general public in Turkey via consumption of red mullet, whiting, turbot from the Southwest Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1135-1143.

Mutlu, T., (2021). Heavy metal concentrations in the edible tissues of some commercial fishes caught along the Eastern Black Sea coast of Turkey and the health risk assessment. *Spectroscopy Letters*, 437-445.

Mutlu, C., Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Ateş, A., (2012). Comparison of the heavy metal concentrations in Atlantic horse mackerel, *Trachurus trachurus*, from coastal waters of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*.

Mülayim, A., Balkıs, H., (2015). Toxic metal (Pb, Cd, Cr, and Hg) levels in *Rapana venosa* (valenciennes, 1846), *Eriphia verrucosa* (Forskal, 1775), and sediment samples from the Black Sea littoral (Thrace, Turkey). *Marine Pollution Bulletin*, 215-222.

Oğuz, B., (1989). Alüminyum ve alaşımları. In *Malzeme Bilgisine Giriş* (pp. 1-6). Oerlikon.

Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M., Pehlivan, M., (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alınları*, 14-26.

Öksüz, A., Alkan, Ş.B., Taşkın, H., Ayrancı, M., (2017). Yaşam boyu sağlıklı ve dengeli beslenme için balık tüketiminin önemi. *Food and Health*. 43-62.

Özbolet, G., Tuli, A., (2016)^a. Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Dergi Park*, 502-521.

Özbolet, G., Tuli, A., (2016)^b. Effects of haevy metal toxicity on human health. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 502-521.

Özdoğan, M., “Eser elementler nelerdir?” 2021. <<https://www.drozdogan.com/eser-iz-elementler-nedir-saglik-hastalikta-rolu/>>, (11.10.2021)

Özkan, Ş. Ç., “Sağlıklı yaşam ve beslenme” 2019. <<https://docplayer.biz.tr/233191776-Saglikli-yasam-ve-beslenme-ogr-gor-dr-seyda-cigdem-ozkan-osd-dersi-guz-donemi-sekizinci-slayt-12-hafta.html>>, (11.10.2022)

Özşeker, K., Seyhan, K., Erüz, C., (2016). Ecological risk assessment and spatial distribution of heavy metals in sediment and pore water around Trabzon Harbor, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 3125-3133.

Özşeker, K., Erüz, C., Terzi, Y., (2022). Spatial distribution and ecological risk evaluation of toxic metals in the southern Black Sea coastal sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 182.

Qu, L., Huang, H., Xia, F., Liu, Y., Dahlgren, R.A., Zhang, M. (2018). Risk analysis of heavy metal concentration in surface waters across the rural-urban interface of the Wen-Rui Tang River, *China. Environ. Pollut.*, 237, 639-649.

Rios-Arana, J., Walsh, E., Gardea-Torresdey, J. (2004). Assessment of arsenic and heavy metal concentrations in water and sediments of the Rio Grande at El Paso–Juarez metroplex region. *Environment International*, 29(7), 957–971.

Sezer, İ., (2018). Karadeniz Bölgesi’nin turizm coğrafyası. Değişen dünyada turizm ve coğrafya ilişkisi. *Paradigma Akademi*. 623-670.

Sirkecioğlu, A.N., Bayır, A., Aras, N.M., Haliloğlu, H.İ. (2002). Türkiye’deki doğal ve kültür balıkçılığının mevcut durumu (1990-2000), dünyadaki yeri, problemleri ve çözüm önerileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3), 337-343.

Şener, A., (2022). Makro mineraller ve eser elementler. Dahili Hastalarda Özel Beslenme ve Diyet Yönetimi. *Akademisyen Kitabevi*. 37-42.

Tanır, Ö.Z. (2021). Determination of heavy metals in some tissues of four fish species from the Karasu River (Erzincan, Turkey) for public consumption. *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, 232-246.

Taş, E.Ç., Filipoğlu, I., Türker, Ç.D., Beyaztaş, S., Sunlu, U., Toğulga, M., Özaydın, O., Arslan, O. (2011). Heavy metal concentrations in tissues of edible fish (*Mullus barbatus*, L., 1758) from the Çandarlı Bay (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 2834-2839.

Tepe, Y., Süer, N., (2016). The levels of heavy metals in the Meditereanean mussel (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarek,1819); example of Giresun coasts of the Black Sea, Turkey. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 283-289.

Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A., (2008). Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. . Enviromental Monitoring Assessment, (146) 77-284.

TFC, 2002. Turkish food codes. Official Gazette, No: Ünsal, M., Y. Bekiroglu, S. Besiktepe, Y. Kayıkçı, 24885

TFC, T. F. (2009). Notifications changes to the maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (in Turkish). (Notification No:2009/22), iss. 27143.

Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H., Başkurt, S. (2016). Relationship between body weight and heavy metal bioaccumulation in mining basin fishes: Emet Stream Basin. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C-Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 57-72.

Töre, Y., Ustaoglu, F., Tepe, Y., Kalipci, E. (2021). Levels of toxic metals in edible fish species of the Tigris River (Turkey); threat to public health. *Ecological Indicators*, 123, 107361.

Turanlı, N., Gedik, K., (2021). Spatial trace element bioaccumulation along with consumer risk simulations of Mediterranean mussels in coastal waters of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 1356-1360.

Türk-Çulha, S., Çulha, M., Karayücel, İ., Çelik, M. Y., İşler, Y., (2017). Heavy metals in *Mytilus galloprovincialis*, suspended particulate matter and sediment from offshore submerged longline system, Black Sea. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 385-396.

Türkmen, M., Akaydın, A., (2017). Metal levels in tissues of commercially important fish species from Southeastern Black Sea Coasts. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, (11): 2357-2360.

Türkmen, M., Aydın, T., (2021). Seasonal and spatial accumulation of heavy metals in *Cyrtoseria barbata*, *C. agardh* 1820 from Northeastern Black Sea coast. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 339-342.

Türkmen, M., Dura, N., (2016). Assessment of heavy metal concentrations in fish from south western Black Sea. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 1552-1559.

Türkmen, M., ve Ögütçü, B., (2020). Assessment of heavy metals in selected fish species from markets in the Black Sea region of Turkey. *Anadolu Çevre ve Hayat Dergisi*, 636-639.

Türkmen, M., Pınar, E.O., (2018). Bioaccumulation of metals economically important fish species from Antalya Bay, Northeastern Mediterranean Sea. *Indian Journal of Geo Marine Sciences* (47-01): 180-184.

Türkmen, A., Tepe , Y., Türmen, M., (2008). Metal levels in tissues of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*, L., 2758, and Picarel, *Spicara smaris*, L., 1758,

from Black, Marmara and Aegean Seas. . Bull. Environ. Contam. Toxicol., (80): 521-525.

Türkmen , A., Tepe, Y., Türkmen, M., Mutlu, E., (2009). Heavy metal contaminants in tissues of the garhisf, *Bellone bellone* L., 1761, and the bluefish, *Pomatomus saltatrix* L., 1766, from Turkey waters. . Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, (82) 70-74.

Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, T., Çekiç, M., (2010). Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. Environ. Monit. Assess (168):223-230.

Türkmen, M., Mutlu, E., Zebel, S., Türkmen, A., (2018). Assessment of heavy metal accumulation in some fish species from Batlama Stream, Eastern Black Sea Coast. . Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 858-862.

Ustaoglu F., Islam M.S. (2020). Potential toxic elements in sediment of some rivers at Giresun, Northeast Turkey: a preliminary assessment for ecotoxicological status and health risk. *Ecol Indic.*, 113:106237

Varol, M., Kaçar, E. (2023). Bioaccumulation of metals in various tissues of fish species in relation to fish size and gender and health risk assessment. *Current Pollution Reports*, (9), 327-337.

Varol, M., Kaya, G. K., Sünbül, M.R., (2019). Evaluation of health risks from exposure to arsenic and heavy metals through consumption of ten fish species. *Environmental Science and Pollution Research*, 11356.

Varol, M., Kaçar, E., Akın, H.K. (2020). Accumulation of trace elements in muscle, gill and liver of fish (*Capoeta umbla* and *Licibarbus mystaceus*) in the Tigris River (Turkey), and health risk assessment. *Environmental Research*, (186) 109570.

Verp, B., Mutlu, T., (2022). Heavy metal concentrations and health risk assessment in Sarda sarda (Bloch, 1793) caught in the Turkish Black Sea coasts. *Acta Aquatica Turcica* , 208-216.

WHO (1993). Guidelines for drinking water quality (2nd ed.). Chemical aspects. Resource document. World Health Organisation. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/. Accessed 21 June 2008.

WHO. (2014). Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, Chemical aspects. (Geneva: WHO). http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/

Yalçın, M.G., Şimşek, G., Ocak, S.B., Yalçın, F., Kalaycı, Y., Kalaycı, M.E., (2013). Multivariate Statistics and heavy metals contamination in beach sediments from the Sakarya Canyon, Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 2059-2066.

ÖZGEÇMİŞ

Evrım Sibel ÖNEL İlk, orta ve lise eğitimini Rize İli, Ardeşen İlçesi'nde tamamladı. 1998 yılında Ardeşen Lisesi'nden mezun oldu. 1999 yılında başladığı On Dokuz Mayıs Üniversitesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'ne 1 yıl ara verdikten sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'ne devam ederek 2004 yılında bitirdi. 2004 yılında Gazi Osman Paşa Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalında başladığı yüksek lisans eğitimini 2006 yılında tamamladı. 2008 yılında Giresun Üniversitesi'nde çalışmaya başladı ve halen görev yapmaktadır.