

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**BALYA İLÇESİ VE YAKIN KÖYLERİNDEKİ TOPRAK KİRLİLİĞİNİN
ÇOCUKLAR ÜZERİNE ETKİSİNİN İN VİTRO GASTROİNTESTİNAL
EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CENNET KARADAŞ

Balıkesir, Temmuz - 2008

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

BALYA İLÇESİ VE YAKIN KÖYLERİNDEKİ TOPRAK KİRLİLİĞİNİN
ÇOCUKLAR ÜZERİNE ETKİSİNİN İN VİTRO GASTROİNTESTİNAL
EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CENNET KARADAŞ

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri
Birimi tarafından desteklenmiştir.

Balıkesir, Temmuz - 2008

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

BALYA İLÇESİ VE YAKIN KÖYLERİNDEKİ TOPRAK KİRLİLİĞİNİN
ÇOCUKLAR ÜZERİNE ETKİSİNİN İN VİTRO GASTROİNTESTİNAL
EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CENNET KARADAŞ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Derya KARA

Sınav Tarihi: 09. 07. 2008

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Derya KARA (Danışman-BAÜ)

Doç. Dr. Nuri NAKİBOĞLU (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Olga SAK (BAÜ)

Balıkesir, Temmuz - 2008

ÖZET

BALYA İLÇESİ VE YAKIN KÖYLERİNDEKİ TOPRAK KİRLİLİĞİNİN ÇOCUKLAR ÜZERİNE ETKİSİNİN İN VİTRO GASTROİNTESTİNAL EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Cennet KARADAŞ

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Kimya Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı: Doç. Dr. Derya KARA)

Balıkesir, 2008

Bu çalışmanın ilk kısmında, Balıkesir'in Balya ilçesi ve yakın köylerinden alınan topraklarda bazı metallerin toplam konsantrasyonları ve toprakların farklı fazlarındaki metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Toprakların farklı fazlarındaki metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde modifiye edilmiş BCR ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Toprak örneklerindeki toplam metal konsantrasyonlarını belirlemek için, toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise, toprakların çocuklar tarafından bilinçli ya da bilinçsiz olarak yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla sindirim sistemindeki sıvı içine geçebilecek metal konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir.

Mide, bağırsak ve BCR'in dört adımı arasında ve ayrıca her bir toprak örneğindeki metal derişimleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak temel bileşen analizi ve korelasyon analizleri ile değerlendirilmiştir. Balya bölgesindeki topraklarda metal kirliliğinin olduğu ve çocukların bu toprakları bilerek ya da bilmeyerek yemesi durumunda sağlıklarının tehlike altında olabileceği gösterilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: BCR, in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi, toprak, metaller.

ABSTRACT

DETERMINATION OF POTENTIAL SOIL POLLUTION EFFECTS ON CHILDREN IN BALYA AND ITS VILLAGES USING AN IN VITRO GASTROINTESTINAL EXTRACTION METHOD

Cennet KARADAŞ

Balıkesir University, Institute of Science, Department of Chemistry

(MSc. Thesis/ Supervisor: Assoc. Prof. Derya KARA)

Balıkesir, 2008

In the first step of this work, total metal concentrations in soil and metal concentrations in different phases of soil were determined in some soils collected from Balya which is a town of Balıkesir and its associated villages. The modified BCR (the European Community Bureau of Reference) method was used to determine the metal concentrations in different phases of the soil. Soil samples were digested using aqua regia to determine total metal concentrations.

In the second step of the work, an attempt was made to simulate the release of chemicals from soil samples that may be consumed either intentionally or unintentionally by children. Therefore, in vitro conditions were created to simulate, principally, enzymatic action in the mouth, the stomach and the intestines.

The correlation between the metal concentrations in the gastric phase, the intestinal phase and the four individual steps of the BCR sequential extraction procedure was investigated statistically using principal component analysis and correlation analysis for every soil sample. In addition, the chemometrics packages were also used to see if there were any correlations between the extraction behaviours of different metals. The results showed that there is metal pollution in soils around the Balya area and if children eat these soils intentionally or unintentionally, it may have a toxic effect and potentially be a hazard to their health.

KEY WORDS: BCR, in vitro gastrointestinal extraction method, soil, metals.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEY WORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Toprak	2
1.1.1 Tanımı	2
1.1.2 Toprağın Bileşenleri	3
1.1.3 Toprak Kirliliği	4
1.1.4 Toprak Kirletici Kaynakları	6
1.1.4.1 Ağır Metaller	6
1.1.4.2 Gübreler	9
1.1.4.3 Pestisitler	10
1.1.4.4 Katı Atıklar	11
1.1.4.5 Atık Sular	11
1.1.4.6 Madencilik	12
1.2 Bazı Metallerin Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	13
1.2.1 Kurşun	13
1.2.2 Kadmiyum	14
1.2.3 Krom	16
1.2.4 Bakır	17
1.2.5 Arsenik	18
1.2.6 Nikel	19
1.2.7 Çinko	20
1.3 Metallerin Analizinde Kullanılan Spektroskopi Teknikleri	21
1.3.1 Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)	21
1.3.2 İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP)	21
1.3.2.1 ICP- Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES)	22

1.4	Biyoyararlılık ve Biyoerişilebilirlik	24
1.5	BCR Ekstraksiyon Yöntemi	25
1.6	İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi	26
1.7	DeneySEL Verilerin Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Uygulamalar	27
1.7.1	Korelasyon Analizi	27
1.7.2	Faktör Analizi	27
1.8	Çalışmanın Amacı	28
2.	MATERYAL VE YÖNTEM	30
2.1.	MATERYAL	30
2.1.1	Toprak Örneklerinin Alınması	30
2.1.2	Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması	30
2.1.2.1	Kurutma	30
2.1.2.2	Öğütme	30
2.1.2.3	Eleme	30
2.1.2.4	Saklama	31
2.1.3	Kullanılan Kimyasal Maddeler	31
2.1.4	Kullanılan Alet ve Cihazlar	32
2.1.5	Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanışı	34
2.1.5.1	Metal Stok Çözeltileri	34
2.1.5.2	Standart Çözeltiler	34
2.1.5.3	BCR Ekstraksiyon Yöntemi ve İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde Kullanılan Çözeltiler	36
2.2	YÖNTEM	37
2.2.1	BCR Ekstraksiyon Yöntemi	37
2.2.2	Yaş Yakma Yöntemi	40
2.2.3	İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi	40
3.	BULGULAR	42
3.1	BCR Ekstraksiyon Yöntemi ve Yaş Yakma Yöntemi	42
3.1.1	Toprak Örneklerindeki Arsenik Konsantrasyonları	42
3.1.2	Toprak Örneklerindeki Bakır Konsantrasyonları	44

3.1.3	Toprak Örneklerindeki Çinko Konsantrasyonları	45
3.1.4	Toprak Örneklerindeki Kurşun Konsantrasyonları	46
3.1.5	Toprak Örneklerindeki Mangan Konsantrasyonları	47
3.1.6	Toprak Örneklerindeki Nikel Konsantrasyonları	48
3.1.7	Toprak Örneklerindeki Gümüş Konsantrasyonları	49
3.1.8	Toprak Örneklerindeki Kadmiyum Konsantrasyonları	50
3.1.9	Toprak Örneklerindeki Krom Konsantrasyonları	51
3.1.10	Toprak Örneklerindeki Stronsiyum Konsantrasyonları	52
3.1.11	Toprak Örneklerindeki Baryum Konsantrasyonları	53
3.1.12	Toprak Örneklerindeki Potasyum Konsantrasyonları	54
3.1.13	Toprak Örneklerindeki Magnezyum Konsantrasyonları	55
3.1.14	Toprak Örneklerindeki Kalsiyum Konsantrasyonları	56
3.1.15	Toprak Örneklerindeki Demir Konsantrasyonları	57
3.2	İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi	58
3.2.1	Arsenik	58
3.2.2	Bakır	59
3.2.3	Çinko	60
3.2.4	Kurşun	61
3.2.5	Mangan	62
3.2.6	Nikel	63
3.2.7	Gümüş	64
3.2.8	Kadmiyum	64
3.2.9	Krom	65
3.2.10	Stronsiyum	66
3.2.11	Baryum	67
3.2.12	Potasyum	68
3.2.13	Magnezyum	69
3.2.14	Kalsiyum	70
3.2.15	Demir	71
4.	TARTIŞMA VE SONUÇ	72
4.1	Sarı Su Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	72
4.1.1	Korelasyon Analizleri	72

4.1.2 Temel Bileşen Analizi	75
4.2 Hastanetepe Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	79
4.2.1 Korelasyon Analizleri	79
4.2.2 Temel Bileşen Analizi	81
4.3 Enver Paşa Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	84
4.3.1 Korelasyon Analizleri	84
4.3.2 Temel Bileşen Analizi	86
4.4 Bengiler Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	89
4.4.1 Korelasyon Analizleri	89
4.4.2 Temel Bileşen Analizi	91
4.5 Çakallar Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	94
4.5.1 Korelasyon Analizleri	94
4.5.2 Temel Bileşen Analizi	96
4.6 Kadıköy Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	99
4.6.1 Korelasyon Analizleri	99
4.6.2 Temel Bileşen Analizi	101
4.7 Kaşıkçı Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	104
4.7.1 Korelasyon Analizleri	104
4.7.2 Temel Bileşen Analizi	106
4.8 Müstecap Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	109
4.8.1 Korelasyon Analizleri	109
4.8.2 Temel Bileşen Analizi	111
4.9 Patlak Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar	114
4.9.1 Korelasyon Analizleri	114
4.9.2 Temel Bileşen Analizi	116
4.10 SONUÇLAR	119
4.10.1 BCR Ekstraksiyon Yöntemi ve İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi	119
4.10.2 İstatistiksel Değerlendirme	125
5. KAYNAKLAR	126

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 1.1	ICP kaynağının temel bileşenleri	22
Şekil 4.1	Sarı su toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	77
Şekil 4.2	Sarı su toprağı için a) PC2-PC3 faktör loadingleri grafiğı b) PC2-PC3 faktör skorları grafiğı	78
Şekil 4.3	Hastanetepe toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	83
Şekil 4.4	Enver paşa toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	88
Şekil 4.5	Bengiler toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	93
Şekil 4.6	Çakallar toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	98
Şekil 4.7	Kadıköy toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	103
Şekil 4.8	Kaşıkcı toprağı için a) PC1-PC2 Faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 Faktör skorları grafiğı	108
Şekil 4.9	Müstecap toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	113
Şekil 4.10	Patlak toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı	118

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge Numarası	Adı	Sayfa
Çizelge 1.1	İnsan aktivitelerine göre kirletici grupları	6
Çizelge 1.2	Bazı toprak eser elementlerinin kabul edilebilme sınırı ve yer kabuğundaki oranları	8
Çizelge 1.3	Türkiye Toprak Kirliliği Yönetmeliğine göre bazı ağır metallerin topraktaki sınır değerleri	9
Çizelge 1.4	Çeşitli elementlerin ICP-AES tekniği ile gözlenebilme sınırları, $\mu\text{g/L}$	23
Çizelge 2.1	Analizde Kullanılan Metal Tuzları	31
Çizelge 2.2	ICP-OES’de ölçümlerde kullanılan operasyon koşulları	33
Çizelge 2.3	Kalibrasyon standartlarının içerdiği elementler ve konsantrasyonları, mg/L	35
Çizelge 3.1	Toprak örneklerindeki As konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	43
Çizelge 3.2	Toprak örneklerindeki Cu konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	44
Çizelge 3.3	Toprak örneklerindeki Zn konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	45
Çizelge 3.4	Toprak örneklerindeki Pb konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	46
Çizelge 3.5	Toprak örneklerindeki Mn konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	47
Çizelge 3.6	Toprak örneklerindeki Ni konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	48
Çizelge 3.7	Toprak örneklerindeki Ag konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	49
Çizelge 3.8	Toprak örneklerindeki Cd konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	50
Çizelge 3.9	Toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	51
Çizelge 3.10	Toprak örneklerindeki Sr konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	52
Çizelge 3.11	Toprak örneklerindeki Ba konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	53
Çizelge 3.12	Toprak örneklerindeki K konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	54

Çizelge 3.13	Toprak örneklerindeki Mg konsantrasyonları, % (g metal/100 g toprak)	55
Çizelge 3.14	Toprak örneklerindeki Ca konsantrasyonları, % (g metal/100 g toprak)	56
Çizelge 3.15	Toprak örneklerindeki Fe konsantrasyonları, % (g metal/100 g toprak)	57
Çizelge 3.16	Mide ve bağırsak fazına geçen As konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	58
Çizelge 3.17	Mide ve bağırsak fazına geçen Cu konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	59
Çizelge 3.18	Mide ve bağırsak fazına geçen Zn konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	60
Çizelge 3.19	Mide ve bağırsak fazına geçen Pb konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	61
Çizelge 3.20	Mide ve bağırsak fazına geçen Mn konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	62
Çizelge 3.21	Mide ve bağırsak fazına geçen Ni konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	63
Çizelge 3.22	Mide ve bağırsak fazına geçen Cd konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	64
Çizelge 3.23	Mide ve bağırsak fazına geçen Cr konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	65
Çizelge 3.24	Mide ve bağırsak fazına geçen Sr konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	66
Çizelge 3.25	Mide ve bağırsak fazına geçen Ba konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	67
Çizelge 3.26	Mide ve bağırsak fazına geçen K konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$	68
Çizelge 3.27	Mide ve bağırsak fazına geçen Mg konsantrasyonları, %	69
Çizelge 3.28	Mide ve bağırsak fazına geçen Ca konsantrasyonları, %	70
Çizelge 3.29	Mide ve bağırsak fazına geçen Fe konsantrasyonları, %	71

Çizelge 4.1	Sarı su toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	73
Çizelge 4.2	Sarı su toprak örneğindeki metallere arasındaki korelasyon	74
Çizelge 4.3	Sarı su örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	75
Çizelge 4.4	Sarı su örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	76
Çizelge 4.5	Sarı su örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	76
Çizelge 4.6	Hastanetepe toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	79
Çizelge 4.7	Hastanetepe toprak örneğindeki metallere arasındaki korelasyon	80
Çizelge 4.8	Hastanetepe örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	81
Çizelge 4.9	Hastanetepe örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	82
Çizelge 4.10	Hastanetepe örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	82
Çizelge 4.11	Enver Paşa toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	84
Çizelge 4.12	Enver Paşa toprak örneğindeki metallere arasındaki korelasyon	85
Çizelge 4.13	Enver Paşa örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	86
Çizelge 4.14	Enver Paşa örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	87
Çizelge 4.15	Enver Paşa örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	87

Çizelge 4.16	Bengiler toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	89
Çizelge 4.17	Bengiler toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon	90
Çizelge 4.18	Bengiler örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	91
Çizelge 4.19	Bengiler örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	92
Çizelge 4.20	Bengiler örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	92
Çizelge 4.21	Çakallar toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	94
Çizelge 4.22	Çakallar toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon	95
Çizelge 4.23	Çakallar örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	96
Çizelge 4.24	Çakallar örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	97
Çizelge 4.25	Çakallar örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	97
Çizelge 4.26	Kadıköy toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	99
Çizelge 4.27	Kadıköy toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon	100
Çizelge 4.28	Kadıköy örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	101
Çizelge 4.29	Kadıköy örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	102
Çizelge 4.30	Kadıköy örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	102

Çizelge 4.31	Kaşıkçı toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	104
Çizelge 4.32	Kaşıkçı toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon	105
Çizelge 4.33	Kaşıkçı örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	106
Çizelge 4.34	Kaşıkçı örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	107
Çizelge 4.35	Kaşıkçı örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	107
Çizelge 4.36	Müstecap toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	109
Çizelge 4.37	Müstecap toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon	110
Çizelge 4.38	Müstecap örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	111
Çizelge 4.39	Müstecap örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	112
Çizelge 4.40	Müstecap örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	112
Çizelge 4.41	Patlak toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon	114
Çizelge 4.42	Patlak toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon	115
Çizelge 4.43	Patlak örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri	116
Çizelge 4.44	Patlak örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri	117
Çizelge 4.45	Patlak örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri	117

ÖNSÖZ

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma Doç. Dr. Derya KARA danışmanlığında yapılmıştır.

Öncelikle çalışmalarım sırasında her türlü desteğini gördüğüm değerli hocam Doç. Dr. Derya KARA'ya en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Örneklerin analize hazırlanma aşamasında Fiziksel Kimya Araştırma Laboratuvarındaki öğütme ve eleme cihazlarından yararlanılmıştır. Destekleri için sayın hocalarım Prof. Dr. Mahir ALKAN ve Doç. Dr. Mehmet DOĞAN'a teşekkür ederim.

Örneklerin alınması aşamasında emeği geçen değerli arkadaşım Mesut ALAN'a teşekkür ederim. Ayrıca örneklerin analize hazırlanması aşamasında yardımından dolayı sevgili arkadaşım Araş.Gör.Yasemin TURHAN'a da teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın deneysel kısmında, Balıkesir Üniversitesi Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi Biyoloji ve Kimya Laboratuvarlarında bulunan bazı cihazlardan yararlanılmıştır. Destekleri için Balıkesir Üniversitesi Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi birimine teşekkür ederim.

Çalışmalarına proje desteği ile yardım eden Balıkesir Üniversitesi Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederim. Ayrıca TÜBİTAK'a yüksek lisans burs desteği için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar tüm yaşamımda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, kanımca elde ettiğim başarılarıdaki en büyük paya sahip sevgili aileme en içten sevgilerimi sunarım.

Balıkesir, 2008

Cennet KARADAŞ

1. GİRİŞ

Toprak, su ve atmosferden oluşan adına çevre dediğimiz üçgen, 19. yüzyıldan itibaren korkunç bir hızla sömürülmeye başlanmış, bu güçlü zorlama ve sömürmenin etkisi 20. yüzyılın insanını giderek bozulan bir doğal denge içine sürüklemiştir. 20. yüzyılın başlarından itibaren hızla artan nüfus, teknolojik hamleler, ekonomik alandaki gelişmeler ve sanayileşme, çevre sorunu adı altında toplanabilecek konuları gündeme getirmiştir.

Bugün dünyamızın çevre sorunları, denizlerin dibi ile en yüksek dağların doruğu arasında kalan ve derinliği 20000 m kadar olan bir çevrede ortaya çıkmaktadır. Doğal yapıdaki kirleri çözerek ya da filtre ederek ortadan kaldıran üç öge; toprak ve örtüsü, hava ve sudur. Bu sistemlerin taşıyabileceğinden fazla artık madde ile yüklenmesi çevre kirliliğini doğurmaktadır [1].

Çevre kirliliğine yol açan etkilerin başında, hiç şüphesiz kimyasal kirlenme gelmektedir. Kimyasal kirlenmenin kaynakları çeşitlidir. Bunlar hidrokarbonlar ve petrol ürünleri, deterjanlar, fenoller, organoklorlu ya da organofosforlu ot ya da böcek öldürücüleri, siyanürler, fosfatlar, nitratlar, amonyak tuzları, metal iyonları, boyar maddeler, yağlar, nitrolu bileşikler, sülfidler ve organik bazlardır.

Kirleticilerin en önemlileri, ortamda bozunmadan uzun süre kalabilen toksik olan maddelerdir. Bu tür maddelerin hava, su ya da toprağa belirli miktarların üzerinde karışmasının, ekosistemdeki tüm canlıların yaşamları ve diğer aktiviteleri üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir.

Günümüzde en yaygın kirlilik su, hava ve toprak kirliliğidir. Hava, su ve toprak arasında kurulan doğal bir denge vardır. Herhangi birinde görülen kirlilik, diğerlerini de etkileyerek doğal dengenin bozunmasına sebep olur ve canlı yaşamını olumsuz etkiler. Hava ve suda kirlilik varsa muhtemelen toprakta da kirlilik vardır. Hava ve su kirliliğinin etkisi canlılar üzerinde kısa sürede görülür ve buna göre kirliliği önleyici tedbirlere başvurulur. Ancak toprak kirliliğinin etkisi daha uzun süre sonra ortaya çıkabilir. Bu etki anlaşıldığında ise iş işten geçmiş olabilir. Bu nedenle çevremizde bulunan toprakların incelenerek toksik etki gösteren elementler

ile kirlenip kirlenmediğinin ortaya çıkarılması, kirlenmiş ise bunu önleyici gerekli tedbirlerin alınması, bu konuda üniversiteler, yerel yönetimler ve çevre sağlık örgütlerinin işbirliği yapması gerekmektedir.

1.1 Toprak

1.1.1 Tanımı

Toprak bir anabilim dalına konu teşkil eden ve üzerinde önemle durulması gereken önemli ve karmaşık bir maddedir. Küremizde hayatın devam edebilmesi toprağa bağlıdır. Toprak-insan ilişkileri göze alındığında, toprak tanımı kişilere göre değişmekte, farklı gözlemlerle tanımlamalar yapılmaktadır. Bir ziraat mühendisinin, bir çiftçinin, bir memurun hatta bir çocuğun gözünde toprak farklı görülebilmektedir. Bir yer bilimciye göre toprak “katı arz kabuğunun en üst kısmını oluşturan gevşek tabaka” olarak tanımlanırken, bir toprak bilimci “ bitkilerin durak yeri olan, besin maddesi ve diğer gelişme koşullarını sağlayan, iklim ve canlı organizmaların etkisi ile kayaların aşınması sonucu meydana gelen doğal ürün” olarak, bir ziraatçı ise toprağı “bitki yaşamını sağlamak için mineral ve organik maddelerin karışımı” olarak tanımlamaktadır. Bir kimyacı gözüyle toprak, karmaşık yapıda organik ve anorganik bileşikler içeren bir madde olarak görülebilir [2].

Toprak, bitkilerin dolayısıyla bütün canlıların yaşamı için mutlak gerekli bir faktördür. Toprak, su ve hava ile birlikte düşünülmeden canlı yaşamından bahsetmek güçtür. Değersiz gibi gördüğümüz toprak, doğal yapının korunmasında da temel faktördür. Topraksız yerler çöl veya çıplak kayalar durumundadır. Bunların biyolojik üretkenlik değeri yok gibidir. Toprak, bitkilerin üzerinde tutunup gelişmesine, yere düşen yağmur ve kar sularını belli ölçüde depolayıp kaynaklar oluşturmak suretiyle su kaynaklarının süreklilik kazanmasına yardımcı olmaktadır. Doğal çevrenin korunup yaşanması öncelikle toprakların yerinde korunup yaşatılmasına bağlıdır [3].

1.1.2 Toprağın Bileşenleri

Toprak bileşenleri, organik ve inorganik maddeler olmak üzere başlıca iki grupta ele alınır. İnorganik maddelerin kaynağı ana kayaçlar, organik maddelerin kaynağı ise üzerinde yaşayan canlılardır. İnorganik ve organik maddeler toprağın katı kısmını oluşturur ve yaklaşık % 50'lik bir kısmını teşkil eder. Kalan % 50'lik kısmı ise boşluklar olup değişik oranlarda hava ve su içerir [4, 5].

Toprağın bileşenleri aşağıda verilen fraksiyonlara ayrılabilir.

1. *Kalın inorganik tanecikler:* Çapları 0.002 mm'den büyük taneciklerdir. Ortalama yoğunlukları 2.7'dir. Toprak kuru ağırlığının % 5-90'ını oluştururlar. Elekten geçirildiklerinde taş, çakıl, kum ve mil gibi gruplara ayrılabilir. Amerikan standartlarına göre çapları 2-0.05 mm olanlar kum, 0.05- 0.002 mm olanlar mil ve 0.002 mm'den küçük olanlar kil olarak tanımlanmaktadır [4, 5].

Partikül büyüklüklerine göre çapları < 2 µm olanlar organik madde, balçık, kil, 2-20 µm olanlar çamur, 20-2000 µm olanlar ise kum olarak sınıflandırılmaktadır [6].

İnorganik taneciklerin yüzdeleri kayanın saflığına, toprağın yaşına ve diğer birçok etmene bağlı olarak farklılık taşır. Toprak eser element miktarları, bu minerallerin içerdikleri eser element düzeyine göre değişir [7].

2. *Kolloidal inorganik tanecikler:* Yoğunlukları 2 olup toprak kuru ağırlığının % 10-80 arasını oluştururlar. Toprağın yapısı, rengi ve birçok hallerde iyon değiştirme özelliklerinde etkindir.

3. *Toprak çözeltisi:* Toprak kapilerinde tutulan ve çözülmüş maddeler içeren sudur. Mikroorganizmaların ve bitki köklerinin beslenmesi için önemlidir [7].

4. *Toprak atmosferi:* Toprak ile dengede bulunan gazdır. Vakum pompası ile alınabilir. Doğal topraklarda hacimce % 50'ye kadar çıkabilir [7].

5. *Organik madde:* Toprakların çoğunda kuru ağırlığın % 1-40'nı oluştururlar. Toprağın renk, yapı ve iyon değiştirme özelliklerinde etkindir [7]. Bitki ve hayvan artıklarının toprakta birikmesinden meydana gelmiştir.

6. *Canlı organizmalar:* Genellikle tek hücrelilerdir. Nicel olarak ayrılmaları mümkün değildir. Taze toprak ağırlığının en fazla % 0.1- 0.2' sini oluştururlar. Toprak oluşumunu etkileyen olaylarda, yükseltgenme potansiyeli ve toprak pH'sının ayarlanmasında önemlidir [7].

1.1.3 Toprak Kirliliği

Toprak hiç şüphesiz yerleşme, besin gereksinimi ve yaşam ortamı olarak biyosferin önemli unsurlarından birini oluşturur. Bunun dolaylı veya dolaysız kirlenmesi, canlılar açısından son derece önemli problemleri de beraberinde getirmektedir. Toprağın kirlenmesi su ve havaya oranla daha karışık olduğu için düzeltilmesi de o derece zor ve masraflı olmaktadır. Bu durum toprağın tüm karasal ekosistemlerin taşıyıcı unsuru olmasından kaynaklanmaktadır [8].

Toprak kirliliği, insan etkinlikleri sonucunda toprağın fiziksel, biyolojik, kimyasal ve jeolojik yapısının bozulmasıdır. Toprak kirliliği evsel ve endüstriyel atıklar ile diğer kirleticilerin gerekli önlemler alınmadan toprağa verilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Sanayi tesislerinin çıkardığı atıklar çevredeki tarım arazilerini etkilemekte, ormanları tahrip etmekte, mevcut ve potansiyel yer altı ve yer üstü su kaynakları kirlendiğinden bu kaynakların içme ve sulama amacıyla kullanım olanakları azalmaktadır. Tesislerin etki alanı içindeki tarım işletmelerinde kirliliğe, toprakta iz element ve ağır metal birikimine neden olabilmektedir [9].

Toprak kirlenmesi ile ilgili sorunlar daha çok nüfus artışına bağlı üretim ve tüketim taleplerindeki artışa paralel olarak gelişme gösteren endüstri ve doğa ilişkilerindeki dengesizliklerden dolayı görülen sorunlardır. Topraklara madencilik, maden ergitme, zenginleştirme, ticari gübreler, tarımsal savaşta kullanılan toksik kimyasal maddeler ve diğer antropojenik etkilerle doğrudan ve dolaylı pek çok değişik nitelikte maddeler sürekli olarak katılmaktadır [10].

Madencilik faaliyetleri sırasında özellikle büyük çaplı işletmelerde hazırlık ve üretim çalışmalarında yapılan patlamalarla oluşan tozlar hava vasıtasıyla taşınıp toprak yüzeyine inmektedir. Yine madenlerle teması olan yer altı ve yer üstü sularının taşıdığı toksik nitelikli kirleticiler de toprak kirliliğinde payı olan faktörlerdir [11].

Birçok durumda insanlar tarafından aerosol şeklinde atmosfere bırakılan ağır metaller (civa, molibden, kurşun, kadmiyum vb.) ve radyonükleoidler atmosfer hareketi ile toprağa düşerler ve sonuçta kirlenmeye neden olurlar. Ayrıca yüzeysel sularda sürüklenen fosfat ve nitrat artıkları yer altı sularını kirletir [8].

Çeşitli kimyasal maddeler yolu ile topraklarda meydana gelen kirlenmenin uzun vadede potansiyel bir tehlike niteliği taşıdığı belirtilmektedir. Topraklar bünyelerine ulaşan çeşitli kirleticilere karşı tamponlama gücü yüksek olan sistemlerdir, ancak uzun süreli yükleme ve çevre koşullarının değişmesi sonucunda ve özellikle yükleme kapasitesi aşıldığında gerek çevrenin diğer unsurlarına kirleticilerin etkisi bakımından ve gerekse topraklarda cereyan eden mineralizasyon ve biyolojik döngüler yönünden önemli aksamalar ve geri döngüsüz zararlanmalar ortaya çıkabilmektedir. Toprakların bu özelliği ekosistemin tamponlama kapasitesi olarak da değerlendirilebilir. Kirleticilerin alınması veya onların alınabilirliğinin sınırlandırılması toprakta bulunan çeşitli koloidal maddelerin ve biyokütlenin fonksiyonu olarak gerçekleşir. Toprakların bu özellikleri, uzun süre kirleticilerin etkilerinin ortaya çıkmasını önleyebilir. Ancak topraklarda devamlı olarak biriken kirleticiler, tamponlama kapasitesinin aşılması ile ekosistemde düzelmeyecek zararlara neden olabilir [10].

Topraktaki ağır metaller, topraktan doğrudan insanlar ve hayvanlar tarafından alınabilir veya bitkiler tarafından alınır ve besin zinciri yoluyla insanlara ve hayvanlara ulaşır [12].

Toprak kirliliği içerisinde ağır metal kirliliğinin diğer kirliliklere göre daha fazla önem kazandığı ve çalışmaların bu sorun üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Günümüz teknoloji üretiminde ağır metallerin oldukça yaygın kullanım alanı bulunmaktadır. Bu nedenle ağır metaller üretim süreci esnasında ortaya çıkan

atıklarla ya da mamül ürünlerinin kullanılması sonucu toprağa karışmakta, topraktan bitki bünyesine geçerek besin zincirine dahil olup önemli çevre ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır [13].

Toprağın kirlenmesi asıl olarak; toprağa bağımlı olarak yaşayan insanlar, bitkiler, hayvanlar ve diğer mikroorganizmaları etkilemektedir. Bugün dünyada birçok verimli toprak çölleşmekte ve bazı canlı türlerinin nesli tükenmektedir.

1.1.4 Toprak Kirlenme Kaynakları

Kirlenme kaynakları yayılma şekline göre (noktasal kaynak ve yaygın kaynak) ve insan aktivitelerine göre ayrılabilir. İnsan aktivitelerine göre kirlenme grupları Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 İnsan aktivitelerine göre kirlenme grupları [14]

AKTİVİTE	BİLİLEN KİRLENME ÖRNEKLERİ
Enerji Kullanımı	Ağır metaller
	Asidik ve korozif maddeler
	Radyonükleidler
Tarımsal Aktiviteler	Ticari gübreler / ahır gübreleri
	Pestisitler
	Tuzlulaştırıcı maddeler
Endüstriyel Aktiviteler	Maden atıkları (ağır metaller ve radyonükleidler)
	Dioksinler ve ilgili maddeler
	Kimyasal atık depoları
Şehirselsel, evsel ve ticari aktiviteler	Klorlanmış bileşikler içeren atıkların yakılması
	Kentsel çöpler, ağır metaller

1.1.4.1 Ağır Metaller

Ağır metallerin önemli bir kirlenme grubu oluşturdukları bilinmektedir. Bunların toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi canlı organizmalarda birikme eğilimi de söz konusudur.

Modern endüstrinin en zararlı sonuçlarından biri, ağır metallerin hava yoluyla toprakta birikmesidir. Gerçekten toprakların ağır metalle kirlenmesi ve çevreye verdiği zararlar, çok önemli güncel sorunlar haline gelmiştir. Yoğunlukları 5 g/cm^3 ve bu değerin üzerinde olan metaller ağır metaller olarak tanımlanmakta ve bunların toprakta çok yönlü zarara neden oldukları bilinmektedir. Ağır metallerin toprakta normalin üzerinde birikmeleri, toprak kültürleri ve besin zinciriyle diğer canlılar için çok tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir [15].

Ağır metal, doğal sistemlerde ortaya çıkan bir grup elementi ifade edebildiği gibi organizmalar tarafından az miktarda alınan fakat onların beslenmesi için önemli olan elementler olarak da tanımlanmaktadır [16].

Ağır metalleri zehirlilik derecesi ve canlı bünyedeki işlevlerine göre sınıflandırabiliriz. Bilinen en zararlı ağır metaller kurşun, kadmiyum ve cıvadır. Bu metaller her derişimde zehirlidir ve biyolojik işlevi yoktur [16]. Yaşamsal olmayan ağır metaller çok küçük derişimde dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedir.

İkinci grup metaller arsenik, bizmut, indiyum, antimon ve talyum insan bünyesine biyokimyasal açıdan gerekli değildir. Ancak diğer bazı biyokimyasal sistemlerde eser düzeyleri tolere edilebilir [16].

Üçüncü grup metaller ise, biyokimyasal olarak gerekli yani yaşamsal olan metallerdir. Bunlar bakır, çinko, kobalt, nikel, vanadyum, selenyum, krom ve demirdir. Bununla birlikte bu metaller belli derişim düzeyinin üzerinde zehirli konuma gelmektedir. Bu grup elementlerden nikel, krom, bakır ve selenyum nükleik asitlerle etkileşimi nedeniyle kanserojen etki göstermektedirler [16].

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya bağlıdır. Örneğin nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir.

Ağır metallerin başlıca kaynakları şunlardır:

Bazı anataşlar, mineral gübreler, biyosidler, kanalizasyon atık maddeleri, kentsel atık maddeler, atık sular, madencilik ve motorlu araçların egsoz gazlarıdır. Bunların hepsinde miktarları ve türleri değişen ağır metaller bulunmaktadır [15].

Toprakta ağır metal birikmesine neden olan en önemli kaynak, bu metallerle kirlenmiş havadır. Bunlar çoğunlukla yağışlar ve kısmen de çökme ile toprağa ulaşmaktadır. Toprağın ağır metallerle kirlenme derecesi, bu metallerin havadaki yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte toprağın bazı özellikleri de bu hususta önemli rol oynamaktadır. Örneğin; topraktaki humus ve kil miktarları ile kil minerali tipleri ağır metallerin toprakta tutularak biriktirilmesi hususunda önemli etkilere sahiptir.

Toprağa giren bazı zararlı maddeler, örneğin tuzlar topraktan uzaklaştırılabildiği halde ağır metaller uzaklaştırılmazlar. O nedenle toprağa girmiş bulunan ağır metaller, önemli bir toprak kirliliği sorununu oluşturur. Yüksek yoğunlukta birikmeleriyle topraktaki kimyasal ve biyolojik süreçler ve özellikler olumsuz yönde etkilenir. En tehlikeli yönleri besin maddelerine oradan da besin zinciri yoluyla canlılara gemeleriidir.

Çizelge 1.2'de bazı toprak eser elementlerinin kabul edilebilme sınırı ve yer kabuğunda bulunma oranları verilmiştir.

Çizelge 1.2 Bazı toprak eser elementlerinin kabul edilebilme sınırı ve yer kabuğundaki oranları [17].

Element	Kabul Edilebilme Sınırı	Yer Kabuğundaki Oranı
Bakır	5-5.6 mg / kg toprak	2-100 mg / kg toprak
Nikel	10-50 mg / kg toprak	10-1000 mg / kg toprak
Kurşun	2.06 -13.4 mg / kg toprak	2-200 mg / kg toprak
Çinko	60-780 mg / kg toprak	10-300 mg / kg toprak

Eser elementlerin vücuttaki işlevleri çok yönlüdür. Bir kısmı enzimleri aktiflerken bir kısmı da enzimlerin yapısında bulunur. Bazı eser elementler hormon ve vitaminlerin yapı taşlarıdır. Hatta bazıları bağışıklık sistemi için gereklidir. Canlılar için hayati öneme sahip eser element, çevre kirlenmesi sonucu biraz yüksek dozda alındığı takdirde organizma üzerinde zehir etkisi yapmaktadır [18].

Çizelge 1.3'de de Türkiye Toprak Kirliliği Yönetmeliğine göre bazı ağır metallerin topraklarda bulunmasına izin verilen sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.3 Türkiye Toprak Kirliliği Yönetmeliğine göre bazı ağır metallerin topraktaki sınır değerleri [19].

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Değerler (µg/g)	
	Toprak pH'sı 5-6 arasında ise	Toprak pH'sı > 6 ise
Kurşun	50	300
Kadmiyum	1	3
Krom	100	100
Bakır	50	140
Nikel	30	75
Çinko	150	300
Civa	1	1,5

1.1.4.2 Gübreler

Tüm dünyada tarım yapılan alanlarda gün geçtikçe daha fazla gübre kullanılmaktadır. Gübrelerin içerisinde bulunan dolgu maddelerinin toprakta biriktiği ve bu birikimin toprakta deformasyona neden olduğu bilinmektedir. Örneğin; fazla azotlu gübrenin uygulandığı tarım alanlarında nitrat miktarı artmıştır. Aşırı çiftlik gübresi uygulaması toprakların tuzlulaşmasına neden olmakta, yine yağmur ve sulama nedeniyle içme sularına karışan kimyasal maddeler sağlığımızı tehdit etmektedir.

Gübreler toprak kirliliğine iki şekilde neden olur; ilki yanlış teknikle gübreleme yapma sonucu bitki besin ve özellikle azot kirliliği, diğeri ise mineral kökenli gübrelerin farklı yöntemlerle elde edilirken uygulanan süreç ve hammadde niteliğine bağlı olarak değişik bileşimler içermeleri sonucu oluşan ağır metal kirliliğidir [10].

1.1.4.3 Pestisitler

Tarımda verimi arttırmak için, böceklerin ve diğer zararlıların kontrolünde herbisitler, intektisitler, fungusitler ve rodentisitler gibi pestisitler yaygın olarak kullanılır. Bu uygulama sonucu toprağa geçen element miktarı kullanılan pestisite bağlı olarak değişiklik gösterir [20].

Pestisitlerin kırsal alanda artan bir şekilde devamlı olarak kullanılması diğer kirlenmelerin aksine ekolojik bir felaket olarak kabul edilmektedir. Pestisitlerin büyük bir kısmı son derece zehirlidir ve özellikle insan ve hayvanların çeşitli organlarında birikerek kanser oluşmasına neden olurlar. Tabi burada bu maddelerin dozu önemlidir. Ayrıca besin zinciri içerisinde bu maddelerin bitkiler ve hayvanlar tarafından alınması ve sonuçta insanların belirli dokularında özellikle yağ dokusunda birikimi akut ve kronik zehirlenmelere hatta ölüme neden olmaktadır.

Gerçekten pestisitler, çevreyi kirlatmenin çeşitli nedenleri arasında tek ve üstün bir yere sahiptirler. Diğer bütün kirleticilerin aksine pestisitler kültür bitkilerini tahrip eden zararlılara veya insan ya da evcil hayvanlardaki bazı parazitleri yok etmek için isteyerek kullanılmaktadır.

Pestisitlerin devamlı kullanılmaları çevrenin ve besinlerin kirlenmesine, biyolojik dengenin bozulmasına ve pestisitlere dirençli türlerin ortaya çıkmasına neden olur.

Yukarıda belirtilen nedenler pestisitlerin kullanımında bir takım kuralların uygulanmasını gerektirmektedir. Örneğin pestisitlerin reçete ile satılması, belirli

kişilerin gözetiminde uygulanması, hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken kurallar vb. gibi.

1.1.4.4 Katı Atıklar

Katı atık maddelerle toprak kirlenmesi denince insan aktivitesi ile meydana gelen ve çöp olarak nitelenen evsel ve endüstriyel atık maddelerin toprağa verdiği zararlar anlaşılır. Sanayileşmiş ülkelerde atık madde miktarı, özellikle son yıllarda hızla artmış ve artmaya devam etmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde hatta sanyileşmiş ülkelerin birçoğunda çöplerin açık alanlarda, çukur yerlerde, vadi ve akarsu kıyılarında toprak üstüne yığılıp depo edilmeleri en çok kullanılan yöntem olmaya devam etmektedir. Ancak tüm ülkelerde katı atık maddeler o kadar artmıştır ki bunların toprak üzerine gelişi güzel depolanmaları, bir yandan tüm canlılar için yaşamsal düzeyde tehlikeli olmaya başlamış diğer yandan da çöpleri yığacak yer kalmamıştır. Bu sorun özellikle büyük kentlerde çok büyük boyutlara ulaşmıştır.

Çöpleri oluşturan katı atık maddelerden cam, seramik, metal ve plastik gibi güç ayrışan maddeler toprağa verilmeyip bunlar geri kazanılma işlemine sokulmak üzere ilgili sanayi kuruluşlarına teslim edilmelidir.

1.1.4.5 Atık Sular

Atık sular da ağır metal yönünden tehlike oluşturabilir. Kadmiyum, çinko, bakır, nikel ve kurşun gibi metaller atık sulardan toprağa geçerek kirlilik oluşturabilir [20].

Atık sular tarafından toprakların kirlenmeleri, bu suların arıtılmadan sulama suyu olarak kullanılmalarından kaynaklanmaktadır. Bu atık suların kaynakları, madenciliği de kapsayan endüstriyel faaliyetler ile kamuya ait evsel atık sulardır.

Çeşitli kirletici maddeleri içeren bu suların genellikle sulama suyu olarak kullanılması suretiyle topraklar kirlenmektedir. Bu sular, standartlarına uygun olarak arıtılmadan veya hiç arıtma işlemine sokulmadan sulama suyu olarak kullanıldıklarında içlerindeki bazı zararlı inorganik ve organik maddeler toprağı kirletmektedir.

1.1.4.6 Madencilik

Madencilik aktiviteleri çevre problemlerine neden olan unsurlardan biridir. Maden ocakları, mineral kaynaklarının bulunabileceğı ve ekonomik olarak çıkarılabileceğı arazilerde açık işletme veya yer altı maden işletme yöntemleriyle işletilmektedir. Madencilik çalışmaları sırasında doğal çevre hava kirliliğı, su kirliliğı, toprak bozulması ve görsel bozulmalar gibi olumsuz faktörlerden etkilenmektedir [11].

Metal sanayi çevremizde ağır metallerin birikiminde önemli rol oynamaktadır. Kurşun, nikel, bakır ve çinko sanayilerinde madenlerin çıkarılmasından işletilmesine kadar olan tüm kademelerde yüksek oranlarda kurşun, bakır ve çinko atmosfere eklenmektedir.

Madencilik endüstrisinden kaynaklanan çevresel etkiler genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Topoğrafyadaki değışmeler
- Yüzey drenajındaki alterasyon
- Sedimantasyon ve erozyon
- İz elementlerin su ve topraktaki konsantrasyonu
- Toz nedeniyle hava kalitesinde düşme

Hava kirliliğine neden olan madencilik endüstrisine has emisyonlar, metalurjik işlemlerden kaynaklanan kükürt dioksit ve diğer gazlar, yüzey madencilik işlemlerinden oluşan tozlar ve ürünlerin, atık malzemelerin stoklanması sırasında rüzgarın kaldırdığı tozları ihtiva eder. Tozlu hava her şeyden önce maden işçilerini etkilemektedir. Bununla birlikte civarda insanların yaşadığı yerleşim yerleri üzerinde olumsuz etkisi vardır. Bunun yanında, açık işletme ve taş ocaklarındaki tozlar cevher zenginleştirme tesislerini de etkilemektedir. Tozlar aynı zamanda toprakta da kirlenmeye neden olmaktadır [11].

Patlayıcılar, madenlerde ve taş ocaklarında kayaçların parçalanmasında ve tünellerin kazılmasında geniş çapta kullanılmaktadır. Patlayıcıların kullanımı, patlamadan kaynaklanan titreşimler yüzünden doğal çevrede yapısal veya diğer hasarlara neden olmaktadır. Açık işletmelerde patlamalar sonucunda oluşan titreşimler çevre güvenliği için daha büyük tehlike oluşturmaktadır [11].

Su, diğer çevre faktörlerine göre madencilikten muhtemelen daha çok etkilenmektedir. Cevher zenginleştirme yöntemleriyle oluşan tortu ve kimyasal atık sıvısı, birçok kirleticiden sadece ikisidir. Asit-maden drenajının genellikle en büyük problem olduğu düşünülmektedir [11].

Yüksek derecede konsantre olmuş ağır metal iyonları, bazen kuyu ve tünellerde atık kayaç depozitlerinden ve maden konsantratörlerinin atık silolarından dışarı akan suda çözünebilir. Kirlenen ırmak suları da tarım ürünleri ve insan sağlığı üzerinde arzu edilmeyen etkilere neden olmaktadır.

1.2 Bazı Metallerin Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

1.2.1 Kurşun (Pb)

Kurşun mavimsi-gri renkte ağır bir metaldir. Doğada başlıca kurşun sülfür veya galen ve sıklıkla da gümüş, bakır, çinko, antimon ve demir metalleriyle birleşmiş halde bulunur. İnorganik kurşun tuzlarının bir kısmı (asetat, nitrat tuzları gibi) suda çözüldüğü halde bir kısmı (kurşun sülfat) çözünmez. Organik kurşun

bileşiklerinden alkil kurşun bileşikleri lipofil özellikte olup toksikolojik yönden önem taşır [20].

Kurşun en fazla otomobil endüstrisinde, benzin katkı maddesi üretiminde, petrol endüstrisi atık sularında bulunur. Kurşun kullanan veya üreten işletmeler de kurşun kirliliğine neden olur. Kurşun ve kurşun bileşikleri genellikle benzin katkı maddesi alkil kurşunların, akümülatörlerin üretiminde, su borularının, alaşımların ve intektisitlerin üretiminde, tekstilde kullanılmaktadır [21, 22].

İnsan vücudundaki kurşun miktarı ortalama olarak 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300-400 mg'ı geçmemektedir. Buna rağmen çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinden 500-1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir [23].

Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır. Kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır [23].

1.2.2 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum çeşitli tiplerde kayaların, toprakların ve suların yanı sıra kömür ve petrolün yapısında bulunur. Bu doğal kaynaklar içinde çinko, kurşun ve bakır cevherleri kadmiyumun başlıca kaynağını oluşturur [20].

Kadmiyum yüksek buhar basıncına sahiptir. Havada kadmiyum oksit formuna hızlıca oksitlenir. Karbondioksit, su buharı, sülfür dioksit, sülfür trioksit ya da hidrojen klorür gibi reaktif gazlar ya da buharın varlığında sırasıyla kadmiyum karbonat, hidroksit, sülfid, sülfat ya da klorür oluşturabilir. Bu tuzlar birikimleriyle birlikte şekillenebilir ve çevreye yayılır. Sülfid, karbonat ya da oksit gibi bazı kadmiyum tuzları suda çözünmez. Bununla birlikte bunlar doğada oksijen ve asit etkisiyle suda çözünen tuzlara dönüşebilir [20].

Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel-kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle denizel koşullara dayanıklı olması nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanması, boya sanayinde, alaşımlarda ve elektronik sanayisinde kullanılır. Kadmiyum fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda önemli miktarda kadmiyum kirliliğine yol açar.

Kadmiyum ve çinko yerkürede bir arada ve benzer yapıda bulunurlar. Bu iki metal insan vücudunda benzer fonksiyonel özellikler göstermektedir. Kadmiyum önemli enzim ve organ fonksiyonlarında çinkonun yerini alabilmektedir ve bu fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engellemektedir. Çinko ve kadmiyumun vücut içindeki oranları, kadmiyum zehirlenmesi çinko yetersizliği ile arttığından çok önemlidir.

Kadmiyum ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. İnsan vücudundaki kadmiyum seviyesi ilerleyen yaşla beraber artış gösterir ve genellikle 50'li yaşlarda maksimum seviyeye ulaştıktan sonra azalmaya başlar. Normal olarak vücudumuzda 40 mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40 µg'a kadar kadmiyum vücuttan atılabilir. Bu seviyeler kadmiyumun çoğunun topraktan yani yiyecekler yoluyla alınması nedeniyle bölgelere göre değişiklik gösterebilmektedir. Yiyecekler yoluyla alınan kadmiyumun yanı sıra su boruları yoluyla, sigara dumanı ve endüstriyel metal üretimi sonucu çıkan fabrika atıkları da diğer önemli kadmiyum kaynaklarıdır [23].

Kadmiyum vücutta % 20 gibi bir oranla çok iyi absorbe edilemiyor olsa bile, bu diğer birçok metale kıyasla oldukça yüksek bir orandır. Kadmiyum içeriği 0.01 mg/m³ havanın iki haftadan daha fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliği ortaya çıkar. Çünkü kadmiyum ve bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde birikir ve ilerleyen yaşlarda böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da sebep olabilmektedir [23].

Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklar da görülür. Diğer taraftan kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyusunun yitilmesi de önemli etkilerdir.

1.2.3 Krom (Cr)

Krom mavimsi gri renkli, havada kolayca kararmayan sert bir metaldir. Doğada hiçbir zaman saf halde bulunmaz, krom metali kromit cevherinden ya da kromitle karışık bir demir cevherinden elde edilir [20].

Krom başlıca; kromla kaplama, krom çeliğinin yapımı ve kaynakçılıkta, dericilikte, fotoğrafçılıkta, boya endüstrisinde ve pil sıvılarında kullanılır.

Kromun endüstriyel bir iz element olduğu düşünülmektedir. Çevrede bolca bulunmasına rağmen insan vücudunda küçük miktarda bulunur ve maruz kalmayla miktarı değişir. Bu elementin organizmadaki miktarının ölçümü güçtür. İnorganik formuyla çok az miktarda absorplanabilir. Fakat organik kompleks halinde daha fazla absorplanır. Kanda transferine bağlı olarak taşınır.

Kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine ve oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine bağlıdır. +6 değerlikli şekli oksidasyon potansiyeli ve biyolojik membranlardan kolaylıkla geçebilmesi nedeni ile +3 değerlikli şeklinden daha zehirlidir [24].

Günde ortalama krom alımı (tüm değerliklerde) ortalama 30-200 µg' dır. Bu oranda alınan kromun toksikolojik bir etkisi yoktur ve yetişkin bir insanda günlük krom ihtiyacını karşılar. Günde 250 µg'a kadar alınan kromun vücut sağlığına zararı yoktur. İnsan vücudundaki krom eksikliği, şeker hastalığı olarak kendini gösterir. Krom eksikliği, kurşunun toksikliğini artırırken biyolojik sistemlerdeki aşırı Cr⁶⁺ farklı tipte kanser oluşumuna sebep olmaktadır. Kanser oluşum mekanizması kesin olarak bilinmemekle beraber altı değerlikli kromun çift iplikli deoksiribonükleik asit (DNA) ile bağlandığı kabul edilmektedir. Dolayısıyla Cr⁶⁺ gen kopyalamasını, onarımını ve duplikasyonunu değiştirmektedir. Günlük doz sınırları içinde kromun üç değerlikli bileşiklerinin insan ve hayvanlara zararı görülmemiştir. Kimyasal ve biyolojik olarak kararlı özellik gösteren Cr³⁺ kanserojen bir madde olarak düşünülmemektedir [23].

1.2.4 Bakır (Cu)

Bakır, bitki ve hayvan yaşamı için gereklidir. Kültür topraklarının bakır içerikleri genellikle % 0.0002-0.01 yani 2-100 ppm arasında değişmektedir. Toprakta bakır, bakır bileşikleri ve Cu²⁺ iyonları halinde bulunabilir [20].

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliğe sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri, elektronik vb.) değişik amaçlı kullanılmaktadır.

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Erişkin insanlarda ortalama 50-120 mg bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez öğesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde

hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hataları ve sinir sisteminde bozukluk tespit edilmiştir [25].

Akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak görülür. Genelde yiyecek ve içeceklere kazayla bakır ihtiva eden maddelerin karışmasıyla veya kasten bakır tuzlarının yutulması sonucu zehirlenme gerçekleşir. Ağız yoluyla alındığında akut zehirlenme insanlarda 100 mg/kg'dır, ancak 600 mg/kg'a kadar emilim olduğunda dahi tedavisi mümkündür. Alınan doza bağlı olarak koma durumuna ve ölüme sebebiyet verebilir [25].

İnsanlarda kronik bakır zehirlenmesi ender rastlanan bir durumdur. Bakır zehirlenmesi sonucu karaciğerde leke oluşumu, sinir sistemlerinde bozukluk, böbrek fonksiyonlarında zayıflama ve gerekli tedaviler yapılmadığı takdirde ölümlerle sonuçlanan rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır [26].

1.2.5 Arsenik (As)

Arsenik azot ailesinden yarı metalik özellik gösteren bir elementtir. Arsenik ve bileşikleri pigmentlerin boyanması, tekstil, cam eşya ve seramik üretimi, pestisit üretimi, bazı inorganik ve organik kimyasalların üretimi ve petrol rafinerisi atıklarında bulunmaktadır.

Arseniğin akut toksisitesi kimyasal formuna bağlıdır. Arsenik elementel, gaz (arsin), organik ve inorganik formda bulunur. Gaz formu en toksik formudur. Doğada en çok bulunan formu inorganik arseniklerden arsenik trioksittir.

Arsenik çevrede çok yaygındır. Özellikle +5 değerlikli bileşikleri toprakta diğer arsenik türlerine oranla daha fazla bulunur. Topraktaki organik maddelere bağlı olarak da bulunan arsenik, organik maddelerin okside olmasıyla suya ve oradan bitkiye geçer.

Arsenik bileşikleri solunum, sindirim ve daha az ölçüde de deri yoluyla alınmaktadır. Vücuda alınan arseniğin % 95'inden fazlası kanda hemoglobinin

proteini tarafından bağlanmakta ve birçok enzimin faaliyetini engellemektedir. Arsenik saç, tırnak, karaciğer ve böbrekler gibi organizmanın her tarafında birikim gösterir. Ayrıca arsenik bileşiklerinin kanserojen etki gösterdiği bilinmektedir [27].

1.2.6 Nikel (Ni)

Nikel doğada arsenik nikel, nikel galeni (NiS), arsenikli nikel galeni ve ayrıca demir ve bakır içeren minerallerle birlikte bulunur [20].

Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatların latisinde yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yeryüzünde bulunma sıklığı 24. sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu % 0.008'dir [25].

Nikelin büyük bir çoğunluğu korozyon ve ısı direncinin yüksek, sertliğinin ve dayanıklılığının iyi olması nedeniyle alaşım üretiminde kullanılmaktadır. Nikelin ana kullanım alanı paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleridir.

Toprakta bulunan nikelin toplam tolere edilebilir miktarı 100 mg/kg civarındadır. Nikel bitkilerde şiddetli bir şekilde zehir etkisi yapar.

Çevreye hem doğal kaynaklardan hem de antropojenik kaynaklardan yayılan nikel, kimyasal ve fiziksel süreçler vasıtasıyla çevreye yayılmakta ve canlı organizmalar tarafından biyolojik olarak taşınmaktadır. Düşük derişimlerde elementel nikel toksik değildir ve yaşam için gereklidir. Nikelin organik formu inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir.

Özellikle ağız yoluyla alınan nikel bileşikleri insanlara zehir etkisi yapmaktadır. Nikel bağırsaklarda az miktarda olmak üzere emilir ve vücuda yayılır. En fazla akciğer ve beyinde yüksek konsantrasyonlar tespit edilmiştir. En büyük hayati tehlike ise, nikelin burun boşluğunda kansere yol açmasıdır.

1.2.7 Çinko (Zn)

Çinko kayalarda, doğal silikatlarda ve oksit, sülfid, karbonat veya fosfat gibi birçok maden cevherinde bulunur.

Çinko demir konstrüksiyon malzemelerinininkine kıyasla daha elektronegatif olduğundan çinko kaplamalar elik yapılar için çok iyi korozyondan korunma sağlarlar ve bu özellik en önemli kullanım alanını oluşturur. Çinkonun en önemli kullanımını metal kaplamasında ve alaşımlardadır.

Toprakta yüksek düzeylerde çinko bulunduğu zaman çinko zehirlenmesi ortaya çıkmaktadır. Katı atıklar ve arıtma çamurları özellikle çok yüksek çinko kapsamına sahip olup bu tür materyallerin araziye verilmesi veya depolanması halinde topraklarda çinko birikimi ve toksik belirtiler görülmektedir.

Çinko metali ve birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterir. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazladır.

Çinko insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli ve yaşamsal elementlerden biridir. Gelişme, deri btnlyđ ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbohidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi gibi çeşitli metabolik olaylar için gereklidir. Karbonik anhidraz, karboksipeptidaz gibi 70'den fazla metaloenzim fonksiyonu için koenzim bileşeni olarak görev yapar. Fizyolojik miktardaki çinko kadmiyum, civa, kurşun ve kalay gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır [25].

Çinko zehirlenmesi kazara alınan yüksek çinko dozlarıyla sınırlı olup yaygın olarak görülmeyen bir durumdur. Çinko fazlalığı özellikle bakırın fonksiyonunu engellemektedir. Yapılan araştırmalar 10:1 Zn/Cu konsantrasyonunun bakır kullanımını engellediğini ortaya koymuştur [27].

Metalik inkonun erime noktasının üzerinde bir ısı ile ısıtılması sonucu ortaya çıkan çinko oksit buharlarının solunması sonucu önemli zararlar meydana gelir. Ancak inko oksit dumanları yüksek konsantrasyonda öldürücü etkide bulunur [26].

1.3 Metallerin Analizinde Kullanılan Spektroskopi Teknikleri

1.3.1 Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)

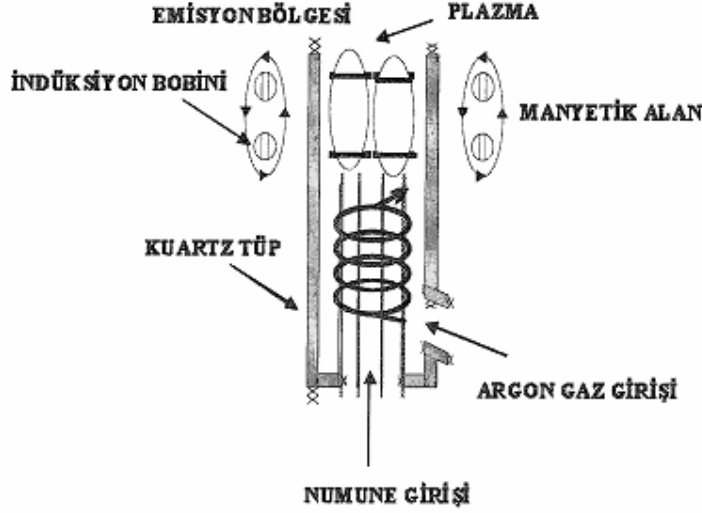
Atomik absorpsiyon spektroskopisi, ışığın gaz halindeki atomlar tarafından absorpsiyonunun ölçülmesi ilkesine dayanır. Işığı absorplayan atomlar temel enerji düzeyinden kararsız uyarılmış enerji düzeyine geçerler. Absorpsiyon miktarı, temel haldeki serbest atom sayısına bağlı olarak değişmektedir. AAS tekniğinde, incelenen elementin konsantrasyonu, atomların üzerine gönderilen ışın şiddeti ile atomlar tarafından absorplanan ışın şiddetinin karşılaştırılmasıyla belirlenir.

1.3.2 İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP)

ICP numunedeki elementlerin atomlaştırılıp uyarıldığı, manyetik alanla desteklenmiş, 7000-8000 K gibi yüksek sıcaklıktaki plazma tekniğidir. Plazma gaz halindeki iyon akımı olarak tanımlanabilir. Kolay iyonlaşabilmesi ve inert olması nedeniyle ICP tekniğindeki plazma, argon gazı ile oluşturulur. Çok çeşitli yöntemlerle plazma oluşturmak mümkün olmakla beraber bu yöntemde elektromanyetik olarak argon gazının indüksiyon sınırlarında bir radyofrekans jeneratörü ile etkileştirilmesiyle elde edilir [28].

Numune çözeltisi nebulizer yardımıyla plazma destek gazıyla birlikte kuartz tüpe getirilir. Kuartz tüpün içerisinde hem numunenin plazmaya gelmesini sağlayan akış bölgesi hem de kuartz tüpün soğumasını sağlayan akış bölgesi bulunmaktadır. Tüpün dış kısmına indüksiyon bobinleri sarılarak bobin uçları 27 MHz- 40 MHz'lik bir radyofrekans jeneratörüne bağlanır. Radyofrekans jeneratöründen gelen ve bobin içerisinden geçen akım sayesinde kuartz tüpün uç kısmında bir manyetik alan oluşturulur. Buna ilave olarak kuartz tüpün etrafında bulunan tesla bobinleri sayesinde plazma oluşumunu sağlayacak olan ilk elektronlar oluşturulur. Oluşturulan bu elektronlar, tüpün ucundaki manyetik alanda hızlanarak argon gazı atomları ile çarpışır. Bu çarpışma sayesinde çok fazla sayıda argon iyonları ve elektronlar elde edilir. Bu işlemlerin sürekli olarak tekrarlanmasıyla 6000-10000 K arasında değişen sıcaklığa sahip plazma elde edilmiş olur. Kuartz tüpün alt

tarafından getirilen numune plazmaya girerek atomlaşır ve uyarılma gerçekleştirilir. Elde edilen numune nötraldir ve sadece argon gazının iyonlarını, elektronları ve uyarılmaya hazır hale getirilmiş numune atomlarını ihtiva eder. Şekil 1.1’de ICP kaynağının temel bileşenleri verilmiştir.



Şekil 1.1 ICP kaynağının temel bileşenleri

1.3.2.1 ICP- Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES)

ICP-AES, atomların uyarılması için indüksiyonla birleştirilmiş plazmanın kullanıldığı atomik emisyon spektroskopisi tekniğidir. ICP-AES tekniğinin yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi, numune elementlerinin plazma içerisindeki alıkonma süresinin uzun olması, atomlaştırma ve uyarma işlemlerinin inert bir ortamda yapılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı diğer atomik emisyon tekniklerine nazaran daha üstün olduğu düşünülmektedir.

Çok kararlı bileşikler bile plazma içerisinde elde edilen yüksek sıcaklık sayesinde atomlarına ayrışabilmektedir. Ayrıca, alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde toprak alkali metallerin, nadir toprak

elementlerinin, bor, silisyum gibi oksijen varlığından dolayı bozunmayan oksit türü bileşik oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşük çıkarken plazmanın kullanıldığı ICP-AES tekniğinde bu elementlerin atomlaştırılmasında böyle bir sorun yok denecek kadar azdır. ICP-AES tekniğinin diğer bir üstünlüğü, plazmadaki yüksek elektron yoğunluğudur. Plazmadaki yüksek elektron yoğunluğu, iyonlaşmayı büyük ölçüde engeller. Alev ve diğer atomlaştırıcılarda analiz elementinin iyonlaşması, önemli bir engelleme türüdür. Çünkü iyonlaşan atomların emisyon ve absorpsiyon yaptıkları dalga boyu değerleri, nötral haldeki atomların emisyon ve absorpsiyon dalga boyu değerlerinden farklıdır [28].

Çizelge 1.4'te bazı elementlerin ICP-AES tekniği ile elde edilebilen gözlenebilme sınırları verilmiştir.

Çizelge 1.4 Çeşitli elementlerin ICP-AES tekniği ile gözlenebilme sınırları, µg/L

Element	Gözlenebilme sınırı (µg/L)
Ag	4
As	50
Ba	0,5
Ca	1
Cd	10
Cr	15
Fe	10
Mg	1
Mn	5
Ni	25
Pb	50
Sr	1
Zn	5

1.4 Biyoyararlılık ve Biyoerişilebilirlik

Biyoyararlılık terimi insan ya da hayvan vücudunda bir kimyasal ya da bir maddenin absorbe edilebilme derecesini ifade eder. Örneğin kurşunun sindirim sisteminde biyoyararlılığı onun fiziksel ya da kimyasal formuna bağlıdır. Suda çözünebilir kurşun asetat gibi kurşun türlerinin biyoyararlılığı suda çözünmeyen kurşun formlarından daha fazladır. Biyoerişilebilirlik terimi ise sindirim sistemindeki sıvı içinde çözünebilir maddenin fraksiyonunu verir. Çözünmüş maddenin konsantrasyonunun toplam konsantrasyona oranı biyoerişilebilir fraksiyonu bize verir. Bir kimyasal absorbe edilmeden önce sindirim sistemindeki sıvıda çözünmelidir. O nedenle biyoyararlılık biyoerişilebilirlik ile ilişkilidir. EPA'ya göre topraktaki ve tozdaki kurşunun % 60'ı biyoerişilebilirdir ve bunun % 50'si de vücutta absorbe edilebilir. Buna göre topraktaki kurşunun yaklaşık % 30'u ($0,6 \times 0,5=0,3$) vücut tarafından absorbe edilebilen miktar olan biyoyararlılık seviyesini gösterir [29].

Çevrede ağır metallerin dağılımı ve biyoyararlılığı yalnızca toplam metal konsantrasyonuna bağlı değil aynı zamanda katı fazda bağlı olduğu forma da bağlıdır. Toprak ve bitkilerdeki toplam metal konsantrasyonlarının tayini üzerine pek çok metod geliştirilmiş ve uygulanmıştır [30, 31]. Topraklardaki metal iyonları organik yapı, demir, alüminyum ve mangan oksihidroksitleri, silikat mineralleri, karbonatlar ve sülfidler gibi farklı fazlarda bulunur. Metal iyonları iyon değişimi, adsorbsiyon, çöktürme ve birlikte çöktürme gibi farklı mekanizmalarla katı faz üzerinde tutunur. Çevre kirliliğinin sonucu olarak meydana gelen değişiklikler metalik kirliliklerin davranışını önemli ölçüde etkiler [32-34]. Topraklarda en önemli olgu ise bitki, hayvan ve insanlar için metallerin biyoyararlılık ya da zehirlilik etkilerini belirlemektir. Toprak yapısında bulunan biyoyararlılığı olan metaller belirli seviyeyi geçince sağlık açısından zehir etkisi oluşturmaktadır. O nedenle topraktaki metallerin biyoyararlılığının belirlenmesi oldukça önemlidir.

Toprak örneklerinde BCR ve tessier gibi ekstraksiyon teknikleri kullanılarak katıya bağlı farklı fazlardaki metal konsantrasyonları belirlenmektedir. Biyoerişilebilirlik çalışmalarında ise in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi kullanılır.

1.5 BCR Ekstraksiyon Yöntemi

Orijinal BCR (Community Bureau of Reference) yöntemi üç adımlı ardışık ekstraksiyon yöntemidir. BCR ekstraksiyon yöntemi aşağıdaki adımları içermektedir [35]. Literatürde modifiye edilmiş BCR ekstraksiyon yöntemleri de bulunmaktadır.

1. adım: Asit ile ekstrakte edilebilir kısmın belirlenmesi

0,11 M Asetik asit ile yapılan ekstraksiyonu içerir.

2. adım: İndirgenebilir kısmın belirlenmesi

0,1 M $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ ile pH 2' de yapılan ekstraksiyonu içerir.

3. adım: Yükseltgenebilir kısmın belirlenmesi

%15'lik H_2O_2 ile yapılan ekstraksiyonu içerir.

BCR ekstraksiyon yöntemi toprak ve sedimentlerde eser elementlerin davranışlarını incelemek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [36-38]. Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen sonuçların birbiri ile karşılaştırılabilir olmaması nedeniyle Avrupa Birliği Referans Maddeler Komisyonu yöntemler arasında bir uyum sağlamak amacıyla toprak ve sediment örneklerinin analizi için standart bir ardışık ekstraksiyon yöntemi hazırladı. Eski adı BCR yeni adı SM&T (the Standards Measurements and Testing Programme) olan bu yöntem topraktaki ağır metal fraksiyonlarını sırasıyla yer değiştirilebilir ve karbonatlara bağlı, indirgenebilir (Fe ve Mn oksitlere bağlı) ve yükseltgenebilir (organik maddelere ve sülfürlere bağlı) metaller olarak yalnız üç basamakta değerlendirir. Kalıntı yalnız kuvvetli asit karışımlarında (örneğin kral suyu, $\text{HNO}_3+\text{HClO}_4+\text{HF}$ gibi) çözünebilir mineral fazdaki metalleri içerir [3, 37, 39].

Ardışık ekstraksiyon yöntemi uygulandıktan sonra ağır metallerin tayininde alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi (FAAS) [40-42], elektrotermal atomik absorpsiyon spektroskopisi (ETAAS) [43-45], indüktif eşlemeli plazma atomik

emisyon spektroskopisi (ICP-AES) ve indüktif eşlemeli plazma kütle spektroskopisi (ICP-MS) gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [46, 47].

1.6 İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

İn vitro gastrointestinal ekstraksiyon insanlara kimyasal riski değerlendirmek için kullanılan ağız yoluyla alınan yiyeceklerin biyoyararlılığını ve biyoerişilebilirliğini inceleyen bir yöntemdir. Günlük diyet içinde bilinçli ya da bilinçsiz olarak alınan sebze, meyve ve toprak gibi örnek matrislerinden gelen kimyasalların ne kadarının vücuda alındığını belirlemeyi amaçlar [48]. Kirlilik içeren sebze, meyve ve toprakların yenmesi durumunda vücuda geçebilecek metal konsantrasyonları, in vitro olarak gastrointestinal metotlarla model bağırsak ve mide sistemi oluşturularak (vücut sıcaklığında, mide ve bağırsak sistemindeki pH'larda ve bu organlardaki enzimlerle sindirim yoluyla) belirlenebilir. Literatürde birçok in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki parametreleri içerir:

1. Sıcaklık: Bütün metotlarda sıcaklık vücut sıcaklığı olan 37 °C'dir.
2. Katı /çözelti oranı
3. Karıştırma ve inkübasyon zamanı
4. Sindirim ile ilgili bileşenler
5. Mide ve bağırsakta sindirim
6. Analizlerden önce ayırma adımı
7. Analiz adımı

1.7 Deneysel Verilerin Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Uygulamalar

1.7.1 Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi veya bir değişkenin iki veya daha fazla değişken ile olan ilişkisini test etmek, varsa bu ilişkinin derecesini ölçmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir [49].

Korelasyon analizinde amaç, bağımsız değişken (X) değiştiğinde bağımlı değişkenin (Y) ne yönde değişeceğini görmektir [49].

Korelasyon analizi yapabilmek için her iki değişkenin de sürekli olmaları ve normal dağılım göstermeleri gerekmektedir [49].

Korelasyon analizi sonucunda, doğrusal ilişki olup olmadığı ve varsa bu ilişkinin derecesi korelasyon katsayısı ile hesaplanır. Korelasyon katsayısı “r” ile gösterilir ve -1 ile +1 arasında değerler alır [49]. Sıfıra yakın değerler iki değişken arasında doğrusal ve zayıf ilişkinin olduğunu, ± 1 'e yakın değerler ise iki değişken arasında doğrusal ve güçlü bir ilişkinin olduğunu gösterir. Bununla birlikte negatif değerler ilişkinin ters yönlü olduğunu, pozitif değerler ise ilişkinin aynı yönlü olduğunu gösterir. Korelasyon katsayısı değişkenler arasındaki nedensel ilişkiyi vermez. Yani hangi değişkenin neden, hangisinin sonuç niteliğinde olduğunu belirtmez. Sadece değişkenlerin birlikte değişiminin ölçümüdür [50].

1.7.2 Faktör Analizi

Faktör analizi değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkileri inceleyerek, değişkenlerin daha anlamlı ve özet bir şekilde sunulmasını sağlar. Değişken grupları arasındaki ilişkilerin altında yatan birlikteliğin ortak örüntülerinin hangi faktörler içinde tanımlanacağı ilişkileri basit anlamda ortaya koyar. Diğer bir ifade ile, analiz veri grubunda yer alan değişkenler arasındaki ilişkilerin altında yatan ortak

özellikleri kurmaya çalışır. Bununla birlikte analiz boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etme yöntemi olarak da tanımlanır [50].

Faktör analizinde, ele alınan değişkenlerin bağımlı ve bağımsız değişken şeklinde tanımlanamaması, her bir değişkenin normal bölünmeye sahip olduğu, gözlemlerin birbirinden bağımsız olduğu ve değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayılır.

Faktör analizinde ilk aşama gözlenen değişken değerleri arasında korelasyonların hesaplanarak orijinal değişkenlerin bir korelasyon matrisi haline getirilmesidir. Korelasyon matrisinden faktörlerin türetilerek döndürülmemiş faktör matrisinin elde edilmesi analizin ikinci aşamasını oluşturur. Bu aşamada, herhangi bir veri grubuna faktör analizinin uygulanması için faktör türetme tekniklerinden birinin ele alınması gerekir. Çeşitli faktör türetme teknikleri vardır, fakat en yaygın kullanılanı *temel bileşen analiz* tekniğidir. Analizin üçüncü aşaması, döndürme yöntemlerinden birinin kullanılarak döndürülmüş faktör matrisinin elde edilmesidir. Dik ve eğik olmak üzere iki farklı döndürme yöntemi, bunlar içinde çeşitli teknikler mevcuttur. Döndürülmüş faktör matrisinin yorumlanması ise analizin son aşamasını oluşturur [50].

Faktör analizinde optimal faktör sayısının bulunmasına karar vermede çeşitli yaklaşımlar söz konusudur. En çok kullanılanı özdeğeri birden büyük olan faktörlerin alınmasıdır.

1.8 Çalışmanın Amacı

Çalışmada çevre kirlenmesinin önlenmesi ve mevcut kirliliğin giderilmesi için gösterilen gayret ve çalışmalara katkıda bulunmak amacıyla, Balya ve yakın köylerindeki topraklarda bazı metallerin toplam konsantrasyonları ve ayrıca toprakların farklı fazlarındaki metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Bilindiği gibi bazı çocukların toprak yeme alışkanlıkları bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle maden yataklarına yakın olan bölgelerde bunun önemli bir problem olabileceği düşünülmektedir. Çalışmada Balya bölgesinde madenden kaynaklanan toprak

kirliliğinin çocuklar üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Balya bölgesinin seçilmesinin nedeni, Balya'nın 80 yıl önce kapatılan kurşun madenin izlerini hâlâ silememiş olmasıdır. Yöre insanı, 1996'da maden yakınında su içen bir sürüdeki 40 kadar koyunun telef olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, madenin yukarı tepelerinde bulunan ve "Ağuluburun" adı verilen mevkiden otlanan hayvanlarda da ölümler gözlenmesi sonucu Belediye, Çevre Bakanlığı'na başvurmuştur. Fransızlar tarafından 70 yıl işletildikten sonra, geride 4 milyon ton zehirli atık bırakılan Balya'daki maden bölgesi hem çevredekileri hem de Manyas gölünü zehirlenmektedir. Bir asırdır çevreyi kirleten Balya'daki eski maden sahasında kansere yol açan ağır metaller saptanmış; ancak hiçbir önlem alınmayıp Balya kaderine terk edilmiştir. Bu nedenle çalışmada bu bölge seçilmiştir.

Çalışmada kirlilik içeren toprakların çocuklar tarafından bilinçli ya da bilinçsizce yenmesi durumunda vücutlarına mide ve bağırsak sindirimi ile geçebilecek metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu amaçla in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca topraklarda biyoyararlılık düzeyindeki değişimler BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 MATERYAL

2.1.1 Toprak Örneklerinin Alınması

Toprak örnekleri Balya merkezden (Sarı Su, Enver Paşa Mahallesi ve Hastanetepe olmak üzere üç yerden) ve Balya'ya yakın altı köyden (Çakallar, Kaşıkçı, Bengiler, Müstecap, Kadıköy, Patlak) alındı. Örnekler çocukların oyun oynayabileceği yerlerden ve yüzeyden alındı. Alınan örnekler kilitli poşetlerde muhafaza edildi.

2.1.2 Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

2.1.2.1 Kurutma

Toprak örnekleri süzgeç kağıtlarının arasında 2-3 gün laboratuvar ortamında açık havada bekletilerek kurutuldu. Açık havada kurutma işlemi ile etüvde kurutma işlemi sonrasında toprak örneklerinin bileşiminde olabilecek kimyasal değişimler engellenmiş oldu.

2.1.2.2 Öğütme

Havada kurutma işlemi tamamlanan toprak örnekleri, gözle görülebilen taş parçacıkları ve büyük organik materyaller ayrıldıktan sonra bilyalı değirmende 30 dakika öğütüldü.

2.1.2.3 Eleme

Öğütme işleminden sonra dörtleme yöntemi ile alınan toprak örnekleri 200 µm'lik elekten geçirildi. Elekten geçemeyen kısım atıldı. 200 µm elek altı numuneler kullanıldı.

2.1.2.4 Saklama

Elekten geçirilen toprak örnekleri polietilen saklama kaplarına kondu. Toprak örneklerinin nereden alındığı saklama kaplarının üzerine yazıldı. Böylece toprak örnekleri analize hazır duruma getirilmiş oldu.

2.1.3 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmada analitik saflıkta kimyasal maddeler kullanıldı. Metal stok çözeltileri için kullanılan tuzlar ve markaları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Analizde Kullanılan Metal Tuzları

Metal	Metal Tuzu	Markası
K	KNO ₃	Merck
Mg	Mg (NO ₃) ₂ . 6 H ₂ O	Fluka
Ca	Ca (NO ₃) ₂ . 4 H ₂ O	Merck
Sr	Sr (NO ₃) ₂	Riel de Haen
Ba	Ba (NO ₃) ₂	Fluka
Cr	Cr (NO ₃) ₃ . 9 H ₂ O	Fluka
Mn	Mn (NO ₃) ₂ . 4 H ₂ O	Merck
Fe	Fe (NO ₃) ₃ . 9 H ₂ O	Merck
Ni	Ni (NO ₃) ₂ . 6 H ₂ O	Fluka
Cu	Cu (NO ₃) ₂ . 3 H ₂ O	Riel de Haen
Zn	Zn (NO ₃) ₂ . 6 H ₂ O	Fluka
Pb	Pb (NO ₃) ₂	Merck
Cd	Cd (NO ₃) ₂ . 4 H ₂ O	Merck
As	As ₂ O ₃	Merck
Ag	AgNO ₃	Riel de Haen

Bu çalışma için kullanılan; asetik asit, nitrik asit, hidroklorik asit ve hidrojen peroksit Riel de Haen A.G'den; hidroksilamin hidroklorür, safra (bile) ve amonyum asetat Merck A.G'den; porcine pepsin, sodyum sitrat, sodyum malat ve pankreatin Sigma Chemical Comp.'den ; laktik asit ve sodyum bikarbonat Fluka'dan; azot gazı piyasadan sağlanmıştır.

2.1.4 Kullanılan Alet ve Cihazlar

Bu çalışmada aşağıda isimlendirilen alet ve cihazlardan yararlanılmıştır.

Buz Dolabı	: Vestel
Çalkalayıcı su banyosu	: Nüve ST 402
Magnetik Karıştırıcı-Isıtıcı	: ARE Heating Magnetic Stirrer, Velp Scientifica
Santrifüj	: Thermo IEC
Otomatik mikropipetler	: Eppendorf, Isotherm
pH-metre	: Hanna instruments (HI) model 221
Öğütme Cihazı	: Retsch PM 100
Eleme Cihazı	: Retsch AS 200
Hassas Terazi	: Scaltec SPB 31
ICP-OES	: Varian 725-ES, Melbourne Australia

Analiz için elde edilen çözeltilerdeki metal iyonlarının tayini için kullanılan ICP-OES aletinin operasyon koşulları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 ICP-OES’ de ölçümlerde kullanılan operasyon koşulları

Güç (W)	1400
Gaz akış hızları	
Soğutucu gaz (Argon) (1 dak ⁻¹)	14
Auxiliary gaz (Argon) (1 dak ⁻¹)	1.5
Atomlaştırıcı gaz (Nebuliser) (Argon) (1 dak ⁻¹)	0.68
Atomlaştırıcı tipi	V-Groove
Torç türü	Radyal
Pompa hızı (devir dak ⁻¹)	7
Püskürtme odası tipi	Sturman-Masters
Kararlılaşma zamanı (s)	20
Tayin dalga boyları (nm)	
Ba	455,403
Ni	231,604
Sr	407,771
K	766,490
Ca	317,933; 422,673
Ag	328,068
As	188,980
Cd	214,439
Cr	267,716
Cu	327,395
Fe	234,350
Mg	279,800 ; 285,213
Mn	257,610
Pb	220,353
Zn	213,857

2.1.5 Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanışı

2.1.5.1 Metal Stok Çözeltileri

K, Mg, Ca ve Fe metallerinin Çizelge 2.1’de verilen katıları kullanılarak 10000 mg/L’lik stok çözeltileri hazırlandı.

Sr, Ba, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, As ve Ag metallerinin Çizelge 2.1’de verilen katıları kullanılarak 1000 mg/L’lik stok çözeltileri hazırlandı.

As ve Ag metallerinin 1000 mg/L’lik stok çözeltileri kullanılarak 100 mg/L’lik ara stok çözeltileri hazırlandı.

Hazırlanan bu metal stok çözeltileri % 2 HNO₃ içinde hazırlandı.

2.1.5.2 Standart Çözeltiler

Kalibrasyon standart çözeltilerinin hazırlanmasında 10000 mg/L’lik K, Mg, Ca ve Fe çözeltileri, 1000 mg/L’lik Sr, Ba, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd çözeltileri ve 100 mg/L’lik As ve Ag çözeltileri kullanıldı.

Her bir elementin optimum çalışma aralığında olacak şekilde 15 farklı elementi içeren, BCR ve in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemlerinin her bir adımı için 6’şar standart çözelti hazırlandı.

BCR ve in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemlerinin her bir adımı için hazırlanan 6 standart çözeltideki metal konsantrasyonları aynı sadece buldukları çözelti ortamları farklıdır. Kalibrasyon standartlarının içerdiği elementler ve konsantrasyonları mg/L olarak Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Kalibrasyon standartlarının içerdiği elementler ve konsantrasyonları, mg/L

	Standart 1	Standart 2	Standart 3	Standart 4	Standart 5	Standart 6
K	50	100	200	400	600	800
Mg	50	100	200	300	400	500
Ca	100	200	300	400	500	600
Fe	100	200	300	400	500	600
Sr	1	2	4	6	8	10
Ba	5	10	15	20	25	30
Cr	0,2	0,4	0,8	1,0	1,2	1,4
Mn	2	4	6	8	10	12
Ni	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Cu	1	2	3	4	5	6
Zn	1	2	4	6	8	10
Pb	5	10	15	20	25	30
Cd	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
As	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Ag	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

BCR ekstraksiyon yönteminin 1. adımında elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler 0,11 M CH_3COOH içinde hazırlandı.

BCR ekstraksiyon yönteminin 2. adımında elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler pH'sı 1,5 olan 0,5 M $\text{H}_2\text{NOH.HCl}$ çözeltisi içinde hazırlandı.

BCR ekstraksiyon yönteminin 3. adımında elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler pH'sı 2,0 olan 1,0 M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ çözeltisi içinde hazırlandı.

BCR ekstraksiyon yönteminin 4. adımında ve yaş yakma ile elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler % 2 HNO_3 içinde hazırlandı.

İn vitro gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin 1. adımında elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler, pH'sı 1,8 olan gastrik (mide özsuyu) çözelti içinde hazırlandı.

İn vitro gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin 2. adımında elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler, gastrik (mide özsuyu) çözeltinin pH'sının doygun sodyum bikarbonat ile 7,0 yapıp ardından safra ve pankreatin eklenmesiyle elde edilen çözelti içinde hazırlandı.

2.1.5.3 BCR Ekstraksiyon Yöntemi ve İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde Kullanılan Çözeltiler

1. 0,11 M CH_3COOH (Asetik asit) çözeltisi

1 L'lik balon jojeye yoğunluğu 1.05 g/mL olan % 100 saflıkta glasiyel asetik asitten 6,29 mL alınarak balon joje hacmine saf su ile tamamlanır.

2. 0,5 M $\text{H}_2\text{NOH.HCl}$ (Hidroksilamin hidroklorür) çözeltisi , pH=1,5

34,75 g $\text{H}_2\text{NOH.HCl}$ 1 L'lik beher içinde 950 mL saf suda çözülür. 2,0 M HNO_3 ile pH 1,5'e ayarlanarak 1 L'lik balon joje içine alınır ve balon joje hacmine tamamlanır.

3. 8,8 M H_2O_2 (Hidrojen peroksit) çözeltisi

250 mL'lik balon jojeye yoğunluğu 1.11 g/mL olan % 30'luk H_2O_2 'den 224,7 mL alınarak balon joje hacmine saf su ile tamamlanır.

4. 1,0 M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (Amonyum asetat) çözeltisi, pH=2,0

77,08 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1L'lik beher içinde yaklaşık 800 mL saf suda çözülür. Derişik HNO_3 ile pH 2,0'ye ayarlanarak 1L'lik balon joje içine alınır ve balon joje hacmine tamamlanır.

5. 2,0 M HNO₃ (Nitrik asit)

250 mL'lik bir balon jøjeye bir miktar saf su konulduktan sonra yoğunluğu 1.4 g/mL olan % 65'lik HNO₃'den 34,6 mL alınarak balon joje hacmine saf su ile tamamlanır.

6. 0,5 M HNO₃ (Nitrik asit)

250 mL'lik bir balon jøjeye bir miktar saf su konulduktan sonra yoğunluğu 1.4 g/mL olan % 65'lik HNO₃'den 8,6 mL alınarak balon joje hacmine saf su ile tamamlanır.

7. Gastrik (mide özsuyu) çözeltisi, pH=1,8

1,25 g porsin pepsin, 0,50 g sodyum sitrat, 0,5 g sodyum malat, 420 µL laktik asit, 500 µL asetik asit yaklaşık 950 mL saf suda çözülür. Derişik HCl ile pH 1,8'e ayarlanarak 1L'lik balon joje içine alınır ve balon joje hacmine tamamlanır.

8. Doygun NaHCO₃ çözeltisi

250 mL'lik bir behere bir miktar saf su alınıp içine çözebileceği kadar NaHCO₃ eklenerek çözelti hazırlanır.

2.2 YÖNTEM

2.2.1 BCR Ekstraksiyon Yöntemi

BCR ekstraksiyon yöntemi toprak ve sedimentlerdeki farklı fazdaki metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacı ile biyoyararlılık çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [36-38]. BCR ekstraksiyon yöntemi, topraktaki ağır metal fraksiyonlarını sırasıyla; yer değiştirebilir ve karbonatlara bağlı (Adım 1), indirgenebilir (Fe ve Mn oksitlere bağlı) (Adım 2) ve yükseltgenabilir (organik maddelere ve süfürlere bağlı) metaller (Adım 3) olarak üç basamakta değerlendirir. Kalıntı yalnız kuvvetli asit karışımlarında (kral suyu, HNO₃ + HClO₄ + HF gibi)

çözünebilir mineral fazdaki metalleri içerir [3, 37]. Bu çalışmada kullanılan modifiye edilmiş BCR ekstraksiyon yönteminin genel akışı şu şekildedir.

1. Adım :

Analize hazır hale getirilen toprak örneklerinden üç paralel olmak üzere 0,5 g tartılarak 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine konuldu. Üzerine 20 mL 0,11 M CH_3COOH eklendi. Karışım 16 saat süreyle sıcaklığı 22 ± 1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerinde toplandı ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı 22 ± 1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle suda çözünür, asitte çözünür ve karbonatlara bağlı metaller ekstrakte edilir.

2. Adım :

Birinci adımdan kalan kalıntı üzerine 20 mL 0,5 M $\text{H}_2\text{NOH.HCl}$ (pH=1,5) eklendi ve 16 saat süreyle sıcaklığı 22 ± 1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı 22 ± 1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle indirgenebilir formdaki metaller (Mn ve Fe-oksitlere bağlı) ekstrakte edilir.

3. Adım :

İkinci adımdan kalan kalıntı üzerine 5 mL 8,8 M H_2O_2 eklenerek 1 saat süreyle oda sıcaklığında elle çalkalandı. Ardından örnekler 1 saat 85 ± 1 °C'de su banyosunda tüplerin kapakları kapalı olarak bekletildi. Bu bir saatlik sürenin ilk 30 dakikası içinde örnekler ara sıra elle çalkalandı. Tüpteki sıvı hacmi 1-2 mL kalıncaya kadar tüpler ağzı açık olarak 85 ± 1 °C'de su banyosunda ısıtıldı. Yeniden 5 mL 8,8 M H_2O_2 eklendi ve tüpler ağzı kapalı olarak 85 ± 1 °C'de su banyosunda 1 saat ısıtıldı. Sonra tüpler ağzı açık olarak H_2O_2 'in tamamına yakını buharlaşınca kadar (kurumaya yakın) ısıtıldı. Soğuduktan sonra tüp içine 25 mL 1,0 M CH_3COONH_4 (pH=2,0) eklenerek 16 saat süreyle sıcaklığı 22 ± 1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı 22 ± 1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle yükseltgenabilir formdaki metaller (sülfürlere ve organik maddelere bağlı) ekstrakte edilir.

4. Adım :

Üçüncü adımdaki kalıntıya 1 mL saf su, 7 mL % 37'lik derişik HCl ve 2,5 mL % 65'lik derişik HNO_3 eklenerek toprak örnekleri beherlere alındı. Beherlerin ağzı saat camı ile kapatıldı ve 16 saat oda sıcaklığında bekletildi. Ardından toprak örnekleri ağızları saat camıyla kapalı olarak çeker ocak içinde ısıtıcı üzerinde 2 saat süreyle kaynamaya değin bozunduruldu. Soğuduktan sonra 25 mL'lik balon joje içine siyah bantlı süzgeç kağıdından süzöldü. 0,5 M HNO_3 çözeltisi ile balon joje hacmine tamamlandı. Örnekler 50 mL'lik polietilen tüplere alınarak analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Bu adımda önceki üç basamakta ekstrakte edilemeyen metaller ekstrakte edilir.

2.2.2 Yaş Yakma Yöntemi

Toprak örneklerindeki toplam metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulandı. Toprak örneklerinden üç paralel olmak üzere 0,5 g tartılarak 100 mL'lik beherlere konuldu. BCR ekstraksiyon yönteminin 4. adımında olduğu gibi toprak örnekleri üzerine 1 mL saf su, 7 mL % 37'lik derişik HCl ve 2,5 mL % 65'lik derişik HNO₃ eklendi. Beherlerin ağzı saat camı ile kapatıldı ve 16 saat oda sıcaklığında bekletildi. Ardından toprak örnekleri ağızları saat camıyla kapalı olarak çeker ocak içinde ısıtıcı üzerinde 2 saat süreyle kaynamaya değin bozunduruldu. Soğduktan sonra 25 mL'lik balon joje içine siyah bantlı süzgeç kağıdından süzöldü. 0,5 M HNO₃ çözeltisi ile balon joje hacmine tamamlandı. Örnekler 50 mL'lik polietilen tüplere alınarak analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı.

2.2.3 İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

Mide ve bağırsak pH'sında, uygun enzim ve reaktifler ile insan vücudunda birikebilecek metal konsantrasyonlarını belirlemek için kullanılan ekstraksiyon yöntemidir. Çalışmada kullanılan in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin genel akışı şu şekildedir.

1. Adım : Midede Sindirim

Analize hazır hale getirilen toprak örneklerinden üç paralel olmak üzere 0,5 g tartılarak 100 mL'lik gaz yıkama şişelerine konuldu. Üzerine 50 mL pH'sı 1,8 olan gastrik (mide özsuyu) çözeltiden eklendi. Oksijensiz koşulları sağlamak için 10 dakika süresince azot gazı geçirildi. Oksijensiz ortamı korumak amacıyla gaz yıkama şişesinin çıkış borusu tıpa ile kapatıldı. Örnekler 1 saat sıcaklığı 37°C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından bu karışımdan 5 mL örnek analiz için alındı. Örnekler whatman süzgeç kağıdından süzölerek 15 mL'lik polietilen tüplere alındı ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. 5 mL alınan örnek yerine mide özsuyu çözeltisinden 5 mL eklendi.

2. Adım : Bağırsakta Sindirim

1. adımda mide sindiriminden geçen örneklere, pH'sı 7,0 oluncaya kadar doygun sodyum bikarbonat çözeltisi eklendi. Ardından 87,5 mg safra ve 25 mg pankreatin eklendi. Ardından oksijensiz koşulları sağlamak için karışımlardan 10 dakika süresince azot gazı geçirildi. Oksijensiz ortamı korumak amacıyla gaz yıkama şişesinin çıkış borusu tıpa ile kapatıldı. Örnekler 4 saat sıcaklığı 37°C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. 4 saat sonrasında karışımdan 5 mL örnek analiz için alındı. Örnekler whatman süzgeç kağıdından süzülerek 15 mL'lik polietilen tüplere alındı ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı.

3. BULGULAR

3.1 BCR Ekstraksiyon Yöntemi ve Yaş Yakma Yöntemi

Balya merkez (Sarı Su, Enver Paşa Mahallesi ve Hastanetepe olmak üzere üç yerden) ve Balya'ya yakın altı köyden (Çakallar, Kaşıkçı, Bengiler, Müstecap, Kadıköy, Patlak) alınan toprak örneklerine BCR ekstraksiyon yöntemi uygulanarak her bir ekstraksiyon adımında sulu çözeltiye geçen metal konsantrasyonları ICP-OES ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerindeki toplam metal konsantrasyonlarını belirlemek için, toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulandı. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için, aynı işlemler uygulanarak standart referans madde (NIST Montana soil 2711) analiz edildi.

BCR yönteminin her bir ekstraksiyon adımında elde edilen çözeltilerde ve toprak örneklerinin kral suyu ile bozundurulması ile elde edilen çözeltilerde ICP-OES ile 15 elementin analizi yapıldı. Analizi yapılan elementler As, Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Ag, Cd, Cr, Sr, Ba, K, Mg, Ca ve Fe'dir.

3.1.1 Toprak Örneklerindeki Arsenik Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki As konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam As konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar ortalama±standart sapması ile birlikte Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Toprak örneklerindeki As konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	9,3 ± 0,5	40,3 ± 1,1	7,2 ± 0,8	34,5 ± 0,4	91,3 ± 1,5	90,9 ± 1,5
Sarı su	16,7 ± 3,8	77,3 ± 10,8	31,7 ± 3,2	277,7 ± 14,1	403,4 ± 18,4	400,6 ± 11,7
Hastanetepe	< LOD*	12,1 ± 3,8	5,4 ± 0,7	85,3 ± 4,4	102,8 ± 5,9	101,7 ± 1,9
Enver Paşa Mahallesi	0,96 ± 0,07	23,0 ± 3,9	8,4 ± 1,4	136,0 ± 4,1	168,4 ± 5,8	170,3 ± 4,0
Kadıköy	< LOD	15,7 ± 1,7	12,8 ± 3,7	72,1 ± 5,1	100,6 ± 6,5	105,3 ± 11,1
Patlak	1,5 ± 0,3	6,5 ± 1,4	15,2 ± 1,7	64,4 ± 3,8	87,6 ± 4,4	85,3 ± 2,9
Bengiler	< LOD	1,8 ± 0,5	2,1 ± 1,0	7,4 ± 1,3	11,3 ± 1,7	10,3 ± 1,4
Çakallar	< LOD	4,6 ± 1,5	7,1 ± 2,1	48,3 ± 2,6	60,0 ± 3,7	57,5 ± 4,6
Müstecap	< LOD	1,0 ± 0,1	1,7 ± 0,4	13,4 ± 0,7	16,1 ± 0,8	15,3 ± 1,5
Kaşıkcı	< LOD	19,8 ± 3,3	4,9 ± 0,5	67,2 ± 6,8	91,9 ± 7,6	90,0 ± 8,6

LOD* : Tayin sınırı

3.1.2 Toprak Örneklerindeki Bakır Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Cu konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak, topraklardaki toplam Cu konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar ortalama±standart sapmasıyla birlikte Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Toprak örneklerindeki Cu konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	< LOD	42,2 ± 1,2	10,4 ± 0,8	42,7 ± 1,7	95,3 ± 2,2	96,3 ± 0,7
Sarı su	< LOD	25,5 ± 2,8	78,0 ± 2,5	59,6 ± 3,5	163,1 ± 5,1	146,1 ± 5,6
Hastanetepe	< LOD	7,2 ± 0,5	8,4 ± 1,4	18,0 ± 2,0	33,6 ± 2,5	34,8 ± 1,8
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	17,0 ± 1,9	25,7 ± 2,0	23,6 ± 1,6	66,3 ± 3,2	63,2 ± 1,4
Kadıköy	< LOD	9,8 ± 0,8	17,2 ± 1,0	22,8 ± 0,8	49,8 ± 1,5	44,9 ± 0,6
Patlak	< LOD	1,1 ± 0,5	16,4 ± 0,9	19,9 ± 0,1	37,4 ± 1,0	32,4 ± 0,8
Bengiler	< LOD	2,2 ± 0,2	3,3 ± 0,3	15,4 ± 0,6	20,9 ± 0,7	20,5 ± 0,4
Çakallar	< LOD	2,4 ± 0,3	9,2 ± 0,2	21,0 ± 0,5	32,6 ± 0,6	31,4 ± 1,6
Müstecap	< LOD	6,1 ± 0,2	9,0 ± 0,2	16,1 ± 0,9	31,2 ± 0,9	25,7 ± 1,3
Kaşıkcı	< LOD	33,7 ± 3,5	41,6 ± 3,5	24,8 ± 1,5	100,1 ± 5,2	89,2 ± 2,9

3.1.3 Toprak Örneklerindeki Çinko Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Zn konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Zn konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Toprak örneklerindeki Zn konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	19,6 ± 1,5	95,2 ± 0,8	40,7 ± 2,4	136,6 ± 4,9	292,1 ± 5,7	308,1 ± 6,7
Sarı su	537,4 ± 27,2	1027,8 ± 87,8	311,2 ± 32,0	457,7 ± 44,3	2334,1 ± 106,9	1998,1 ± 71,2
Hastanetepe	122,6 ± 33,9	213,9 ± 25,6	83,7 ± 2,2	108,1 ± 5,5	528,3 ± 42,9	519,1 ± 10,4
Enver Paşa Mahallesi	300,6 ± 33,7	570,4 ± 47,1	183,9 ± 5,3	211,1 ± 3,9	1266,0 ± 58,3	1187,6 ± 45,2
Kadıköy	271,1 ± 59,3	696,5 ± 90,6	172,9 ± 21,9	192,7 ± 13,9	1333,2 ± 111,3	1274,9 ± 26,3
Patlak	54,5 ± 6,9	144,9 ± 35,5	266,1 ± 27,9	346,3 ± 9,3	811,8 ± 46,6	780,2 ± 38,0
Bengiler	< LOD	35,8 ± 3,2	14,6 ± 1,4	65,6 ± 3,8	116,0 ± 5,2	115,9 ± 2,5
Çakallar	18,2 ± 1,7	150,3 ± 10,5	138,5 ± 8,2	138,4 ± 13,5	445,4 ± 19,0	423,2 ± 34,2
Müstecap	< LOD	22,4 ± 3,9	16,8 ± 1,9	38,9 ± 2,1	78,1 ± 4,8	83,0 ± 0,9
Kaşıkcı	713,6 ± 21,0	598,3 ± 47,2	1321,8 ± 13,6	326,3 ± 24,8	2960,0 ± 58,9	2694,6 ± 49,6

3.1.4 Toprak Örneklerindeki Kurşun Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Pb konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Pb konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4 Toprak örneklerindeki Pb konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	160,3 ± 4,7	852,0 ± 9,6	52,0 ± 0,8	12,3 ± 0,6	1076,6 ± 10,7	1071,1 ± 18,1
Sarı su	33,7 ± 3,0	3298,9 ± 42,2	720,7 ± 78,6	1008,9 ± 99,5	5062,2 ± 133,7	4611,6 ± 201,8
Hastanetepe	< LOD	355,6 ± 17,5	19,2 ± 4,1	117,1 ± 10,5	491,9 ± 20,8	502,9 ± 10,6
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	769,5 ± 59,8	58,9 ± 15,1	253,8 ± 20,9	1082,2 ± 65,1	1098,0 ± 35,1
Kadıköy	< LOD	624,1 ± 12,1	66,6 ± 7,4	110,9 ± 3,4	801,6 ± 14,6	822,2 ± 23,6
Patlak	< LOD	52,7 ± 4,9	208,6 ± 31,6	155,1 ± 16,2	416,4 ± 35,8	377,1 ± 19,5
Bengiler	< LOD	22,4 ± 3,1	< LOD	1,0 ± 0,2	23,4 ± 3,1	24,8 ± 4,0
Çakallar	< LOD	208,0 ± 26,0	97,4 ± 24,9	65,3 ± 4,7	370,7 ± 36,3	348,8 ± 32,1
Müstecap	< LOD	10,1 ± 2,0	< LOD	13,4 ± 1,6	23,5 ± 2,6	27,2 ± 2,9
Kaşıkçı	210,6 ± 27,5	1639,9 ± 123,4	156,7 ± 32,3	255,0 ± 30,0	2262,2 ± 133,9	2206,5 ± 60,2

3.1.5 Toprak Örneklerindeki Manganez Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Mn konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Mn konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.5’te verilmiştir.

Çizelge 3.5 Toprak örneklerindeki Mn konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	253,2 ± 6,0	130,5 ± 7,3	25,4 ± 0,7	136,1 ± 1,7	545,2 ± 9,6	507,0 ± 8,8
Sarı su	318,9 ± 61,8	1023,7 ± 91,7	50,4 ± 3,0	132,9 ± 7,9	1525,9 ± 110,9	1293,9 ± 52,4
Hastanetepe	128,3 ± 5,9	642,4 ± 24,7	47,4 ± 3,0	166,5 ± 13,4	984,6 ± 28,9	898,0 ± 22,2
Enver Paşa Mahallesi	215,4 ± 47,7	822,9 ± 50,3	48,8 ± 2,7	172,0 ± 8,8	1259,1 ± 69,9	1139,7 ± 34,6
Kadıköy	83,0 ± 16,5	727,0 ± 46,9	42,3 ± 2,3	169,3 ± 0,8	1021,6 ± 49,8	929,9 ± 28,1
Patlak	129,9 ± 6,5	800,4 ± 39,3	116,6 ± 4,5	114,3 ± 5,2	1161,2 ± 40,4	1058,2 ± 53,0
Bengiler	71,7 ± 3,6	252,7 ± 18,1	27,3 ± 2,3	144,5 ± 5,5	496,2 ± 19,4	487,8 ± 12,6
Çakallar	93,9 ± 2,9	793,8 ± 32,3	61,2 ± 5,7	98,5 ± 2,1	1047,4 ± 33,0	925,6 ± 62,9
Müstecap	34,7 ± 3,6	116,5 ± 5,1	17,4 ± 0,9	97,3 ± 2,5	265,9 ± 7,3	265,8 ± 15,8
Kaşıkçı	476,0 ± 44,9	834,7 ± 83,2	60,1 ± 6,7	301,7 ± 9,5	1672,5 ± 95,3	1507,3 ± 16,4

3.1.6 Toprak Örneklerindeki Nikel Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Ni konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Ni konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Toprak örneklerindeki Ni konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	< LOD	4,6 ± 0,8	3,7 ± 0,1	12,3 ± 0,5	20,6 ± 0,9	21,9 ± 0,9
Sarı su	< LOD	3,7 ± 0,8	2,8 ± 0,4	8,3 ± 1,3	14,8 ± 1,6	14,7 ± 2,7
Hastanetepe	< LOD	2,8 ± 0,5	2,7 ± 0,4	11,6 ± 1,0	17,1 ± 1,2	16,9 ± 1,7
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	3,4 ± 0,8	3,2 ± 0,6	12,3 ± 1,0	18,9 ± 1,4	16,9 ± 0,6
Kadıköy	< LOD	3,0 ± 0,4	2,8 ± 0,8	10,6 ± 0,6	16,4 ± 1,1	15,9 ± 1,2
Patlak	< LOD	< LOD	4,6 ± 0,8	20,8 ± 0,8	25,4 ± 1,1	23,1 ± 1,9
Bengiler	< LOD	2,8 ± 0,7	2,3 ± 0,1	10,8 ± 1,3	15,9 ± 1,5	15,1 ± 0,9
Çakallar	< LOD	9,2 ± 0,6	6,5 ± 1,2	31,5 ± 1,2	47,2 ± 1,8	39,9 ± 2,3
Müstecap	< LOD	2,3 ± 0,8	2,5 ± 0,2	6,2 ± 1,2	11,0 ± 1,5	11,1 ± 0,9
Kaşıkçı	< LOD	2,2 ± 0,6	1,5 ± 0,1	18,9 ± 0,6	22,6 ± 0,9	21,9 ± 0,1

3.1.7 Toprak Örneklerindeki Gümüş Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Ag konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Toprak örneklerindeki Ag konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam
Montana Soil 2711	< LOD	2,15± 0,03	0,42± 0,05	0,87 ± 0,04	3,44 ± 0,07
Sarı su	< LOD	2,93 ± 0,65	0,28± 0,03	3,55±0,37	6,76± 0,75
Hastanetepe	< LOD	0,41 ± 0,05	0,37± 0,05	< LOD	0,78 ± 0,07
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	0,82 ± 0,04	0,40 ± 0,12	0,31 ± 0,06	1,53± 0,14
Kadıköy	< LOD	0,84 ± 0,12	0,004 ± 0,001	1,87± 0,22	2,71 ± 0,25
Patlak	< LOD	< LOD	< LOD	3,64± 0,59	3,64± 0,59
Bengiler	< LOD	< LOD	0,30 ± 0,03	1,44 ± 0,26	1,74 ± 0,26
Çakallar	< LOD	0,19 ± 0,03	0,51 ± 0,01	0,64± 0,03	1,34± 0,04
Müstecap	< LOD	< LOD	0,35± 0,04	< LOD	0,35 ± 0,04
Kaşıkçı	< LOD	0,65 ± 0,08	0,46± 0,05	0,91± 0,10	2,02 ± 0,14

3.1.8 Toprak Örneklerindeki Kadmiyum Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Cd konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Toprak örneklerindeki Cd konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam
Montana Soil 2711	26,55 ± 0,78	11,81 ± 0,78	1,67 ± 0,06	< LOD	40,03 ± 1,1
Sarı su	2,45 ± 0,26	9,23 ± 0,68	1,72 ± 0,15	< LOD	13,40 ± 0,74
Hastanetepe	< LOD	2,03 ± 0,09	0,56 ± 0,06	< LOD	2,59± 0,11
Enver Paşa Mahallesi	1,49 ± 0,08	3,20 ± 0,29	1,05 ± 0,09	< LOD	5,74 ± 0,31
Kadıköy	< LOD	4,42± 0,67	1,15 ± 0,11	< LOD	5,57 ± 0,68
Patlak	< LOD	1,58 ± 0,14	0,75 ± 0,03	< LOD	2,33 ± 0,14
Bengiler	< LOD	0,63 ± 0,03	0,05 ± 0,01	< LOD	0,68 ± 0,03
Çakallar	< LOD	1,20 ± 0,03	0,61 ± 0,03	< LOD	1,81 ± 0,04
Müstecap	< LOD	0,22 ± 0,01	0,13 ± 0,01	< LOD	0,35 ± 0,01
Kaşıkcı	< LOD	2,31 ± 0,23	2,86 ± 0,32	< LOD	5,17 ± 0,39

3.1.9 Toprak Örneklerindeki Krom Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Cr konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Cr konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	< LOD	1,05 ± 0,09	2,62 ± 0,09	21,40 ± 0,34	25,07 ± 0,36	24,85 ± 0,95
Sarı su	< LOD	0,77 ± 0,11	3,39 ± 0,15	8,82 ± 0,33	12,98 ± 0,38	12,14 ± 0,89
Hastanetepe	< LOD	0,38 ± 0,03	1,98 ± 0,14	14,78 ± 0,77	17,14 ± 0,78	17,17 ± 0,42
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	0,76 ± 0,08	2,98 ± 0,12	16,13 ± 0,42	19,87 ± 0,44	17,80 ± 0,16
Kadıköy	< LOD	0,64 ± 0,15	2,55 ± 0,08	16,34 ± 0,14	19,53 ± 0,22	17,19 ± 0,69
Patlak	< LOD	0,34 ± 0,01	2,78 ± 0,32	26,97 ± 0,49	30,09 ± 0,59	21,94 ± 1,04
Bengiler	< LOD	2,17 ± 0,25	8,43 ± 0,19	14,24 ± 0,76	24,84 ± 0,82	22,55 ± 0,64
Çakallar	< LOD	0,63 ± 0,08	4,58 ± 0,21	45,02 ± 0,64	50,23 ± 0,68	39,55 ± 0,79
Müstecap	< LOD	0,33 ± 0,01	2,82 ± 0,16	20,03 ± 0,73	23,18 ± 0,75	20,29 ± 1,60
Kaşıkçı	< LOD	0,82 ± 0,04	2,21 ± 0,02	23,32 ± 0,57	26,35 ± 0,57	24,66 ± 0,32

3.1.10 Toprak Örneklerindeki Stronsiyum Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Sr konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Sr konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 Toprak örneklerindeki Sr konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	14,1 ± 0,6	9,9 ± 0,2	4,0 ± 0,2	15,7 ± 1,0	43,7 ± 1,2	51,7 ± 2,1
Sarı su	66,9 ± 4,5	37,2 ± 2,6	3,5 ± 0,1	32,4 ± 0,9	140,0 ± 5,3	120,3 ± 4,7
Hastanetepe	9,8 ± 0,8	13,0 ± 0,4	5,2 ± 0,8	48,0 ± 1,8	76,0 ± 2,2	78,9 ± 2,2
Enver Paşa Mahallesi	23,3 ± 1,1	14,6 ± 0,9	6,2 ± 0,7	44,0 ± 2,4	88,1 ± 2,9	85,6 ± 1,7
Kadıköy	11,7 ± 1,5	15,3 ± 1,4	4,7 ± 0,2	43,6 ± 1,8	75,3 ± 2,7	78,4 ± 3,1
Patlak	66,3 ± 3,9	37,6 ± 0,8	16,9 ± 1,2	10,9 ± 0,5	131,7 ± 4,2	124,8 ± 5,6
Bengiler	35,8 ± 1,9	22,2 ± 1,8	7,3 ± 0,5	57,0 ± 1,8	122,3 ± 3,2	118,8 ± 3,0
Çakallar	24,2 ± 2,9	34,5 ± 2,9	5,4 ± 0,5	71,1 ± 1,8	135,2 ± 4,5	131,4 ± 8,6
Müstecap	7,8 ± 1,5	23,0 ± 0,7	11,0 ± 0,1	193,1 ± 9,3	234,9 ± 9,4	234,5 ± 14,0
Kaşıkcı	20,7 ± 1,5	14,5 ± 3,1	4,4 ± 0,2	14,3 ± 0,7	53,9 ± 3,5	57,3 ± 0,6

3.1.11 Toprak Örneklerindeki Baryum Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Ba konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Ba konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.11 Toprak örneklerindeki Ba konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	< LOD	89,0 ± 1,3	19,9 ± 0,3	55,0 ± 2,2	163,9 ± 2,6	209,3 ± 6,2
Sarı su	< LOD	120,4 ± 6,2	28,3 ± 2,4	175,1 ± 3,1	323,8 ± 7,3	314,7 ± 14,0
Hastanetepe	< LOD	80,1 ± 1,9	20,4 ± 1,7	151,0 ± 8,4	251,5 ± 8,8	269,3 ± 6,5
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	84,0 ± 3,8	26,5 ± 3,4	167,6 ± 2,4	278,1 ± 5,6	282,1 ± 11,6
Kadıköy	< LOD	85,2 ± 11,1	18,3 ± 0,1	139,1 ± 4,7	242,6 ± 12,1	267,9 ± 10,2
Patlak	< LOD	73,9 ± 5,0	23,6 ± 0,7	53,8 ± 1,1	151,3 ± 5,2	169,4 ± 9,3
Bengiler	< LOD	93,3 ± 8,3	29,8 ± 1,8	134,6 ± 4,3	257,7 ± 9,5	284,1 ± 10,1
Çakallar	< LOD	73,7 ± 2,7	19,0 ± 1,2	100,8 ± 4,0	193,5 ± 4,9	196,3 ± 16,6
Müstecap	< LOD	51,3 ± 8,5	41,3 ± 0,2	394,8 ± 8,8	487,4 ± 12,2	494,3 ± 20,1
Kaşıkcı	< LOD	110,3 ± 3,0	25,8 ± 0,6	162,4 ± 0,4	298,5 ± 3,1	323,1 ± 2,7

3.1.12 Toprak Örneklerindeki Potasyum Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki K konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam K konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Toprak örneklerindeki K konsantrasyonları, µg/g

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	< LOD	370,4 ± 6,7	215,5 ± 6,8	3520,1 ± 44,5	4106,0 ± 45,5	4718,8 ± 36,8
Sarı su	1056,1 ±71,1	530,8 ± 38,0	178,9 ± 18,5	2578,3 ± 99,7	4344,1 ±129,5	4265,4 ± 130,5
Hastanetepe	< LOD	119,7 ± 3,9	102,6 ± 11,2	1964,5 ± 49,6	2186,8 ± 51,0	2248,8 ± 81,8
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	170,6 ± 18,1	122,9 ± 5,8	2205,1 ± 74,2	2498,6 ± 76,6	2255,5 ± 53,5
Kadıköy	< LOD	238,3 ± 24,1	133,9 ± 6,2	2275,9 ± 59,7	2648,1 ± 64,7	2766,9 ± 136,2
Patlak	128,8 ± 30,7	326,9 ± 35,8	197,6 ± 10,8	4777,5 ± 134,2	5430,8 ± 142,7	5043,3 ± 45,3
Bengiler	< LOD	283,9 ± 16,9	193,7 ± 20,9	1751,8 ± 50,2	2229,4 ± 56,9	2908,7 ± 81,7
Çakallar	559,0 ± 8,4	607,8 ± 27,6	244,3 ± 26,8	4611,9 ± 113,8	6023,0 ± 120,4	5481,5 ± 182,8
Müstecap	304,0 ± 2,6	531,1 ± 2,4	228,7 ± 0,9	1911,3 ± 78,5	2975,1 ± 78,6	3339,1 ± 38,3
Kaşıkçı	< LOD	392,9 ± 16,4	142,3 ± 3,9	1860,7 ± 69,7	2395,9 ± 71,7	2856,4 ± 41,0

3.1.13 Toprak Örneklerindeki Magnezyum Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Mg konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Mg konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.13'te verilmiştir.

Çizelge 3.13 Toprak örneklerindeki Mg konsantrasyonları, % (g metal/100 g toprak)

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	0,042 ± 0,001	0,090 ± 0,003	0,111 ± 0,003	0,464 ± 0,005	0,707 ± 0,007	0,758 ± 0,009
Sarı su	0,018 ± 0,004	0,043 ± 0,004	0,029 ± 0,004	0,175 ± 0,015	0,265 ± 0,017	0,277 ± 0,012
Hastanetepe	< LOD	0,032 ± 0,003	0,056 ± 0,006	0,343 ± 0,011	0,431 ± 0,013	0,458 ± 0,010
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	0,030 ± 0,004	0,042 ± 0,004	0,290 ± 0,009	0,362 ± 0,011	0,363 ± 0,006
Kadıköy	< LOD	0,026 ± 0,003	0,042 ± 0,002	0,336 ± 0,004	0,404 ± 0,005	0,399 ± 0,019
Patlak	< LOD	0,021 ± 0,002	0,022 ± 0,003	0,278 ± 0,007	0,321 ± 0,008	0,307 ± 0,015
Bengiler	< LOD	0,025 ± 0,003	0,045 ± 0,004	0,336 ± 0,007	0,406 ± 0,009	0,424 ± 0,012
Çakallar	< LOD	0,047 ± 0,002	0,034 ± 0,006	0,322 ± 0,007	0,403 ± 0,005	0,380 ± 0,015
Müstecap	< LOD	0,034 ± 0,001	0,025 ± 0,002	0,399 ± 0,018	0,458 ± 0,018	0,423 ± 0,039
Kaşıkçı	< LOD	0,015 ± 0,002	0,011 ± 0,001	0,341 ± 0,009	0,367 ± 0,009	0,376 ± 0,005

3.1.14 Toprak Örneklerindeki Kalsiyum Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Ca konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Ca konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.14’te verilmiştir.

Çizelge 3.14 Toprak örneklerindeki Ca konsantrasyonları, % (g metal/100 g toprak)

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	1,634 ± 0,025	0,394 ± 0,017	0,034 ± 0,001	0,112 ± 0,003	2,174 ± 0,030	2,018 ± 0,040
Sarı su	3,197 ± 0,151	0,899 ± 0,076	0,049 ± 0,006	0,104 ± 0,013	4,249 ± 0,170	3,504 ± 0,128
Hastanetepe	0,896 ± 0,06	0,412 ± 0,022	0,031 ± 0,004	0,110 ± 0,009	1,449 ± 0,065	1,150 ± 0,025
Enver Paşa Mahallesi	1,123 ± 0,102	0,549 ± 0,009	0,050 ± 0,004	0,100 ± 0,011	1,822 ± 0,103	1,820 ± 0,042
Kadıköy	1,237 ± 0,147	0,694 ± 0,078	0,040 ± 0,003	0,115 ± 0,009	2,086 ± 0,167	1,961 ± 0,064
Patlak	8,519 ± 0,345	4,632 ± 0,091	4,434 ± 0,170	0,167 ± 0,009	17,752 ± 0,395	13,773 ± 0,597
Bengiler	1,449 ± 0,217	0,570 ± 0,073	0,049 ± 0,009	0,150 ± 0,021	2,218 ± 0,230	2,136 ± 0,077
Çakallar	1,803 ± 0,292	2,044 ± 0,066	0,189 ± 0,015	0,037 ± 0,002	4,073 ± 0,299	4,167 ± 0,275
Müstecap	0,339 ± 0,007	0,429 ± 0,018	0,038 ± 0,004	0,033 ± 0,004	0,839 ± 0,020	0,927 ± 0,055
Kaşıkcı	0,334 ± 0,014	0,197 ± 0,019	0,022 ± 0,002	0,061 ± 0,002	0,614 ± 0,024	0,758 ± 0,014

3.1.15 Toprak Örneklerindeki Demir Konsantrasyonları

Her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki Fe konsantrasyonları BCR ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Ayrıca toprak örneklerine kral suyu ile yaş yakma işlemi uygulanarak topraklardaki toplam Fe konsantrasyonları belirlendi. ICP-OES ile elde edilen sonuçlar Çizelge 3.15'te verilmiştir.

Çizelge 3.15 Toprak örneklerindeki Fe konsantrasyonları, % (g metal/100 g toprak)

	BCR 1.adım	BCR 2.adım	BCR 3.adım	Kalıntı	BCR toplam	Yaş Yakma
Montana Soil 2711	< LOD	0,152 ± 0,001	0,044 ± 0,003	2,130 ± 0,032	2,326 ± 0,032	2,433 ± 0,052
Sarı su	< LOD	0,201 ± 0,024	0,193 ± 0,027	2,688 ± 0,114	3,082 ± 0,119	2,930 ± 0,122
Hastanetepe	< LOD	0,210 ± 0,005	0,095 ± 0,015	3,214 ± 0,210	3,519 ± 0,211	3,669 ± 0,055
Enver Paşa Mahallesi	< LOD	0,245 ± 0,026	0,110 ± 0,018	3,216 ± 0,148	3,571 ± 0,151	3,435 ± 0,039
Kadıköy	< LOD	0,188 ± 0,027	0,205 ± 0,021	3,291 ± 0,038	3,684 ± 0,051	3,618 ± 0,120
Patlak	< LOD	0,006 ± 0,001	0,069 ± 0,005	1,839 ± 0,080	1,914 ± 0,080	1,687 ± 0,040
Bengiler	< LOD	0,107 ± 0,016	0,145 ± 0,012	2,809 ± 0,117	3,061 ± 0,119	2,829 ± 0,120
Çakallar	< LOD	0,073 ± 0,001	0,091 ± 0,006	2,658 ± 0,035	2,822 ± 0,036	2,651 ± 0,126
Müstecap	< LOD	0,179 ± 0,018	0,210 ± 0,028	3,258 ± 0,117	3,647 ± 0,122	3,648 ± 0,186
Kaşıkcı	< LOD	0,392 ± 0,018	0,083 ± 0,002	4,533 ± 0,071	5,008 ± 0,073	4,933 ± 0,085

3.2 İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

Toprakların çocuklar tarafından bilinçli ya da bilinçsizce yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla sindirim sistemindeki sıvı içine geçebilecek metal konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Yöntemde mide ve bağırsak sindirimi adımlarında elde edilen çözeltilerdeki metal konsantrasyonları ICP-OES ile ölçüldü. Analizi yapılan elementlerin (As, Cu, Zn, Pb, Mn, Ni, Ag, Cd, Cr, Sr, Ba, K, Mg, Ca ve Fe) sonuçları sırasıyla verilmiştir.

3.2.1 Arsenik

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek As konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir As konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.16'da $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.16 Mide ve bağırsak fazına geçen As konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide(gastrik) fazı	Bağırsak(intestinal) fazı
Sarı su	56,17 \pm 7,76	59,04 \pm 1,94
Hastanetepe	12,46 \pm 1,96	8,39 \pm 1,65
Enver Paşa Mahallesi	25,09 \pm 0,84	22,63 \pm 8,95
Kadıköy	12,98 \pm 0,75	9,68 \pm 2,61
Patlak	12,31 \pm 1,56	5,52 \pm 2,24
Bengiler	5,74 \pm 1,29	1,35 \pm 0,32
Çakallar	7,65 \pm 1,28	2,79 \pm 0,81
Müstecap	4,07 \pm 1,27	2,61 \pm 0,71
Kaşıklı	15,50 \pm 2,50	11,50 \pm 1,90

3.2.2 Bakır

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Cu konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Cu konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.17’de $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.17 Mide ve bağırsak fazına geçen Cu konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	25,24 \pm 4,57	54,21 \pm 9,28
Hastanetepe	9,87 \pm 0,41	11,68 \pm 0,36
Enver Paşa Mahallesi	25,57 \pm 1,06	27,34 \pm 2,08
Kadıköy	9,94 \pm 2,69	16,70 \pm 2,28
Patlak	1,95 \pm 0,74	8,82 \pm 1,13
Bengiler	2,99 \pm 0,55	9,63 \pm 3,04
Çakallar	4,13 \pm 0,62	10,14 \pm 0,99
Müstecap	4,15 \pm 0,57	8,19 \pm 1,24
Kaşıkcı	37,08 \pm 2,99	40,21 \pm 0,49

3.2.3 Çinko

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Zn konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Zn konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.18’de µg/g olarak verilmiştir.

Çizelge 3.18 Mide ve bağırsak fazına geçen Zn konsantrasyonları, µg/g

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	797,46 ± 36,81	601,85 ± 91,53
Hastanetepe	337,27 ± 15,19	193,61 ± 14,78
Enver Paşa Mahallesi	789,97 ± 78,47	473,73 ± 12,53
Kadıköy	701,08 ± 97,77	384,29 ± 21,61
Patlak	174,36 ± 14,31	0,52 ± 0,01
Bengiler	37,30 ± 4,55	19,14 ± 3,23
Çakallar	126,20 ± 22,82	17,33 ± 1,92
Müstecap	21,86 ± 2,41	6,83± 0,64
Kaşıkcı	1204,49 ± 33,78	865,60 ± 83,32

3.2.4 Kurşun

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Pb konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen Pb konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.19’da $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.19 Mide ve bağırsak fazına geçen Pb konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	1337,87 \pm 35,82	1280,37 \pm 72,09
Hastanetepe	294,13 \pm 7,93	161,08 \pm 4,94
Enver Paşa Mahallesi	595,40 \pm 2,40	319,31 \pm 5,20
Kadıköy	281,99 \pm 49,95	139,36 \pm 14,34
Patlak	38,77 \pm 7,71	12,96 \pm 5,06
Bengiler	5,42 \pm 1,47	18,12 \pm 5,10
Çakallar	92,27 \pm 11,45	37,23 \pm 15,59
Müstecap	18,05 \pm 1,05	13,52 \pm 4,82
Kaşıkcı	1440,55 \pm 62,20	964,37 \pm 92,93

3.2.5 Mangan

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Mn konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Mn konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.20’de $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.20 Mide ve bağırsak fazına geçen Mn konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	553,38 \pm 54,19	585,96 \pm 7,59
Hastanetepe	453,47 \pm 22,32	391,81 \pm 16,53
Enver Paşa Mahallesi	655,59 \pm 67,28	539,84 \pm 16,49
Kadıköy	325,33 \pm 70,70	299,96 \pm 58,64
Patlak	376,85 \pm 25,83	34,78 \pm 9,15
Bengiler	205,87 \pm 14,12	179,50 \pm 15,26
Çakallar	311,04 \pm 8,57	213,14 \pm 14,52
Müstecap	135,24 \pm 19,67	115,56 \pm 10,55
Kaşıkcı	1137,22 \pm 43,07	993,71 \pm 16,51

3.2.6 Nikel

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Ni konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Ni konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.21’de $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.21 Mide ve bağırsak fazına geçen Ni konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	$2,21 \pm 0,21$	$3,13 \pm 0,65$
Hastanetepe	$3,09 \pm 0,17$	$1,16 \pm 0,09$
Enver Paşa Mahallesi	$4,63 \pm 1,28$	$3,84 \pm 0,22$
Kadıköy	$3,34 \pm 0,49$	$0,86 \pm 0,11$
Patlak	$2,73 \pm 0,15$	$0,90 \pm 0,23$
Bengiler	$3,34 \pm 0,43$	$2,05 \pm 0,32$
Çakallar	$5,08 \pm 0,91$	$4,72 \pm 0,13$
Müstecap	$2,60 \pm 0,57$	$2,51 \pm 0,43$
Kaşıkcı	$4,28 \pm 0,92$	$4,07 \pm 0,33$

3.2.7 Gümüş

Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla sindirim sistemindeki sıvı içine geçebilecek Ag konsantrasyonları tayin sınırının altında olduğu için belirlenemedi.

3.2.8 Kadmiyum

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Cd konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen Cd konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.22’de $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.22 Mide ve bağırsak fazına geçen Cd konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	8,75 \pm 0,81	5,59 \pm 0,96
Hastanetepe	2,51 \pm 0,09	2,44 \pm 0,17
Enver Paşa Mahallesi	5,38 \pm 0,36	3,99 \pm 0,11
Kadıköy	4,97 \pm 0,84	3,56 \pm 0,19
Patlak	1,04 \pm 0,12	0,14 \pm 0,04
Bengiler	0,67 \pm 0,01	0,54 \pm 0,06
Çakallar	0,90 \pm 0,05	0,52 \pm 0,08
Müstecap	< LOD	< LOD
Kaşıkçı	3,54 \pm 0,56	2,84 \pm 0,34

3.2.9 Krom

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Cr konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Cr konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.23'te $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.23 Mide ve bağırsak fazına geçen Cr konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	$0,54 \pm 0,04$	$2,36 \pm 0,16$
Hastanetepe	$0,46 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,10$
Enver Paşa Mahallesi	$0,72 \pm 0,16$	$1,15 \pm 0,03$
Kadıköy	$0,15 \pm 0,03$	$0,54 \pm 0,04$
Patlak	$0,47 \pm 0,07$	$0,40 \pm 0,01$
Bengiler	$1,37 \pm 0,03$	$3,35 \pm 0,21$
Çakallar	$0,75 \pm 0,02$	$1,54 \pm 0,03$
Müstecap	$0,18 \pm 0,01$	$0,47 \pm 0,03$
Kaşıkkı	$0,25 \pm 0,01$	$0,78 \pm 0,01$

3.2.10 Stronsiyum

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Sr konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Sr konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.24'te $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.24 Mide ve bağırsak fazına geçen Sr konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	75,30 \pm 1,62	68,52 \pm 3,69
Hastanetepe	29,69 \pm 1,64	27,36 \pm 0,47
Enver Paşa Mahallesi	44,09 \pm 0,97	36,24 \pm 0,62
Kadıköy	34,99 \pm 1,67	27,99 \pm 2,61
Patlak	76,06 \pm 1,55	23,21 \pm 0,89
Bengiler	52,80 \pm 0,07	49,66 \pm 1,74
Çakallar	41,87 \pm 1,62	29,27 \pm 0,92
Müstecap	32,20 \pm 2,36	26,27 \pm 0,92
Kaşıkcı	43,15 \pm 2,11	34,13 \pm 2,41

3.2.11 Baryum

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Ba konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Ba konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.25'te $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.25 Mide ve bağırsak fazına geçen Ba konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	87,93 \pm 4,94	76,11 \pm 1,38
Hastanetepe	76,67 \pm 3,89	60,70 \pm 2,94
Enver Paşa Mahallesi	81,45 \pm 3,88	55,32 \pm 2,53
Kadıköy	70,96 \pm 7,31	57,17 \pm 5,06
Patlak	59,70 \pm 4,25	10,80 \pm 0,54
Bengiler	68,95 \pm 1,29	58,60 \pm 1,28
Çakallar	38,22 \pm 0,42	13,46 \pm 1,86
Müstecap	38,72 \pm 3,43	25,18 \pm 2,14
Kaşıkcı	140,19 \pm 0,85	91,24 \pm 2,45

3.2.12 Potasyum

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek K konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir K konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.26'da $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

Çizelge 3.26 Mide ve bağırsak fazına geçen K konsantrasyonları, $\mu\text{g/g}$

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	1903,76 \pm 30,20	297,20 \pm 9,21
Hastanetepe	210,80 \pm 18,47	74,14 \pm 4,66
Enver Paşa Mahallesi	418,50 \pm 13,94	86,20 \pm 1,71
Kadıköy	556,00 \pm 5,88	113,92 \pm 8,39
Patlak	1124,02 \pm 35,65	163,95 \pm 1,53
Bengiler	964,82 \pm 53,71	152,31 \pm 3,54
Çakallar	1372,76 \pm 66,27	228,22 \pm 3,83
Müstecap	1442,68 \pm 12,09	206,09 \pm 14,05
Kaşıkcı	969,90 \pm 19,28	157,43 \pm 5,12

3.2.13 Magnezyum

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Mg konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Mg konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.27’de % (g metal/100g toprak) olarak verilmiştir.

Çizelge 3.27 Mide ve bağırsak fazına geçen Mg konsantrasyonları, %

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	0,0698 ± 0,0064	0,0104 ± 0,0011
Hastanetepe	0,0404 ± 0,0029	0,0059 ± 0,0001
Enver Paşa Mahallesi	0,0417 ± 0,0047	0,0058 ± 0,0001
Kadıköy	0,0247 ± 0,0021	0,0045 ± 0,0005
Patlak	0,0506 ± 0,0069	0,0058 ± 0,0004
Bengiler	0,0485 ± 0,0041	0,0069 ± 0,0002
Çakallar	0,0551 ± 0,0047	0,0079 ± 0,0003
Müstecap	0,0507 ± 0,0031	0,0063 ± 0,0002
Kaşıkçı	0,0299 ± 0,0016	0,0048 ± 0,0004

3.2.14 Kalsiyum

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Ca konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Ca konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.28’de % (g metal/100g toprak) olarak verilmiştir.

Çizelge 3.28 Mide ve bağırsak fazına geçen Ca konsantrasyonları, %

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	2,704 ± 0,241	0,264 ± 0,025
Hastanetepe	1,443 ± 0,073	0,131 ± 0,005
Enver Paşa Mahallesi	1,772 ± 0,099	0,161 ± 0,005
Kadıköy	1,730 ± 0,125	0,159 ± 0,007
Patlak	9,271 ± 0,647	0,130 ± 0,012
Bengiler	1,723 ± 0,107	0,164 ± 0,006
Çakallar	2,832 ± 0,174	0,123 ± 0,004
Müstecap	0,805 ± 0,051	0,078 ± 0,003
Kaşıkçı	0,670 ± 0,022	0,066 ± 0,005

3.2.15 Demir

Çocukların oyun oynarken toprakları yemesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek Fe konsantrasyonları in vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir Fe konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.29'da % (g metal/100g toprak) olarak verilmiştir.

Çizelge 3.29 Mide ve bağırsak fazına geçen Fe konsantrasyonları, %

	Mide fazı	Bağırsak fazı
Sarı su	0,0152 ± 0,0052	0,0058 ± 0,0009
Hastanetepe	0,0268 ± 0,0019	0,0055 ± 0,0003
Enver Paşa Mahallesi	0,0644 ± 0,0091	0,0086 ± 0,0005
Kadıköy	0,0098 ± 0,0006	0,0034 ± 0,0007
Patlak	0,0187 ± 0,0037	0,0018 ± 0,0002
Bengiler	0,0044 ± 0,0089	0,0031 ± 0,0006
Çakallar	0,0068 ± 0,0009	0,0023 ± 0,0002
Müstecap	0,0441 ± 0,0093	0,0088 ± 0,0006
Kaşıkçı	0,2724 ± 0,0115	0,0306 ± 0,0032

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Her bir toprak örneği için toprağın farklı fazlarındaki ve mide ve bağırsak sıvısı içinde çözülmüş 15 farklı metal iyonu (As, Cu, Zn, Pb, Mn, Fe, Ag, Cd, Ca, Mg, Ni, Ba, Cr, K ve Sr) arasındaki ilişkiler korelasyon analizleri ve temel bileşen analizleri ile Statistica programı kullanılarak yapılmıştır [51]. Korelasyon analizi ve temel bileşen analizi iki farklı şekilde uygulanmıştır. İlk yöntemde dört BCR ekstraksiyon adımı ile mide ve bağırsak sıvısı içinde çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları analiz edilerek mide ve bağırsak fazları ile hangi BCR adımlarının ilişkili olduğu bulunmaya çalışılmıştır. Bu yaklaşımla toprağın hangi fazından metal iyonlarının büyük bir korelasyonla mide ve bağırsak fazına geçtiği bulunmaya çalışılmıştır. Diğer bir yöntemde ise dört farklı BCR ekstraksiyon adımı ve mide ve bağırsak sıvısı içinde çözülmüş metal konsantrasyonları değerlendirilerek metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Bu şekilde topraktaki metal iyonları ve farklı ekstraksiyon adımları gruplandırılmaya çalışılmıştır. Bu istatistiksel analizler her bir toprağa ayrı ayrı uygulanmıştır.

4.1 Sarı Su Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.1.1 Korelasyon Analizleri

Sarı su toprak örneği kullanılarak çözülmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ile mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi mide fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1 ve kalıntı fazlarında çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları ile, bağırsak fazında çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları ise BCR 2 ve BCR 3 fazlarındaki metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.1 Sarı su toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAĞIRSAK
BCR 1	0.824192	0.306034
BCR 2	0.672591	0.983386
BCR 3	0.711695	0.931875
KALINTI	0.929607	0.430069

Diğer yapılan korelasyon analizinde Sarı su toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.2’de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları üç farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Fe, Mg, Ni, Ba, Cr , K, Ag

Grup 2 : Pb, Zn, Mn, Cd

Grup 3 : Cu, Ca, Sr olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2 Sarı su toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Fe	Ag	Cd	Ca	Mg	Ni	Ba	Cr	K	Sr
As	1	0.34	-0.14	0.09	-0.46	0.98	0.80	-0.42	-0.45	0.94	0.95	0.86	0.90	0.73	-0.24
Cu	0.34	1.00	-0.56	-0.04	-0.16	0.37	0.15	-0.42	-0.89	0.25	0.56	0.26	0.66	-0.14	-0.69
Zn	-0.14	-0.56	1.00	0.82	0.77	-0.31	0.24	0.90	0.29	-0.12	-0.12	0.31	-0.51	-0.02	0.42
Pb	0.09	-0.04	0.82	1.00	0.84	-0.07	0.53	0.72	-0.27	0.02	0.25	0.53	-0.15	-0.18	-0.10
Mn	-0.46	-0.16	0.77	0.84	1.00	-0.59	0.04	0.83	-0.06	-0.51	-0.27	0.00	-0.59	-0.60	-0.01
Fe	0.98	0.37	-0.31	-0.07	-0.59	1.00	0.76	-0.59	-0.43	0.94	0.91	0.74	0.93	0.72	-0.34
Ag	0.80	0.15	0.24	0.53	0.04	0.76	1.00	-0.12	-0.44	0.73	0.81	0.83	0.62	0.43	-0.42
Cd	-0.42	-0.42	0.90	0.72	0.83	-0.59	-0.12	1.00	0.30	-0.37	-0.33	0.08	-0.68	-0.22	0.46
Ca	-0.45	-0.89	0.29	-0.27	-0.06	-0.43	-0.44	0.30	1.00	-0.25	-0.68	-0.46	-0.67	0.22	0.68
Mg	0.94	0.25	-0.12	0.02	-0.51	0.94	0.73	-0.37	-0.25	1.00	0.86	0.81	0.82	0.87	-0.21
Ni	0.95	0.56	-0.12	0.25	-0.27	0.91	0.81	-0.33	-0.68	0.86	1.00	0.90	0.91	0.54	-0.41
Ba	0.86	0.26	0.31	0.53	0.00	0.74	0.83	0.08	-0.46	0.81	0.90	1.00	0.65	0.59	-0.12
Cr	0.90	0.66	-0.51	-0.15	-0.59	0.93	0.62	-0.68	-0.67	0.82	0.91	0.65	1.00	0.51	-0.50
K	0.73	-0.14	-0.02	-0.18	-0.60	0.72	0.43	-0.22	0.22	0.87	0.54	0.59	0.51	1.00	0.21
Sr	-0.24	-0.69	0.42	-0.10	-0.01	-0.34	-0.42	0.46	0.68	-0.21	-0.41	-0.12	-0.50	0.21	1.00

4.1.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge 4.3'te de görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede iki gruplama yani iki faktör ile karşılaşmıştır. Mide fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1 ve kalıntı fazlarında çözünmüş metal iyonu konsantrasyonları ile, bağırsak fazında çözünmüş metal iyonu konsantrasyonları ise BCR 2 ve BCR 3 fazlarındaki metal iyonu konsantrasyonları ile ilişkilidir. Aynı değerlendirme korelasyon analizi ile de elde edilmiştir.

Çizelge 4.3 Sarı su örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1	PC2
BCR 1	0.045041	0.966696
BCR 2	0.98368	0.15896
BCR 3	0.948495	0.237898
KALINTI	0.263127	0.931456
MİDE	0.545208	0.83625
BAĞIRSAK	0.955311	0.233156

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.4'te, faktör skor değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bu değerlendirmede 3 faktör elde edilmiştir ve bu bize metaller arasında 3 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Bu gruplar:

PC 1 : As, Fe, Mg, Ni, Ba, Cr , K, Ag

PC 2 : Pb, Zn, Mn, Cd

PC 3 : Cu, Ca, Sr olarak belirlenmiştir.

Ayrıca Çizelge 4.4 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4 Sarı su örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

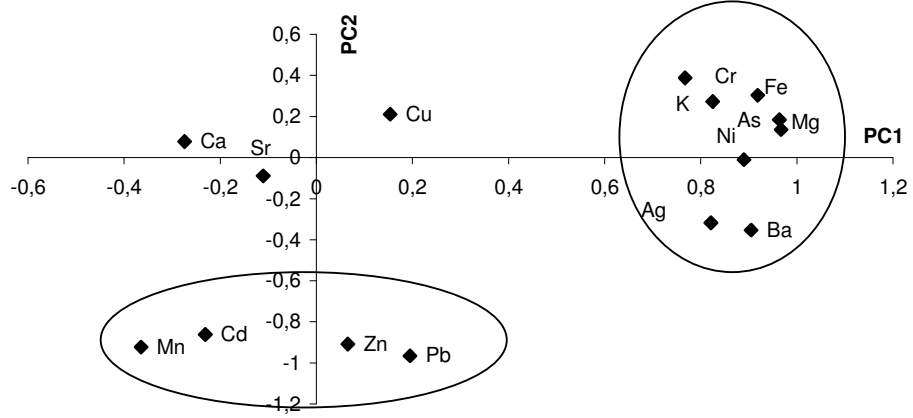
	PC1	PC2	PC3
As	0.966949	0.136162	0.190826
Cu	0.15341	0.212134	0.887354
Zn	0.065353	-0.90827	-0.41203
Pb	0.194629	-0.96553	0.165756
Mn	-0.36448	-0.92224	0.11185
Fe	0.918483	0.304337	0.227452
Ag	0.82133	-0.31746	0.267991
Cd	-0.23114	-0.86078	-0.3477
Ca	-0.27404	0.078821	-0.92626
Mg	0.963377	0.185245	0.035681
Ni	0.889506	-0.00924	0.441114
Ba	0.904543	-0.35301	0.155095
Cr	0.767125	0.389417	0.50241
K	0.824885	0.273765	-0.43337
Sr	-0.11063	-0.08844	-0.8463

Çizelge 4.5 Sarı su örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

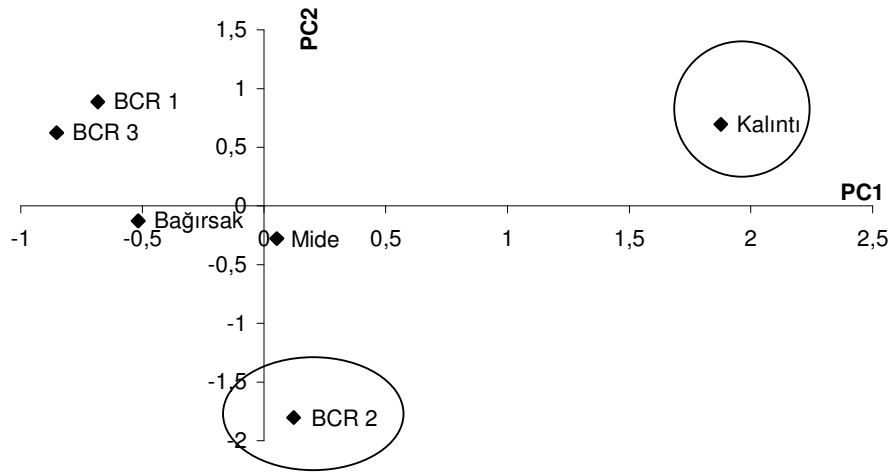
	PC1	PC2	PC3
BCR 1	-0.68282	0.887179	-1.16171
BCR 2	0.121927	-1.8017	0.205993
BCR 3	-0.85215	0.623521	1.422169
KALINTI	1.876944	0.695969	0.339677
MİDE	0.052841	-0.27873	-1.15975
BAĞIRSAK	-0.51674	-0.12623	0.353616

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Cr, Fe, K, As, Mg, Ni,

Ag ve Ba derişimleri en yüksektir. BCR 2 fazında ise Mn, Cd, Zn ve Pb derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi Cu derişimi en yüksek BCR 3’te, Sr derişimi en yüksek mide fazında ve Ca derişimi en yüksek BCR 1 fazındadır.

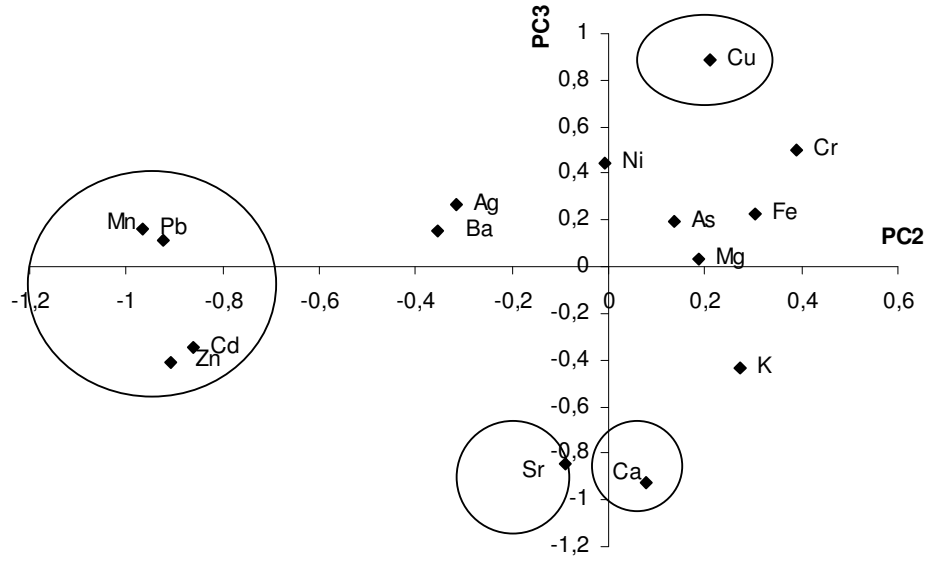


a)

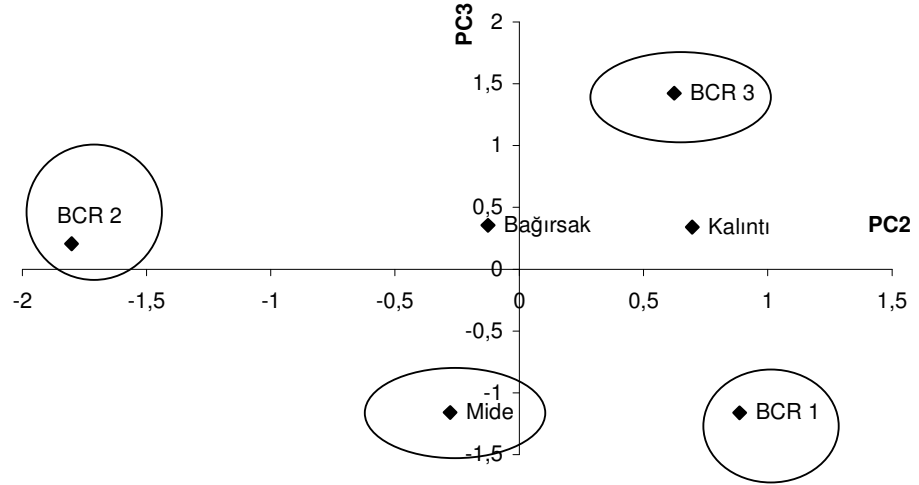


b)

Şekil 4.1 Sarı su toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı



a)



b)

Şekil 4.2 Sarı su toprağı için a) PC2-PC3 faktör loadingleri grafiğı b) PC2-PC3 faktör skorları grafiğı

4.2 Hastanetepe Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.2.1 Korelasyon Analizleri

Hastanetepe toprak örneği kullanılarak çözülmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ile mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi mide ve bağırsak fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1 ve BCR 2 fazlarında çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.6 Hastanetepe toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAĞIRSAK
BCR 1	0.791284	0.857752
BCR 2	0.920871	0.978071
BCR 3	0.715489	0.566834
KALINTI	0.295099	0.123357

Diğer yapılan korelasyon analizinde, Hastanetepe toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.7'de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları iki farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : Cu, Ba, Ni, Sr, K, Cr, Fe, Mg

Grup 2 : Zn, Cd, Mn, Pb olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 Hastanetepe toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1	0.53	0.58	0.40	0.17	0.63	0.42	-0.46	0.21	0.52	0.41	0.47	0.55	0.50	0.71
Cu	0.53	1.00	0.01	0.21	0.04	0.87	0.74	0.16	0.09	-0.42	0.76	0.77	0.82	0.77	0.83
Zn	0.58	0.01	1.00	0.80	0.76	0.17	-0.36	0.03	0.84	0.73	-0.41	-0.34	-0.22	-0.29	0.19
Pb	0.40	0.21	0.80	1.00	0.95	0.46	-0.11	0.08	0.78	0.31	-0.18	-0.11	0.04	-0.08	0.22
Mn	0.17	0.04	0.76	0.95	1.00	0.29	-0.27	0.26	0.82	0.28	-0.35	-0.30	-0.17	-0.25	0.08
Ba	0.63	0.87	0.17	0.46	0.29	1.00	0.81	-0.10	0.08	-0.18	0.78	0.81	0.87	0.83	0.88
Fe	0.42	0.74	-0.36	-0.11	-0.27	0.81	1.00	-0.32	-0.51	-0.36	0.99	0.99	0.97	1.00	0.77
Ag	-0.46	0.16	0.03	0.08	0.26	-0.10	-0.32	1.00	0.52	-0.47	-0.31	-0.36	-0.35	-0.33	-0.04
Cd	0.21	0.09	0.84	0.78	0.82	0.08	-0.51	0.52	1.00	0.30	-0.53	-0.49	-0.37	-0.46	0.04
Ca	0.52	-0.42	0.73	0.31	0.28	-0.18	-0.36	-0.47	0.30	1.00	-0.40	-0.35	-0.32	-0.31	-0.02
Cr	0.41	0.76	-0.41	-0.18	-0.35	0.78	0.99	-0.31	-0.53	-0.40	1.00	1.00	0.97	0.99	0.75
Mg	0.47	0.77	-0.34	-0.11	-0.30	0.81	0.99	-0.36	-0.49	-0.35	1.00	1.00	0.99	0.99	0.76
Ni	0.55	0.82	-0.22	0.04	-0.17	0.87	0.97	-0.35	-0.37	-0.32	0.97	0.99	1.00	0.98	0.78
K	0.50	0.77	-0.29	-0.08	-0.25	0.83	1.00	-0.33	-0.46	-0.31	0.99	0.99	0.98	1.00	0.82
Sr	0.71	0.83	0.19	0.22	0.08	0.88	0.77	-0.04	0.04	-0.02	0.75	0.76	0.78	0.82	1.00

4.2.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede iki grupta yani iki faktör ile karşılaşılmıştır. Mide ve bağırsak fazlarındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1 ve BCR 2 fazlarında çözünmüş metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona sahiptir. BCR 3 ve kalıntı fazları ise ayrı bir grupta ve ilişkiyi vermiştir.

Çizelge 4.8 Hastanetepe örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1	PC2
BCR 1	0.909814	0.038038
BCR 2	0.941876	0.122696
BCR 3	0.486298	0.833736
KALINTI	-0.04035	0.983736
MİDE	0.914275	0.341623
BAĞIRSAK	0.979416	0.144384

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme metal iyonları arasında gruptandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.9’da, faktör skor değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Bu değerlendirmede 3 faktör elde edilmiştir. Bu da bize metaller arasında 3 farklı gruptanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.9 ile elde edilen gruptandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruptandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : Cu, Ba, Fe, Cr, Mg, Ni, K, Sr

PC 2 : Zn, Pb, Mn, Cd

PC 3 : Ag, Ca olarak belirlenmiştir.

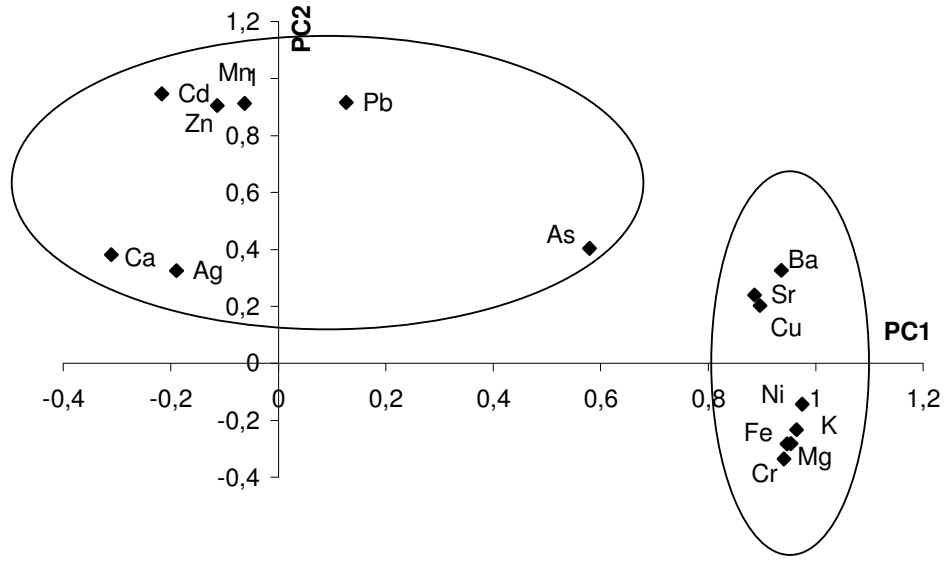
Çizelge 4.9 Hastanetepe örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3
As	0.579061	0.40411	0.633089
Cu	0.896321	0.203036	-0.25558
Zn	-0.11381	0.90494	0.38745
Pb	0.126637	0.915822	0.078415
Mn	-0.06257	0.912675	-0.06316
Ba	0.936015	0.326131	-0.00315
Fe	0.946672	-0.28296	0.043763
Ag	-0.18944	0.3253	-0.86027
Cd	-0.21702	0.946681	-0.16054
Ca	-0.31052	0.381884	0.842948
Cr	0.940752	-0.33553	0.02453
Mg	0.953932	-0.28136	0.079429
Ni	0.974775	-0.14368	0.087071
K	0.964569	-0.23267	0.085546
Sr	0.886127	0.239664	0.094506

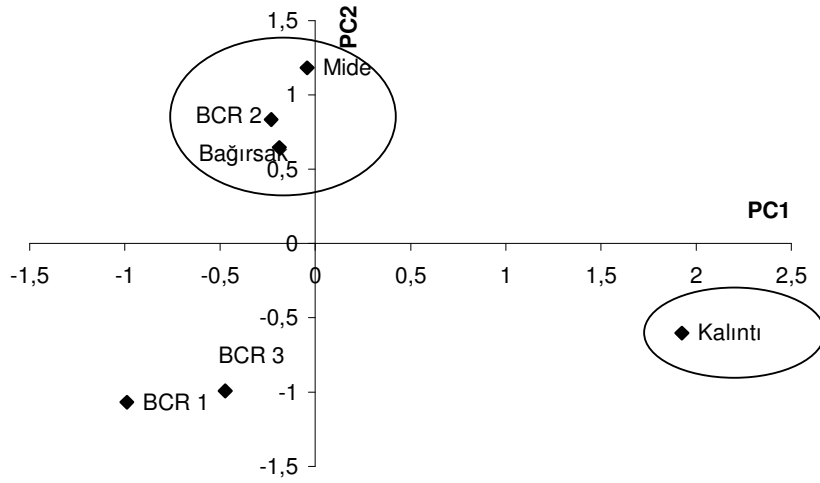
Çizelge 4.10 Hastanetepe örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3	PC4
BCR 1	-0.65719	-0.75121	-0.53142	-1.65658
BCR 2	-0.13129	1.11401	1.629295	-0.40374
BCR 3	-0.6769	-1.14666	0.634317	0.826237
KALINTI	1.966488	-0.53883	-0.0046	-0.00938
MİDE	-0.0269	1.259146	-1.15391	0.057424
BAĞIRSAK	-0.4742	0.063548	-0.57368	1.186038

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Cr, Fe, K, Ni, Mg, Ba, Sr ve Cu derişimleri en yüksektir. Mide, bağırsak ve BCR 2 fazında ise Mn, Ca, Zn, Pb, Ag, Cd ve As derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.3 Hastanetepe toprağı için a)PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.3 Enverpaşa Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.3.1 Korelasyon Analizleri

Enverpaşa toprak örneği kullanılarak çözülmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ve mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi mide ve bağırsak fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1, BCR 2 ve BCR 3 fazlarında çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.11 Enver Paşa toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAĞIRSAK
BCR 1	0.780037	0.865273
BCR 2	0.929599	0.955554
BCR 3	0.848348	0.687395
KALINTI	0.361601	0.097564

Diğer yapılan korelasyon analizinde, Enver Paşa toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.12’de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları iki farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Ba,Fe, Cr, Mg, Ni, K

Grup 2 : Zn, Mn, Cd, Pb olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.12 Enver Paşa toprak örneğindeki metallere arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1	0.30	-0.29	0.04	-0.22	0.92	0.98	0.11	-0.47	-0.33	0.97	0.98	0.97	0.99	0.57
Cu	0.30	1.00	0.19	0.31	0.13	0.47	0.19	0.07	0.26	-0.31	0.27	0.26	0.51	0.26	0.26
Zn	-0.29	0.19	1.00	0.80	0.88	0.06	-0.43	-0.10	0.94	0.71	-0.50	-0.39	-0.20	-0.31	0.36
Pb	0.04	0.31	0.80	1.00	0.92	0.42	-0.09	0.45	0.65	0.29	-0.17	-0.06	0.13	-0.02	0.19
Mn	-0.22	0.13	0.88	0.92	1.00	0.14	-0.35	0.24	0.81	0.39	-0.45	-0.35	-0.16	-0.29	0.18
Ba	0.92	0.47	0.06	0.42	0.14	1.00	0.85	0.27	-0.15	-0.20	0.81	0.87	0.95	0.89	0.59
Fe	0.98	0.19	-0.43	-0.09	-0.35	0.85	1.00	0.15	-0.61	-0.38	0.99	0.99	0.93	0.99	0.46
Ag	0.11	0.07	-0.10	0.45	0.24	0.27	0.15	1.00	-0.25	-0.42	0.13	0.15	0.14	0.08	-0.57
Cd	-0.47	0.26	0.94	0.65	0.81	-0.15	-0.61	-0.25	1.00	0.61	-0.65	-0.58	-0.35	-0.50	0.28
Ca	-0.33	-0.31	0.71	0.29	0.39	-0.20	-0.38	-0.42	0.61	1.00	-0.45	-0.34	-0.34	-0.26	0.34
Cr	0.97	0.27	-0.50	-0.17	-0.45	0.81	0.99	0.13	-0.65	-0.45	1.00	0.99	0.93	0.97	0.41
Mg	0.98	0.26	-0.39	-0.06	-0.35	0.87	0.99	0.15	-0.58	-0.34	0.99	1.00	0.95	0.99	0.46
Ni	0.97	0.51	-0.20	0.13	-0.16	0.95	0.93	0.14	-0.35	-0.34	0.93	0.95	1.00	0.96	0.57
K	0.99	0.26	-0.31	-0.02	-0.29	0.89	0.99	0.08	-0.50	-0.26	0.97	0.99	0.96	1.00	0.56
Sr	0.57	0.26	0.36	0.19	0.18	0.59	0.46	-0.57	0.28	0.34	0.41	0.46	0.57	0.56	1.00

4.3.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çizelge 4.13'te görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede iki grupta yani iki faktör ile karşılaşılmıştır. Mide ve bağırsak fazlarındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1 ve BCR 2 fazlarında çözünmüş metal iyonu konsantrasyonları ile ilişkili bulunmuştur. Kalıntı ise ayrı bir grupta ve ilişki vermiştir.

Çizelge 4.13 Enver Paşa örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1	PC2
BCR 1	0.907513	-0.01317
BCR 2	0.919932	0.107471
BCR 3	0.69395	0.625294
KALINTI	0.000919	0.98426
MİDE	0.921589	0.365878
BAĞIRSAK	0.987764	0.076882

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme de metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.14'de, faktör skor değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bu değerlendirmede 4 faktör elde edilmiştir. Bu bize metaller arasında 4 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.14 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : As, Ba, Fe, Cr, Mg, Ni, K

PC 2 : Zn, Pb, Mn, Cd

PC 3 : Ag, Sr

PC 4 : Cu olarak belirlenmiştir.

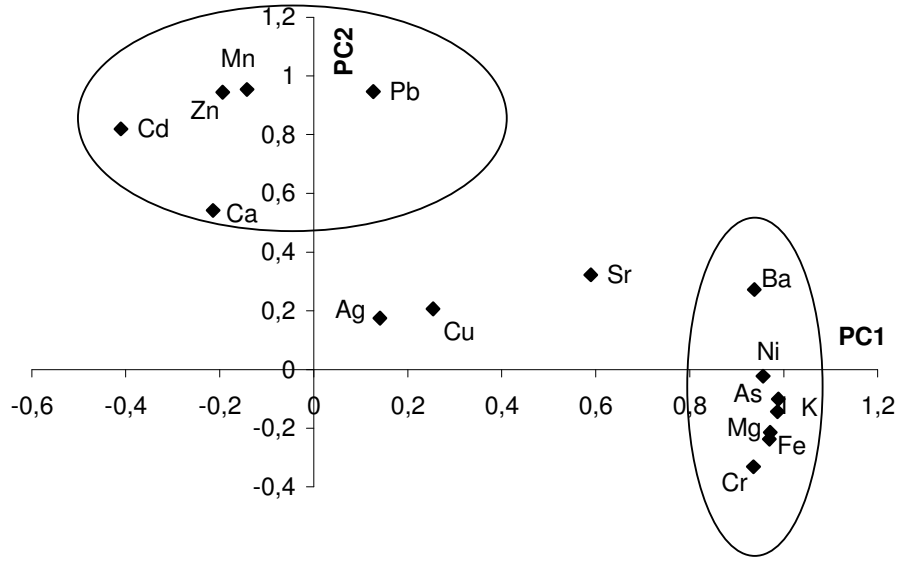
Çizelge 4.14 Enver Paşa örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3	PC4
As	0.988534	-0.10027	-0.00138	0.09237
Cu	0.253555	0.207017	-0.02549	0.92447
Zn	-0.1938	0.944701	-0.25371	0.024597
Pb	0.126915	0.946656	0.279236	0.098797
Mn	-0.14194	0.953685	0.123765	0.017899
Ba	0.937592	0.272094	0.093337	0.195248
Fe	0.969388	-0.23652	0.057909	-0.00345
Ag	0.140916	0.17541	0.968102	-0.00212
Cd	-0.41044	0.819664	-0.33946	0.209829
Ca	-0.21456	0.542394	-0.54565	-0.48361
Cr	0.935515	-0.33084	0.053343	0.109529
Mg	0.971244	-0.21401	0.042304	0.050126
Ni	0.956104	-0.02315	0.001207	0.28839
K	0.986829	-0.14326	-0.04407	0.032648
Sr	0.58934	0.322604	-0.71319	0.07202

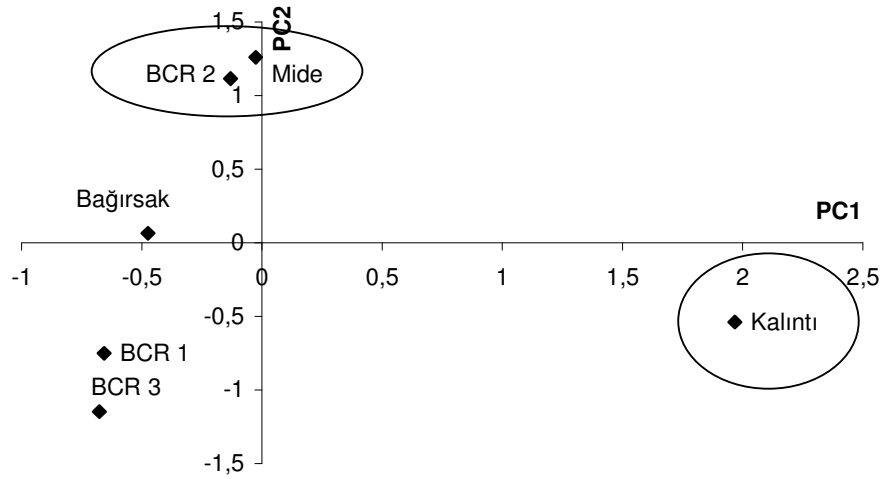
Çizelge 4.15 Enver Paşa örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3	PC4
BCR 1	-0.65719	-0.75121	-0.53142	-1.65658
BCR 2	-0.13129	1.11401	1.629295	-0.40374
BCR 3	-0.6769	-1.14666	0.634317	0.826237
KALINTI	1.966488	-0.53883	-0.0046	-0.00938
MİDE	-0.0269	1.259146	-1.15391	0.057424
BAGIRSAK	-0.4742	0.063548	-0.57368	1.186038

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.4'te görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Ba, Ni, As, K, Mg, Fe ve Cr derişimleri en yüksektir. Mide ve BCR 2 fazında ise Mn, Cd, Zn, Pb ve Ca derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.4 Enver paşa toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.4 Bengiler Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.4.1 Korelasyon Analizleri

Bengiler toprak örneği kullanılarak çözülmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ve mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge 4.16'da görüldüğü gibi mide fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 2, BCR 3 ve kalıntı fazlarında çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona sahiptir. Bağırsak fazındaki metal iyonu konsantrasyonları ise BCR 1, BCR 3 ve kalıntı ile orta derecede, BCR 2 fazı ile de yüksek derecede korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.16 Bengiler toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAGIRSAK
BCR 1	0.098285	0.688277
BCR 2	0.837653	0.974838
BCR 3	0.991751	0.692797
KALINTI	0.991046	0.649242

Diğer yapılan korelasyon analizinde, Bengiler toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.17'de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları iki farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Ba, Fe, Cr, Mg, Ni, K

Grup 2 : Zn, Mn, Cd, Pb olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.17 Bengiler toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1	0.64	0.90	-0.28	0.25	0.77	0.74	0.72	0.01	-0.03	0.63	0.82	0.87	0.97	0.57
Cu	0.64	1.00	0.71	-0.03	0.12	0.73	0.83	0.81	-0.19	-0.60	0.79	0.81	0.84	0.71	0.59
Zn	0.90	0.71	1.00	0.06	0.49	0.97	0.80	0.74	0.11	-0.24	0.65	0.84	0.93	0.92	0.49
Pb	-0.28	-0.03	0.06	1.00	0.78	0.28	-0.33	-0.43	0.78	-0.19	-0.37	-0.35	-0.20	-0.30	-0.02
Mn	0.25	0.12	0.49	0.78	1.00	0.60	-0.02	-0.17	0.84	0.17	-0.27	0.00	0.17	0.23	0.41
Ba	0.77	0.73	0.97	0.28	0.60	1.00	0.74	0.67	0.21	-0.36	0.60	0.77	0.87	0.81	0.45
Fe	0.74	0.83	0.80	-0.33	-0.02	0.74	1.00	0.98	-0.48	-0.39	0.86	0.99	0.96	0.86	0.45
Ag	0.72	0.81	0.74	-0.43	-0.17	0.67	0.98	1.00	-0.56	-0.46	0.93	0.98	0.94	0.83	0.34
Cd	0.01	-0.19	0.11	0.78	0.84	0.21	-0.48	-0.56	1.00	0.25	-0.54	-0.42	-0.24	-0.12	0.18
Ca	-0.03	-0.60	-0.24	-0.19	0.17	-0.36	-0.39	-0.46	0.25	1.00	-0.69	-0.35	-0.38	-0.07	0.26
Cr	0.63	0.79	0.65	-0.37	-0.27	0.60	0.86	0.93	-0.54	-0.69	1.00	0.87	0.85	0.69	0.10
Mg	0.82	0.81	0.84	-0.35	0.00	0.77	0.99	0.98	-0.42	-0.35	0.87	1.00	0.98	0.91	0.45
Ni	0.87	0.84	0.93	-0.20	0.17	0.87	0.96	0.94	-0.24	-0.38	0.85	0.98	1.00	0.94	0.48
K	0.97	0.71	0.92	-0.30	0.23	0.81	0.86	0.83	-0.12	-0.07	0.69	0.91	0.94	1.00	0.62
Sr	0.57	0.59	0.49	-0.02	0.41	0.45	0.45	0.34	0.18	0.26	0.10	0.45	0.48	0.62	1.00

4.4.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede iki grupta yani iki faktör ile karşılaşmıştır. İlk grup mide, BCR 2, BCR 3 ve kalıntı fazlarını, ikinci grup ise BCR 1 ve bağırsak fazlarını içermektedir.

Çizelge 4.18 Bengiler örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1	PC2
BCR 1	-0.09245	0.982332
BCR 2	0.753657	0.632968
BCR 3	0.99369	0.097161
KALINTI	0.994502	0.049008
MİDE	0.979714	0.178202
BAGIRSAK	0.623194	0.775171

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme, metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.19’da, faktör skor değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. Bu değerlendirmede 4 faktör elde edilmiştir. Bu bize metaller arasında 4 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.19 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : As, Cu, Zn, Ba, Fe, Ag, Cr, Mg, Ni, K

PC 2 : Pb, Mn, Cd

PC 3 : Ca olarak belirlenmiştir.

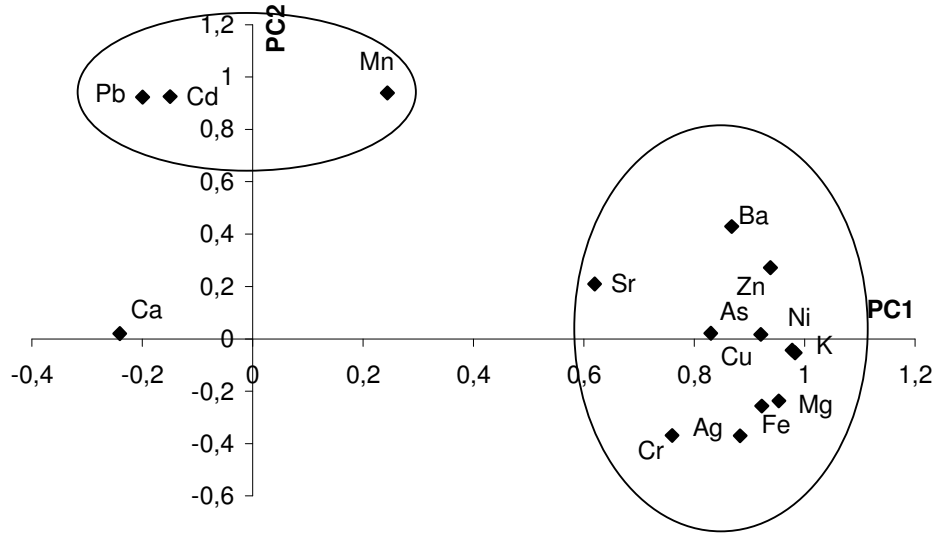
Çizelge 4.19 Bengiler örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3
As	0.920531	0.016498	-0.21664
Cu	0.829994	0.02175	0.35202
Zn	0.938065	0.271696	0.046592
Pb	-0.1997	0.923494	0.283356
Mn	0.244058	0.93879	-0.18694
Ba	0.867665	0.429696	0.190975
Fe	0.922368	-0.2565	0.196658
Ag	0.883324	-0.36982	0.268618
Cd	-0.14962	0.925381	-0.23651
Ca	-0.24091	0.020684	-0.95365
Cr	0.759605	-0.36966	0.512065
Mg	0.953014	-0.23673	0.144939
Ni	0.982354	-0.05337	0.164558
K	0.976923	-0.04335	-0.1687
Sr	0.619467	0.209731	-0.49077

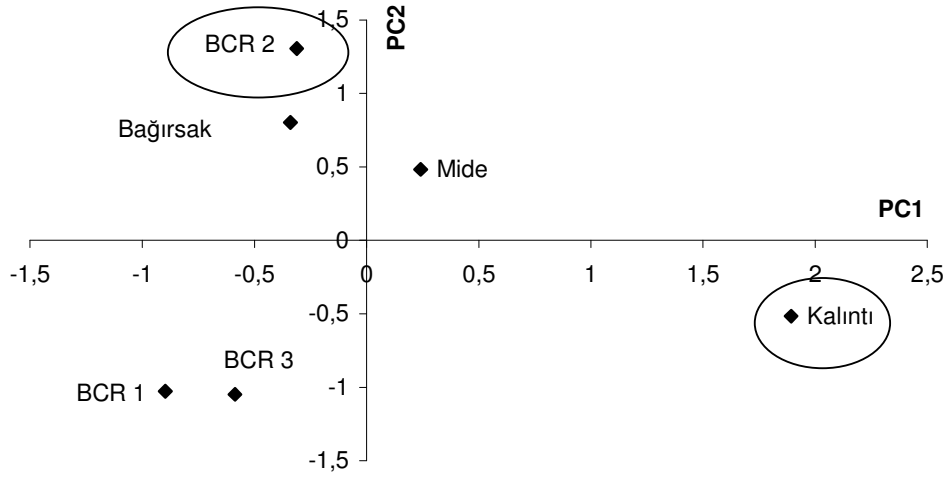
Çizelge 4.20 Bengiler örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3
BCR 1	-0.89699	-1.02767	-0.80095
BCR 2	-0.31098	1.304719	0.535443
BCR 3	-0.58635	-1.04803	0.986024
KALINTI	1.892482	-0.51514	0.326002
MİDE	0.24125	0.483643	-1.62907
BAĞIRSAK	-0.33941	0.802474	0.582558

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.5'te görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Ba, Sr, Zn, As, Ni, K, Mg, Fe, Ag ve Cr derişimleri en yüksektir. BCR 2 fazında ise Mn, Cd ve Pb derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.5 Bengiler toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.5 akallar Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.5.1 Korelasyon Analizleri

akallar toprak rneği kullanılarak znmş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ve mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar izelge 4.21’de verilmiştir. Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi mide fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1 ve kalıntı fazlarında znmş metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona ve BCR 2 ve BCR 3 fazları ile orta derecede korelasyona sahiptir. Bağırsak fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 2 fazı ile yüksek korelasyona; BCR 1, BCR 3 ve kalıntı fazları ile de orta derecede korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.21 akallar toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAğIRSAK
BCR 1	0.994893	0.807692
BCR 2	0.723028	0.970255
BCR 3	0.872023	0.717973
KALINTI	0.977117	0.71249

Diğer yapılan korelasyon analizinde, akallar toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.22’de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları iki farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Cu, Fe, Cr, Mg, Ni, K, Sr, Ba

Grup 2 : Mn, Cd, Pb olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.22 Çakallar toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1	0.88	0.43	-0.04	-0.26	0.79	0.99	0.76	-0.45	-0.44	0.99	0.99	0.98	0.97	0.82
Cu	0.88	1.00	0.27	-0.14	-0.41	0.58	0.86	0.75	-0.43	-0.76	0.89	0.83	0.87	0.77	0.59
Zn	0.43	0.27	1.00	0.76	0.37	0.71	0.34	0.63	0.47	0.11	0.34	0.47	0.51	0.38	0.26
Pb	-0.04	-0.14	0.76	1.00	0.85	0.53	-0.10	0.19	0.83	0.30	-0.12	0.03	0.13	-0.08	0.01
Mn	-0.26	-0.41	0.37	0.85	1.00	0.37	-0.28	-0.27	0.80	0.53	-0.32	-0.18	-0.10	-0.22	0.07
Ba	0.79	0.58	0.71	0.53	0.37	1.00	0.76	0.60	0.10	-0.08	0.74	0.84	0.88	0.79	0.80
Fe	0.99	0.86	0.34	-0.10	-0.28	0.76	1.00	0.74	-0.53	-0.47	1.00	0.98	0.97	0.97	0.81
Ag	0.76	0.75	0.63	0.19	-0.27	0.60	0.74	1.00	-0.27	-0.62	0.77	0.73	0.78	0.62	0.28
Cd	-0.45	-0.43	0.47	0.83	0.80	0.10	-0.53	-0.27	1.00	0.48	-0.54	-0.40	-0.32	-0.46	-0.26
Ca	-0.44	-0.76	0.11	0.30	0.53	-0.08	-0.47	-0.62	0.48	1.00	-0.52	-0.36	-0.45	-0.25	-0.01
Cr	0.99	0.89	0.34	-0.12	-0.32	0.74	1.00	0.77	-0.54	-0.52	1.00	0.98	0.97	0.95	0.78
Mg	0.99	0.83	0.47	0.03	-0.18	0.84	0.98	0.73	-0.40	-0.36	0.98	1.00	0.98	0.98	0.85
Ni	0.98	0.87	0.51	0.13	-0.10	0.88	0.97	0.78	-0.32	-0.45	0.97	0.98	1.00	0.93	0.81
K	0.97	0.77	0.38	-0.08	-0.22	0.79	0.97	0.62	-0.46	-0.25	0.95	0.98	0.93	1.00	0.90
Sr	0.82	0.59	0.26	0.01	0.07	0.80	0.81	0.28	-0.26	-0.01	0.78	0.85	0.81	0.90	1.00

4.5.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.23'te verilmiştir. Çizelge 4.23'te görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede yalnızca bir grup yani bir faktör ile karşılaşılmıştır. Bu grup tüm BCR fazlarını ve mide ve bağırsak fazlarını içermektedir.

Çizelge 4.23 Çakallar örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1
BCR 1	0.964382
BCR 2	0.829433
BCR 3	0.894357
KALINTI	0.924603
MİDE	0.984175
BAĞIRSAK	0.911294

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.24'te, faktör skor değerleri Çizelge 4.25'te verilmiştir. Bu değerlendirmede 3 faktör elde edilmiştir bu da bize metaller arasında 3 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.24 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : As, Ba, Fe, Cr, Mg, Ni, K, Sr

PC 2 : Pb, Mn, Cd, Zn

PC 3 : Ag, Ca olarak belirlenmiştir.

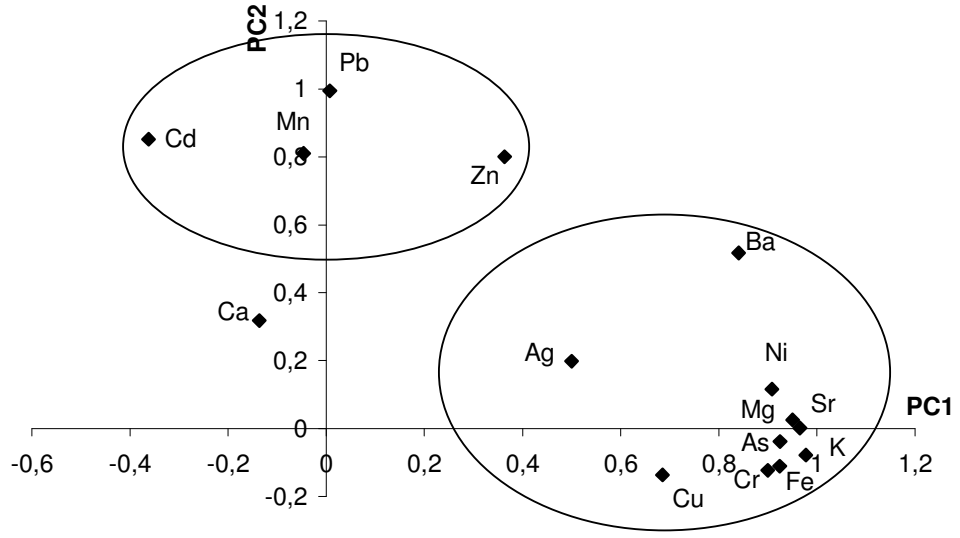
Çizelge 4.24 Çakallar örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3
As	0.925041	-0.03795	0.374068
Cu	0.685464	-0.13664	0.63923
Zn	0.363832	0.800283	0.286021
Pb	0.007416	0.994403	-0.01075
Mn	-0.04609	0.810237	-0.45828
Ba	0.84035	0.517011	0.108518
Fe	0.924169	-0.11075	0.356881
Ag	0.499936	0.198056	0.80657
Cd	-0.36219	0.852167	-0.23756
Ca	-0.1368	0.317608	-0.8508
Cr	0.899993	-0.12256	0.41548
Mg	0.950805	0.026073	0.304338
Ni	0.908217	0.116144	0.393879
K	0.977584	-0.07767	0.159628
Sr	0.965107	0.001957	-0.19925

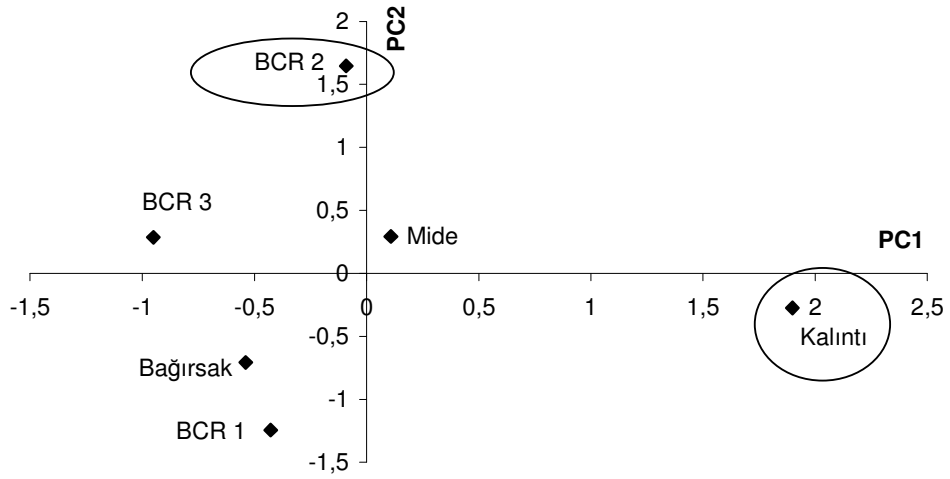
Çizelge 4.25 Çakallar örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3
BCR 1	-0.42799	-1.24346	-0.76797
BCR 2	-0.09021	1.646486	-0.51883
BCR 3	-0.95079	0.28644	1.591067
KALINTI	1.898138	-0.27585	0.682927
MİDE	0.109214	0.2928	-1.06626
BAĞIRSAK	-0.53836	-0.70642	0.079063

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Ba, Sr, Cu, As, Ni, K, Mg, Fe, Ag ve Cr derişimleri en yüksektir. BCR 2 fazında ise Mn, Cd, Zn ve Pb derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.6 Çakallar toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.6 Kadıköy Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.6.1 Korelasyon Analizleri

Kadıköy toprak örneği kullanılarak çözülmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ve mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.26'da verilmiştir. Çizelge 4.26'da görüldüğü gibi mide fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 2 ve BCR 3 fazlarında çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona ve BCR 1 ve kalıntı fazları ile orta derecede korelasyona sahiptir. Bağırsak fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1, BCR 2 ve BCR 3 ile yüksek derecede korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.26 Kadıköy toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAĞIRSAK
BCR 1	0.739727	0.865374
BCR 2	0.810983	0.937147
BCR 3	0.976184	0.801139
KALINTI	0.59339	0.201503

Diğer yapılan korelasyon analizinde, Kadıköy toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.27'de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları iki farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Ba, Fe, Cr, Mg, Ni, K, Ag

Grup 2 : Mn, Cd, Pb, Zn olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.27 Kadıköy toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1	0.56	-0.32	-0.05	-0.08	0.85	0.98	0.93	-0.37	-0.42	0.98	0.99	0.98	0.98	0.69
Cu	0.56	1.00	-0.29	0.11	0.01	0.48	0.47	0.45	-0.04	-0.79	0.53	0.50	0.57	0.42	0.12
Zn	-0.32	-0.29	1.00	0.83	0.83	0.19	-0.43	-0.16	0.90	0.63	-0.49	-0.41	-0.22	-0.27	0.14
Pb	-0.05	0.11	0.83	1.00	0.97	0.40	-0.17	0.20	0.73	0.20	-0.22	-0.15	0.02	-0.10	0.02
Mn	-0.08	0.01	0.83	0.97	1.00	0.40	-0.19	0.19	0.74	0.18	-0.25	-0.18	-0.04	-0.12	0.08
Ba	0.85	0.48	0.19	0.40	0.40	1.00	0.77	0.86	0.14	-0.21	0.73	0.78	0.86	0.84	0.81
Fe	0.98	0.47	-0.43	-0.17	-0.19	0.77	1.00	0.92	-0.52	-0.42	0.99	1.00	0.95	0.97	0.64
Ag	0.93	0.45	-0.16	0.20	0.19	0.86	0.92	1.00	-0.31	-0.37	0.89	0.91	0.90	0.89	0.55
Cd	-0.37	-0.04	0.90	0.73	0.74	0.14	-0.52	-0.31	1.00	0.38	-0.55	-0.49	-0.29	-0.36	0.13
Ca	-0.42	-0.79	0.63	0.20	0.18	-0.21	-0.42	-0.37	0.38	1.00	-0.48	-0.41	-0.32	-0.26	0.08
Cr	0.98	0.53	-0.49	-0.22	-0.25	0.73	0.99	0.89	-0.55	-0.48	1.00	0.99	0.95	0.96	0.60
Mg	0.99	0.50	-0.41	-0.15	-0.18	0.78	1.00	0.91	-0.49	-0.41	0.99	1.00	0.97	0.98	0.65
Ni	0.98	0.57	-0.22	0.02	-0.04	0.86	0.95	0.90	-0.29	-0.32	0.95	0.97	1.00	0.97	0.68
K	0.98	0.42	-0.27	-0.10	-0.12	0.84	0.97	0.89	-0.36	-0.26	0.96	0.98	0.97	1.00	0.77
Sr	0.69	0.12	0.14	0.02	0.08	0.81	0.64	0.55	0.13	0.08	0.60	0.65	0.68	0.77	1.00

4.6.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.28’de verilmiştir. Çizelge 4.28’de görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede yalnızca iki grup yani iki faktör ile karşılaşılmıştır. İlk grup mide, bağırsak, BCR 1, BCR 2 ve BCR 3 fazlarını, ikinci grup ise kalıntı fazını içermektedir.

Çizelge 4.28 Kadıköy örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1	PC2
BCR 1	0.930055	-0.0337
BCR 2	0.900053	0.155803
BCR 3	0.756034	0.61163
KALINTI	0.018347	0.993762
MİDE	0.808671	0.585474
BAGIRSAK	0.970289	0.169969

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.29’da, faktör skor değerleri Çizelge 4.30’da verilmiştir. Bu değerlendirmede 3 faktör elde edilmiştir. Bu bize metaller arasında 3 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.29 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : As, Ba, Fe, Ag, Cr, Mg, Ni, K, Sr

PC 2 : Pb, Mn, Cd, Zn

PC 3 : Ca, Cu olarak belirlenmiştir.

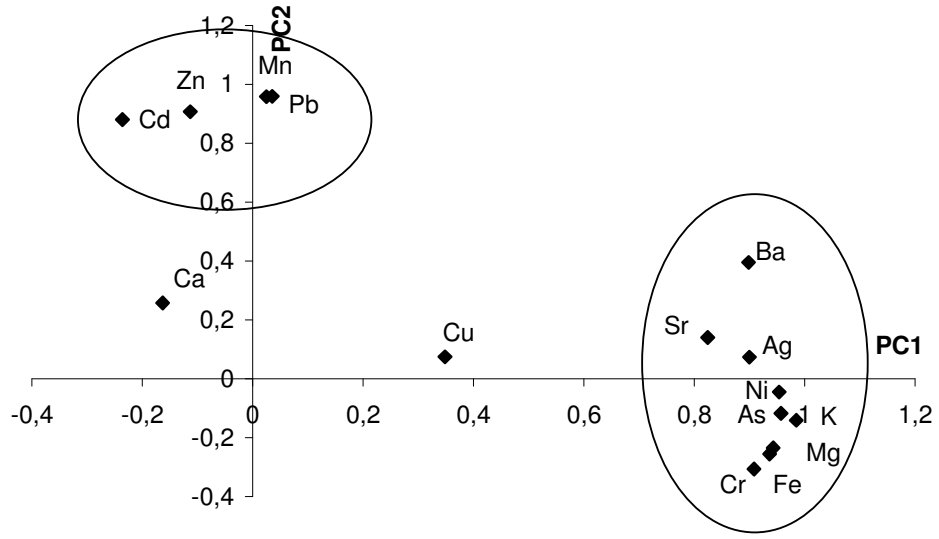
Çizelge 4.29 Kadıköy örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3
As	0.957042	-0.11699	0.264045
Cu	0.348258	0.074748	0.861496
Zn	-0.11312	0.907049	-0.39571
Pb	0.035305	0.959446	0.092724
Mn	0.025002	0.957521	0.043091
Ba	0.898359	0.394989	0.147506
Fe	0.93638	-0.25544	0.222274
Ag	0.900229	0.074143	0.280132
Cd	-0.23597	0.880714	-0.16332
Ca	-0.16324	0.257942	-0.9094
Cr	0.907967	-0.30615	0.282452
Mg	0.942699	-0.23487	0.226774
Ni	0.953658	-0.04461	0.224449
K	0.984786	-0.14039	0.080833
Sr	0.82465	0.140179	-0.29769

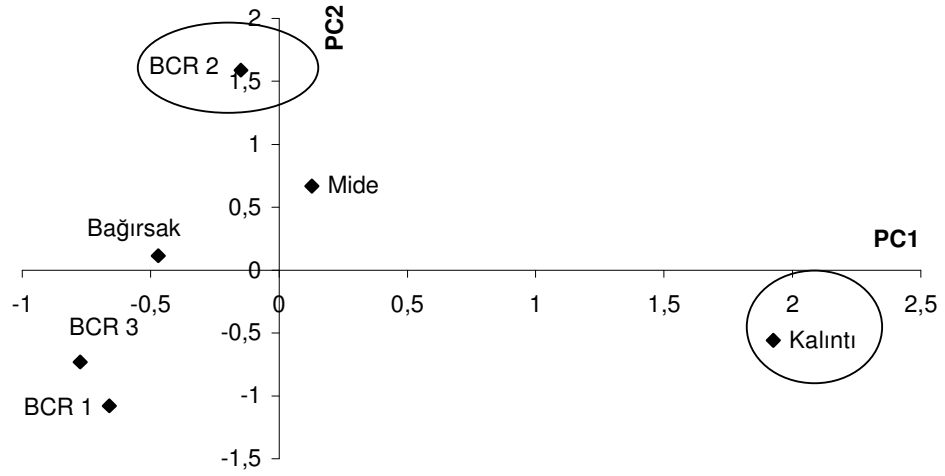
Çizelge 4.30 Kadıköy örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3
BCR 1	-0.66027	-1.08032	-1.06234
BCR 2	-0.14823	1.58887	0.516752
BCR 3	-0.77409	-0.73163	1.234873
KALINTI	1.924897	-0.55924	0.342986
MİDE	0.128046	0.668966	-1.36143
BAĞIRSAK	-0.47035	0.113355	0.329163

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.7’de görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Ba, Sr, As, Ni, K, Mg, Fe, Ag ve Cr derişimleri en yüksektir. BCR 2 fazında ise Mn, Cd, Zn ve Pb derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.7 Kadıköy toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.7 Kaşıkçı Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.7.1 Korelasyon Analizleri

Kaşıkçı toprak örneği kullanılarak çözülmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ve mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelge 4.31’de görüldüğü gibi mide fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 2 fazında çözülmüş metal iyonu konsantrasyonları ile yüksek korelasyona ve BCR 1, BCR 3 ve kalıntı fazları ile orta derecede korelasyona sahiptir. Bağırsak fazındaki metal iyonu konsantrasyonları ise BCR 1 ve BCR 2 fazları ile yüksek, BCR 3 fazı ile orta derecede korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.31 Kaşıkçı toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAĞIRSAK
BCR 1	0.755147	0.867524
BCR 2	0.910989	0.90001
BCR 3	0.563297	0.560965
KALINTI	0.532867	0.195001

Diğer yapılan korelasyon analizinde, Kaşıkçı toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.32’de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları üç farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Fe, Cr, Mg, Ni, K, Ba

Grup 2 : Cu, Cd

Grup 3 : Pb, Mn, Sr olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.32 Kaşıkçı toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1	0.03	-0.68	-0.11	-0.18	0.77	0.97	0.75	-0.44	-0.24	0.95	0.97	0.98	0.93	-0.15
Cu	0.03	1.00	0.48	0.43	0.24	0.40	-0.12	0.13	0.83	-0.15	-0.10	-0.11	0.02	0.06	0.11
Zn	-0.68	0.48	1.00	0.06	0.07	-0.36	-0.68	-0.54	0.76	0.31	-0.63	-0.64	-0.60	-0.46	0.20
Pb	-0.11	0.43	0.06	1.00	0.85	0.49	-0.32	-0.15	0.60	0.49	-0.41	-0.34	-0.23	-0.02	0.54
Mn	-0.18	0.24	0.07	0.85	1.00	0.42	-0.35	-0.52	0.50	0.62	-0.43	-0.35	-0.21	-0.05	0.88
Ba	0.77	0.40	-0.36	0.49	0.42	1.00	0.62	0.42	0.13	0.18	0.55	0.62	0.72	0.83	0.35
Fe	0.97	-0.12	-0.68	-0.32	-0.35	0.62	1.00	0.74	-0.58	-0.29	0.99	1.00	0.98	0.90	-0.25
Ag	0.75	0.13	-0.54	-0.15	-0.52	0.42	0.74	1.00	-0.35	-0.53	0.74	0.71	0.64	0.58	-0.70
Cd	-0.44	0.83	0.76	0.60	0.50	0.13	-0.58	-0.35	1.00	0.27	-0.58	-0.57	-0.44	-0.29	0.39
Ca	-0.24	-0.15	0.31	0.49	0.62	0.18	-0.29	-0.53	0.27	1.00	-0.38	-0.27	-0.25	0.08	0.71
Cr	0.95	-0.10	-0.63	-0.41	-0.43	0.55	0.99	0.74	-0.58	-0.38	1.00	0.99	0.97	0.86	-0.31
Mg	0.97	-0.11	-0.64	-0.34	-0.35	0.62	1.00	0.71	-0.57	-0.27	0.99	1.00	0.98	0.91	-0.23
Ni	0.98	0.02	-0.60	-0.23	-0.21	0.72	0.98	0.64	-0.44	-0.25	0.97	0.98	1.00	0.93	-0.09
K	0.93	0.06	-0.46	-0.02	-0.05	0.83	0.90	0.58	-0.29	0.08	0.86	0.91	0.93	1.00	0.06
Sr	-0.15	0.11	0.20	0.54	0.88	0.35	-0.25	-0.70	0.39	0.71	-0.31	-0.23	-0.09	0.06	1.00

4.7.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.33'te verilmiştir. Çizelge 4.33'te görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede yalnızca iki grup yani iki faktör ile karşılaşılmıştır. İlk grup mide, bağırsak, BCR 1 ve BCR 3 fazlarını, ikinci grup ise kalıntı fazını içermektedir.

Çizelge 4.33 Kaşıkçı örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1	PC2
BCR 1	0.967058	0.040373
BCR 2	0.691451	0.544292
BCR 3	0.811813	-0.03674
KALINTI	-0.01353	0.902456
MİDE	0.767851	0.63645
BAĞIRSAK	0.900103	0.340908

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.34'te, faktör skor değerleri Çizelge 4.35'te verilmiştir. Bu değerlendirmede 3 faktör elde edilmiştir. Bu bize metaller arasında 3 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.34 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : As, Ba, Fe, Ag, Cr, Mg, Ni, K

PC 2 : Pb, Mn, Sr, Ca

PC 3 : Cd, Cu olarak belirlenmiştir.

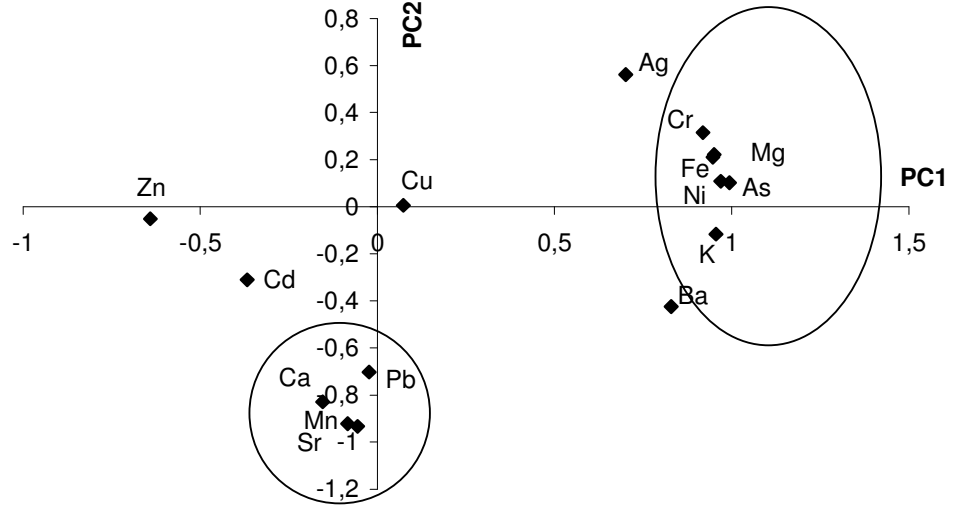
Çizelge 4.34 Kaşıkçı örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3
As	0.993688	0.101356	0.042334
Cu	0.073343	0.0059	-0.98579
Zn	-0.64045	-0.05188	-0.51156
Pb	-0.02348	-0.70207	-0.49786
Mn	-0.08376	-0.922	-0.2441
Ba	0.829041	-0.42455	-0.3571
Fe	0.950893	0.221239	0.199013
Ag	0.701308	0.561392	-0.13462
Cd	-0.3672	-0.31077	-0.86887
Ca	-0.15391	-0.82893	0.087754
Cr	0.91892	0.314381	0.187312
Mg	0.947004	0.210706	0.194795
Ni	0.969593	0.107915	0.078388
K	0.955833	-0.11672	0.001766
Sr	-0.05571	-0.93314	-0.06672

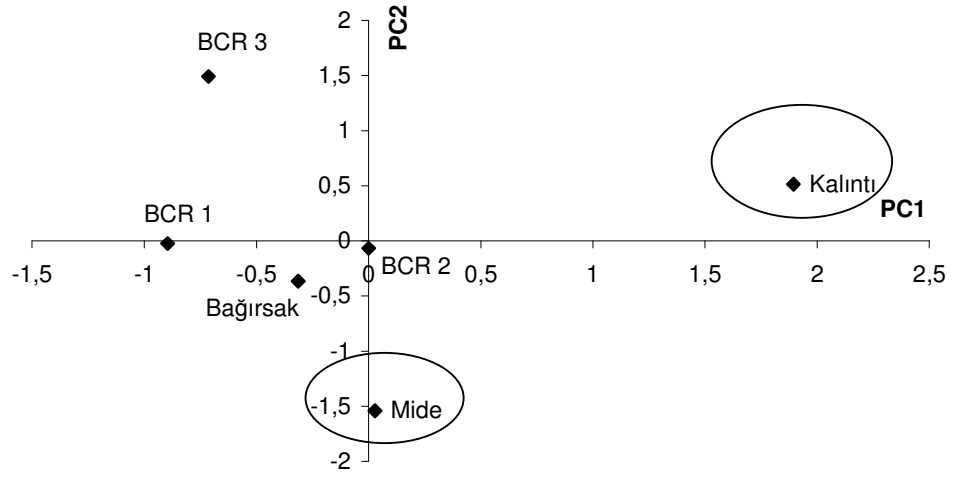
Çizelge 4.35 Kaşıkçı örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3
BCR 1	-0.89584	-0.02589	1.828622
BCR 2	0.000394	-0.06792	-0.49999
BCR 3	-0.71394	1.48969	-0.81992
KALINTI	1.894324	0.512175	0.486549
MİDE	0.028857	-1.54262	-0.5283
BAĞIRSAK	-0.3138	-0.36544	-0.46696

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.8’de görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Ba, As, Ni, K, Fe, Ag, Mg ve Cr derişimleri en yüksektir. Mide fazında ise Ca, Pb, Mn ve Sr derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.8 Kaşıkçı toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.8 Müstecap Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.8.1 Korelasyon Analizleri

Müstecap toprak örneği kullanılarak çözünmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ve mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çizelge 4.36'da görüldüğü gibi mide ve bağırsak fazlarındaki metal iyonu konsantrasyonları tüm BCR fazları ile yüksek korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.36 Müstecap toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAĞIRSAK
BCR 1	0.99922	0.911159
BCR 2	0.990563	0.949551
BCR 3	0.986435	0.887696
KALINTI	0.980018	0.878196

Diğer yapılan korelasyon analizinde, Müstecap toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.37'de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları iki farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Cu, Zn, Ba, Fe, Cr, Mg, Ni, K, Sr

Grup 2 : Pb, Mn olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.37 Müstecap toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1	0.83	0.82	0.49	0.29	0.97	0.95	-0.21	-0.38	-0.29	0.95	0.97	0.93	0.86	0.98
Cu	0.83	1.00	0.78	0.32	0.16	0.85	0.83	0.15	-0.01	-0.61	0.85	0.81	0.95	0.52	0.82
Zn	0.82	0.78	1.00	0.50	0.38	0.83	0.79	-0.04	0.14	-0.05	0.77	0.83	0.90	0.83	0.80
Pb	0.49	0.32	0.50	1.00	0.95	0.32	0.26	-0.60	-0.28	0.40	0.21	0.34	0.52	0.64	0.40
Mn	0.29	0.16	0.38	0.95	1.00	0.16	0.09	-0.70	-0.10	0.48	0.03	0.17	0.35	0.47	0.24
Ba	0.97	0.85	0.83	0.32	0.16	1.00	1.00	-0.17	-0.22	-0.39	0.99	1.00	0.91	0.79	0.99
Fe	0.95	0.83	0.79	0.26	0.09	1.00	1.00	-0.15	-0.24	-0.43	1.00	0.99	0.88	0.76	0.99
Ag	-0.21	0.15	-0.04	-0.60	-0.70	-0.17	-0.15	1.00	0.37	-0.40	-0.07	-0.19	-0.04	-0.37	-0.26
Cd	-0.38	-0.01	0.14	-0.28	-0.10	-0.22	-0.24	0.37	1.00	-0.01	-0.25	-0.26	-0.11	-0.36	-0.32
Ca	-0.29	-0.61	-0.05	0.40	0.48	-0.39	-0.43	-0.40	-0.01	1.00	-0.48	-0.33	-0.35	0.23	-0.34
Cr	0.95	0.85	0.77	0.21	0.03	0.99	1.00	-0.07	-0.25	-0.48	1.00	0.99	0.88	0.73	0.98
Mg	0.97	0.81	0.83	0.34	0.17	1.00	0.99	-0.19	-0.26	-0.33	0.99	1.00	0.89	0.83	0.99
Ni	0.93	0.95	0.90	0.52	0.35	0.91	0.88	-0.04	-0.11	-0.35	0.88	0.89	1.00	0.76	0.90
K	0.86	0.52	0.83	0.64	0.47	0.79	0.76	-0.37	-0.36	0.23	0.73	0.83	0.76	1.00	0.82
Sr	0.98	0.82	0.80	0.40	0.24	0.99	0.99	-0.26	-0.32	-0.34	0.98	0.99	0.90	0.82	1.00

4.8.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.38’de verilmiştir. Çizelge 4.38’de görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede yalnızca bir grup yani bir faktör ile karşılaşılmıştır. Bu grup mide, bağırsak ve tüm BCR fazlarını içermektedir.

Çizelge 4.38 Müstecap örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1
BCR 1	0.993246
BCR 2	0.998784
BCR 3	0.989707
KALINTI	0.984571
MİDE	0.99396
BAĞIRSAK	0.936717

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme, metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.39’da, faktör skor değerleri Çizelge 4.40’da verilmiştir. Bu değerlendirmede 3 faktör elde edilmiştir. Bu bize metaller arasında 3 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.39 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : As, Ba, Fe, Cr, Mg, Ni, K, Cu, Zn, Sr

PC 2 : Pb, Mn, Ca

PC 3 : Cd olarak belirlenmiştir.

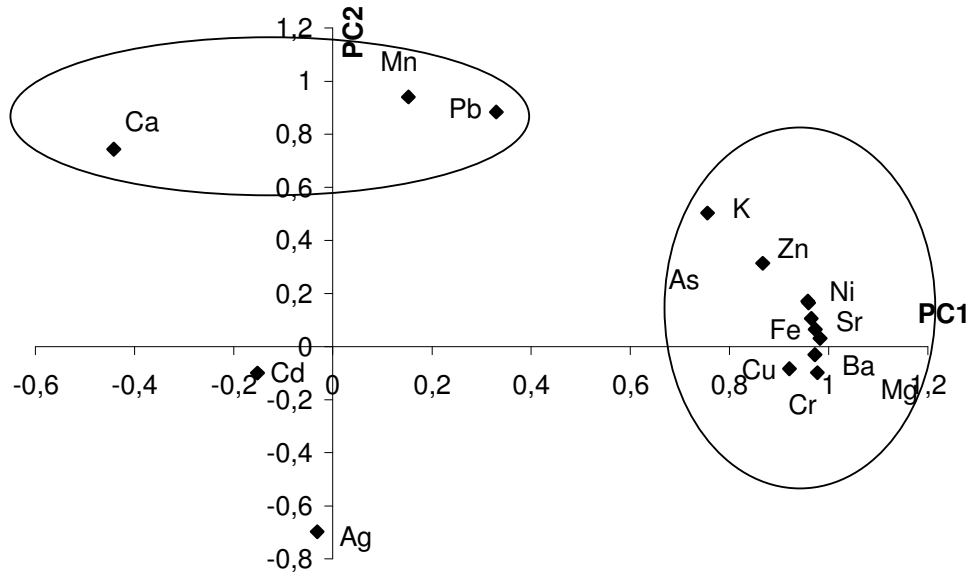
Çizelge 4.39 Müstecap örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3
As	0.959586	0.164086	0.211159
Cu	0.921027	-0.084	-0.20188
Zn	0.867398	0.313879	-0.32791
Pb	0.329856	0.883434	0.05431
Mn	0.152167	0.940204	-0.03378
Ba	0.982933	0.030294	0.125228
Fe	0.972306	-0.03096	0.169195
Ag	-0.03145	-0.69813	-0.51056
Cd	-0.15218	-0.09916	-0.90955
Ca	-0.44178	0.742898	0.006301
Cr	0.977086	-0.09881	0.161094
Mg	0.97287	0.064936	0.167413
Ni	0.957991	0.170711	-0.12121
K	0.755863	0.50348	0.189456
Sr	0.965032	0.105945	0.216083

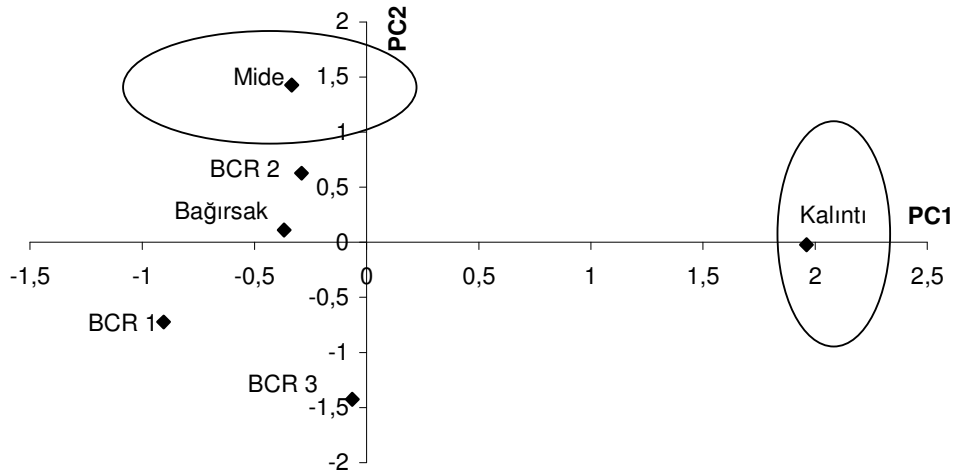
Çizelge 4.40 Müstecap örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3
BCR 1	-0.90506	-0.72194	1.284758
BCR 2	-0.28974	0.628558	-1.34269
BCR 3	-0.0642	-1.42506	-1.04219
KALINTI	1.961068	-0.02237	0.474768
MİDE	-0.33433	1.428197	0.172166
BAĞIRSAK	-0.36773	0.112616	0.453186

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.9’da görüldüğü gibi kalıntı fazındaki Ba, As, Ni, K, Fe, Zn, Mg, Cu, Sr ve Cr derişimleri en yüksektir. Mide fazında ise Ca, Pb ve Mn derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.9 Müstecap toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.9 Patlak Toprağındaki İstatistiksel Uygulamalar

4.9.1 Korelasyon Analizleri

Patlak toprak örneği kullanılarak çözülmüş metal iyonu derişimleri bakımından BCR adımları ve mide ve bağırsak fazları arasında ilişki kurulmuştur. Bu değerlendirmeden elde edilen korelasyonlar Çizelge 4.41’de verilmiştir. Çizelge 4.41’de görüldüğü gibi mide fazındaki metal iyonu konsantrasyonları BCR 1 ve kalıntı fazları ile yüksek korelasyona, BCR 2 ve BCR 3 fazları ile orta derecede korelasyona sahiptir. Bağırsak fazı ise BCR 1 ve kalıntı fazı ile yüksek korelasyona sahiptir.

Çizelge 4.41 Patlak toprak örneğindeki mide ve bağırsak fazları ile BCR fazları arasındaki korelasyon

	MİDE	BAĞIRSAK
BCR 1	0.826323	0.743967
BCR 2	0.593942	0.469166
BCR 3	0.567581	0.464725
KALINTI	0.950479	0.969588

Diğer yapılan korelasyon analizinde, Patlak toprağında yapılan deneylerden elde edilen metal iyonları konsantrasyonları kullanılarak metal iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4.42’de her bir metal iyonunun en yüksek korelasyon gösterdiği metal iyonları gösterilmiştir. Bu çizelgeden yüksek korelasyon gösteren metal iyonları üç farklı grupta sınıflandırılabilir. Bu gruplar:

Grup 1 : As, Fe, Ag, Cr, Mg, Ni, K

Grup 2 : Cu, Pb, Sr, Zn, Ca

Grup 3 : Mn, Cd olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.42 Patlak toprak örneğindeki metaller arasındaki korelasyon

	As	Cu	Zn	Pb	Mn	Ba	Fe	Ag	Cd	Ca	Cr	Mg	Ni	K	Sr
As	1.00	0.77	0.81	0.59	-0.24	0.35	0.98	0.98	-0.35	-0.52	0.99	0.99	1.00	0.98	-0.53
Cu	0.77	1.00	0.70	0.84	-0.53	-0.02	0.71	0.68	-0.39	-0.71	0.74	0.67	0.79	0.62	-0.84
Zn	0.81	0.70	1.00	0.86	0.00	0.50	0.71	0.69	0.08	-0.19	0.74	0.75	0.80	0.72	-0.42
Pb	0.59	0.84	0.86	1.00	-0.19	0.19	0.48	0.45	0.03	-0.34	0.53	0.47	0.60	0.42	-0.67
Mn	-0.24	-0.53	0.00	-0.19	1.00	0.77	-0.26	-0.25	0.89	0.31	-0.27	-0.19	-0.31	-0.18	0.28
Ba	0.35	-0.02	0.50	0.19	0.77	1.00	0.28	0.28	0.71	0.01	0.27	0.39	0.27	0.39	0.00
Fe	0.98	0.71	0.71	0.48	-0.26	0.28	1.00	1.00	-0.43	-0.54	1.00	0.99	0.98	0.98	-0.51
Ag	0.98	0.68	0.69	0.45	-0.25	0.28	1.00	1.00	-0.44	-0.54	1.00	0.99	0.98	0.98	-0.50
Cd	-0.35	-0.39	0.08	0.03	0.89	0.71	-0.43	-0.44	1.00	0.34	-0.43	-0.34	-0.41	-0.35	0.22
Ca	-0.52	-0.71	-0.19	-0.34	0.31	0.01	-0.54	-0.54	0.34	1.00	-0.56	-0.48	-0.52	-0.43	0.91
Cr	0.99	0.74	0.74	0.53	-0.27	0.27	1.00	1.00	-0.43	-0.56	1.00	0.98	0.99	0.97	-0.55
Mg	0.99	0.67	0.75	0.47	-0.19	0.39	0.99	0.99	-0.34	-0.48	0.98	1.00	0.98	1.00	-0.44
Ni	1.00	0.79	0.80	0.60	-0.31	0.27	0.98	0.98	-0.41	-0.52	0.99	0.98	1.00	0.97	-0.54
K	0.98	0.62	0.72	0.42	-0.18	0.39	0.98	0.98	-0.35	-0.43	0.97	1.00	0.97	1.00	-0.38
Sr	-0.53	-0.84	-0.42	-0.67	0.28	0.00	-0.51	-0.50	0.22	0.91	-0.55	-0.44	-0.54	-0.38	1

4.9.2 Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizinin ilk uygulaması korelasyon analizlerinde olduğu gibi mide ve bağırsak fazı ile BCR adımları arasındaki ilişkiyi kurmak amacı ile yapıldı. Statistica programı kullanılarak faktör loadings değerleri bulundu. Bu değerler Çizelge 4.43'te verilmiştir. Çizelge 4.43'te görüldüğü gibi elde edilen değerlendirmede yalnızca bir grup yani bir faktör ile karşılaşılmıştır. Bu grup mide, bağırsak, BCR 1, BCR 2 ve kalıntı fazlarını içermektedir.

Çizelge 4.43 Patlak örneği için dört BCR adımı ile mide ve bağırsak fazları için hesaplanmış faktör loading değerleri

	PC1
BCR 1	0.901905
BCR 2	0.706845
BCR 3	0.668004
KALINTI	0.879261
MİDE	0.979196
BAĞIRSAK	0.929683

Diğer yapılan istatistiksel bir değerlendirme metal iyonları arasında gruplandırma amacı ile yapıldı. Bu değerlendirmeden metal iyonları için elde edilen faktör loading değerleri Çizelge 4.44'te, faktör skor değerleri Çizelge 4.45'te verilmiştir. Bu değerlendirmede 3 faktör elde edilmiştir. Bu bize metaller arasında 3 farklı gruplanmanın olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.44 ile elde edilen gruplandırmanın korelasyon analizi ile elde edilen gruplandırma ile kısmen uyumlu olduğu görülmüştür. Bu gruplar:

PC 1 : As, Fe, Ag, Cr, Mg, Ni, K

PC 2 : Mn, Ba, Cd

PC 3 : Cu, Pb olarak belirlenmiştir.

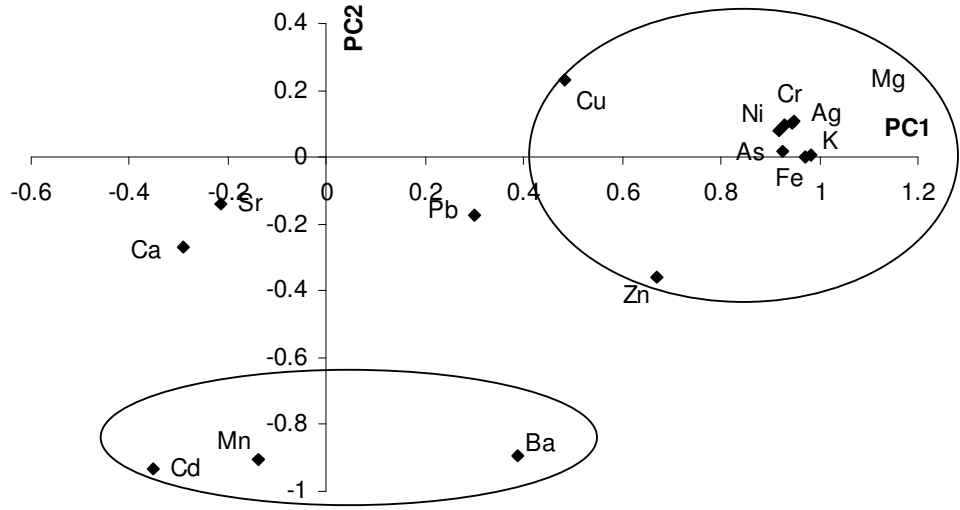
Çizelge 4.44 Patlak örneği için metal iyonları arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri

	PC1	PC2	PC3
As	0.927195	0.016574	0.372606
Cu	0.484573	0.229511	0.827212
Zn	0.669681	-0.35903	0.496626
Pb	0.30011	-0.17547	0.825536
Mn	-0.13749	-0.90175	-0.24632
Ba	0.388025	-0.89154	-0.00269
Fe	0.945617	0.100271	0.291557
Ag	0.949729	0.106091	0.267065
Cd	-0.35205	-0.93294	-0.01736
Ca	-0.29099	-0.2683	-0.69114
Cr	0.930647	0.097663	0.342508
Mg	0.969451	0.001331	0.240398
Ni	0.917026	0.082282	0.385176
K	0.982279	0.005426	0.173158
Sr	-0.2157	-0.13799	-0.91223

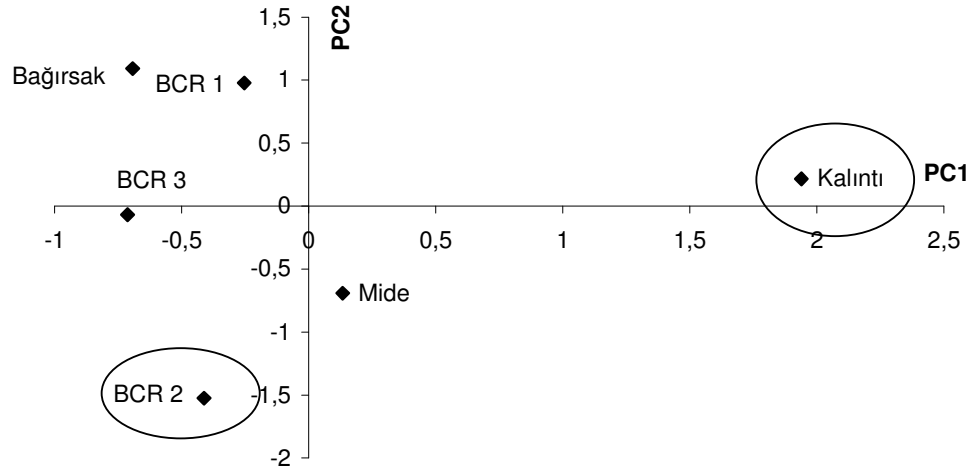
Çizelge 4.45 Patlak örneği için metal iyonları konsantrasyonlarına bağlı olarak fazlar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri

	PC1	PC2	PC3
BCR 1	-0.25377	0.977742	-1.17887
BCR 2	-0.41216	-1.52424	-0.05853
BCR 3	-0.7132	-0.06909	1.454679
KALINTI	1.938627	0.216557	0.545144
MİDE	0.13394	-0.69196	-1.05313
BAĞIRSAK	-0.69343	1.090985	0.290697

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek farklı fazlar ve metal iyonları arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 4.10'da görüldüğü gibi kalıntı fazındaki As, Ni, K, Fe, Ag, Mg, Cu, Zn ve Cr derişimleri en yüksektir. BCR 2 fazında ise Mn, Cd ve Ba derişimleri diğer fazlara göre daha yüksektir.



a)



b)

Şekil 4.10 Patlak toprağı için a) PC1-PC2 faktör loadingleri grafiğı b) PC1-PC2 faktör skorları grafiğı

4.10 SONUÇLAR

Çalışmada Balıkesir'in Balya ilçesi ve yakın köylerinden alınan topraklarda madenden kaynaklanan metal kirliliği araştırılmıştır. Bu amaçla toprakların farklı fazlarındaki metal konsantrasyonlarını belirlemek için BCR ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Topraklardaki toplam metal konsantrasyonlarını belirlemek için topraklara HNO₃-HCl karışımı ile yaş yakma işlemi uygulanmıştır. Ayrıca yöntemin doğruluğunu belirlemek için aynı işlemler uygulanarak standart referans toprak (NIST SRM 2711 Montana soil) analiz edilmiştir. Kirlilik içeren toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücutlarına geçebilecek metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ve temel bileşen analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

4.10.1 BCR Ekstraksiyon Yöntemi ve İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre oluşturulan çizelgelerin incelenmesi sonunda aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki arseniğin konsantrasyonu 105±8 µg g⁻¹'dir. Çalışmada BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki As konsantrasyonu 91,3±1.5 µg g⁻¹, HNO₃-HCl karışımı ile yapılan toplam yaş yakma çalışmalarında ise As konsantrasyonu 90,9±1,5 µg g⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.1). As konsantrasyonu standart referans örneğin değerine yakın olarak bulunmuştur. Ayrıca BCR ekstraksiyon yöntemi ve yaş yakma sonucunda bulunan As konsantrasyonları birbiriyle uyumludur.

Bengiler ve Müstecap toprakları dışındaki topraklarda As konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Özellikle Sarı su toprağındaki As konsantrasyonu oldukça yüksektir (Çizelge 3.1). Arseniğin toksik özelliği de dikkate alındığında bu topraktaki kirlilik önemli boyuttadır. Çocukların kirlilik içeren bu toprakları yemesi çocukların sağlığı açısından risk taşımaktadır. Toprakların çocuklar tarafından

yenmesi durumunda, arseniğin mide sıvısında çözünen konsantrasyonu bağırsak fazında çözünen konsantrasyonundan daha fazladır (Çizelge 3.16). Sarı su toprağındaki arseniğin % 14'ü mide sıvısında çözünürken % 15'i bağırsak sıvısında çözünmektedir. Bu oran Hastanetepede midede % 12, bağırsakta % 8'dir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki bakırın konsantrasyonu $114 \pm 2 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. Çalışmada BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Cu konsantrasyonu $95,3 \pm 2,2 \mu\text{g g}^{-1}$, $\text{HNO}_3\text{-HCl}$ karışımı ile yapılan toplam yaş yakma çalışmalarında ise Cu konsantrasyonu $96,3 \pm 0,7 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.2). Cu konsantrasyonu standart referans örneğinin değerine yakın olarak bulunmuştur. Ayrıca BCR ekstraksiyon yöntemi ve yaş yakma sonucunda bulunan Cu konsantrasyonları genel olarak birbiriyle uyumludur.

Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre (Çizelge 1.3) bakırın topraktaki sınır değeri toprak pH'sının 5-6 arasında olması durumunda $50 \mu\text{g/g}$, pH'nın 6'dan büyük olması durumunda ise $140 \mu\text{g/g}$ 'dir. Sarı su toprağındaki bakır konsantrasyonu $140 \mu\text{g/g}$ sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Ayrıca Kaşıkçı, Kadıköy ve Enver Paşa Mahallesinden alınan toprak örneklerinde de yüksek bakır konsantrasyonu tespit edilmiştir (Çizelge 3.2). Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda bağırsak sıvısında çözünen bakır konsantrasyonunun mide sıvısında çözünen konsantrasyonundan fazla olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.17). Toprakların yenmesi durumunda Sarı su toprağındaki bakırın % 15'i mide sıvısında, % 33'ü ise bağırsak sıvısında çözünmektedir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki çinkonun konsantrasyonu $350,4 \pm 4,8 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Zn konsantrasyonu $292,1 \pm 5,7 \mu\text{g g}^{-1}$, $\text{HNO}_3\text{-HCl}$ karışımı ile yapılan toplam yaş yakma çalışmalarında ise Zn konsantrasyonu $308,1 \pm 6,7 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.3). Zn konsantrasyonu standart referans örneğinin değerinden daha düşük bulunmuştur. Ancak BCR ekstraksiyon yöntemi ve yaş yakma ile elde edilen sonuçlar birbiriyle uyumludur. Diğer toprak örneklerinde de BCR ekstraksiyon adımlarının toplamı ve toplam yaş yakma sonucunda bulunan Zn konsantrasyonları birbiri ile uyumludur.

Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre (Çizelge 1.3) çinkonun topraktaki sınır değeri toprak pH'sının 5-6 arasında olması durumunda $150 \mu\text{g/g}$, pH'nın 6'dan büyük olması durumunda ise $300 \mu\text{g/g}$ 'dir. Bengiler ve Müstecap dışındaki tüm toprak örneklerinde çinko konsantrasyonları sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. En yüksek çinko konsantrasyonu Kaşıkçı toprak örneğindedir (Çizelge 3.3). Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda çinko mide sıvısında bağırsak sıvısına göre daha fazla çözünmektedir (Çizelge 3.18). Sarı su toprağındaki toplam çinkonun % 34'ü mide sıvısında, % 26'sı bağırsak sıvısında çözünmektedir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki kurşunun konsantrasyonu $1162 \pm 31 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Pb konsantrasyonu $1076,6 \pm 10,7 \mu\text{g g}^{-1}$, HNO_3 -HCl karışımı ile yapılan toplam yaş yakma çalışmalarında ise Pb konsantrasyonu $1071,1 \pm 18,1 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.4). Pb konsantrasyonu standart referans örneğinin değerine yakın olarak bulunmuştur. Ayrıca BCR ekstraksiyon yöntemi ve yaş yakma ile elde edilen sonuçlar birbiriyle uyumludur.

Bengiler ve Müstecap dışındaki toprak örneklerindeki kurşun konsantrasyonları oldukça yüksek bulunmuştur. Ayrıca BCR'nin ikinci adımındaki kurşun konsantrasyonları da dikkate değer ölçüde yüksektir. Bu kirliliğin etkisi açısından önemlidir. Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre (Çizelge 1.3) kurşunun topraktaki sınır değeri toprak pH'sının 5-6 arasında olması durumunda $50 \mu\text{g/g}$, pH'nın 6'dan büyük olması durumunda ise $300 \mu\text{g/g}$ 'dir. Bengiler ve Müstecap dışındaki tüm topraklarda kurşun konsantrasyonları sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda kurşunun midedeki biyoerişilebilirliği % 26, bağırsaktaki biyoerişilebilirliği ise % 25'tir. Bengiler dışındaki tüm toprak örneklerinde kurşunun mide sıvısı içinde çözünen konsantrasyonu bağırsak sıvısında çözünen konsantrasyonundan fazladır (Çizelge 3.19).

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki manganın konsantrasyonu $638 \pm 28 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Mn konsantrasyonu $545,2 \pm 9,6 \mu\text{g g}^{-1}$, HNO_3 -HCl karışımı ile yapılan toplam yaş yakma çalışmalarında ise Mn konsantrasyonu

507,0±8,8 µg g⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.5). Mn konsantrasyonu standart referans örneğin değerinden daha düşük bulunmuştur. Ancak BCR ekstraksiyon yöntemi ve yaş yakma ile elde edilen sonuçlar birbiriyle uyumludur.

En yüksek mangan konsantrasyonu Kaşıkçı toprağında belirlenmiştir. Mangan toprakta 200-2000 µg/g arasında bulunabilir. Tüm toprak örneklerindeki mangan konsantrasyonlarının bu değerler arasında olduğu belirlenmiştir. BCR'nin ikinci adımında çözünen mangan konsantrasyonlarının diğer adımlara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu manganın topraklarda daha çok indirgenebilir formda olduğunu göstermektedir. Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen mangan konsantrasyonları incelendiğinde Sarı su dışındaki tüm toprak örneklerinde manganın midedeki biyoerişilebilirliği bağırsaktaki biyoerişilebilirliğinden daha fazladır (Çizelge 3.20). Sarı su toprağındaki toplam manganın % 36'sı mide sıvısında çözünürken % 38'i bağırsak sıvısında çözünmektedir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki nikel konsantrasyonu 20,6±1,1 µg g⁻¹'dir. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Ni konsantrasyonu 20,6±0,9 µg g⁻¹, HNO₃-HCl karışımı ile yapılan toplam yaş yakma çalışmalarında ise Ni konsantrasyonu 21,9±0,9 µg g⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.6). BCR ekstraksiyon yöntemi ve yaş yakma ile elde edilen sonuçlar birbiriyle uyumludur. Ayrıca Ni konsantrasyonu standart referans örneğin değerine oldukça yakın bulunmuştur. Diğer toprak örneklerinde de BCR ekstraksiyon adımlarının toplamı ve toplam yaş yakma sonucunda bulunan Ni konsantrasyonları birbirine yakın bulunmuştur.

Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre (Çizelge 1.3) nikelin topraktaki sınır değeri toprak pH'sının 5-6 arasında olması durumunda 30 µg/g, pH'nın 6'dan büyük olması durumunda ise 75 µg/g'dır. Nikel konsantrasyonu en yüksek Çakallar toprağında ve 30 µg/g değerinin üzerinde bulunmuştur. Diğer toprak örneklerindeki nikel konsantrasyonları sınır değerler içindedir (Çizelge 3.6). Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda, Sarı su dışındaki tüm toprak örneklerinde mide sıvısı içinde çözünen nikel konsantrasyonu bağırsak sıvısında çözünen nikel konsantrasyonundan fazladır (Çizelge 3.21). Sarı su toprağındaki

nikelin midedeki biyoerişilebilirliği % 15, bağırsaktaki biyoerişilebilirliği ise % 21'dir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki gümüş konsantrasyonu $4,63 \pm 0,39 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Ag konsantrasyonu $3,44 \pm 0,07 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 3.7).

Gümüş konsantrasyonu en yüksek Sarı su toprak örneğinde, en düşük ise Müstecap örneğinde bulunmuştur (Çizelge 3.7). Topraklardaki gümüş konsantrasyonları analizi yapılan diğer metallere göre çok daha düşük olarak belirlenmiştir. Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek gümüş konsantrasyonları tayin sınırının altında olduğu için belirlenememiştir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki kadmiyum konsantrasyonu $41,70 \pm 0,25 \mu\text{g g}^{-1}$ 'dir. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Cd konsantrasyonu $40,03 \pm 1,1 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.8). BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında Cd konsantrasyonu standart referans örneğinin değerine yakın bulunmuştur.

Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre (Çizelge 1.3) kadmiyumun topraktaki sınır değeri toprak pH'sının 5-6 arasında olması durumunda $1 \mu\text{g/g}$, pH'nın 6'dan büyük olması durumunda ise $3 \mu\text{g/g}$ 'dir. Kadmiyum konsantrasyonu en yüksek Sarı su toprağındadır. Bengiler ve Müstecap toprak örnekleri dışındaki tüm topraklardaki kadmiyum konsantrasyonu bu sınır değerlerin üzerindedir (Çizelge 3.8). Toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda kadmiyumun mide ve bağırsaktaki biyoerişilebilirliğinin diğer metallere göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Kadmiyumun toksik özelliği de dikkate alındığında toprak örneklerindeki bu kirlilik çocuklar açısından risk taşımaktadır. Kadmiyumun mide sıvısı içinde çözünen konsantrasyonu bağırsak sıvısında çözünen konsantrasyonundan daha fazla bulunmuştur (Çizelge 3.22). Sarı su toprağındaki kadmiyumun midedeki biyoerişilebilirliği % 65, bağırsaktaki biyoerişilebilirliği ise % 42'dir. Bu oran Bengilerde midede % 99, bağırsakta % 79'dur.

En yüksek krom konsantrasyonu akallar toprak örneğinde bulunmuştur. Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliğine göre (izelge 1.3) kromun topraktaki sınır değeri 100 µg/g'dır. Tüm toprak örneklerinde krom konsantrasyonları sınır değerin altındadır. Ayrıca BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında bulunan krom konsantrasyonları, yaşı yakma ile elde edilen krom konsantrasyonları ile uyumludur (izelge 3.9). Toprakların ocuklar tarafından yenmesi durumunda, Hastanetepe ve Patlak toprakları dışındaki tüm toprak örneklerinde kromun bağırsak fazına geçen konsantrasyonu mide fazına geçen konsantrasyonuna göre daha fazla bulunmuştur (izelge 3.23).

En yüksek stronsiyum, baryum ve magnezyum konsantrasyonu Müstecap, potasyum konsantrasyonu ise akallar toprak örneklerinde tespit edilmiştir (izelge 3.10, izelge 3.11 ve izelge 3.12, izelge 3.13). Toprakların ocuklar tarafından bilinçli ya da bilinçsiz olarak yenmesi durumunda stronsiyum, baryum, potasyum ve magnezyumun midede çözünen konsantrasyonlarının bağırsak sıvısına geçen konsantrasyonlarından daha fazla olduğu belirlenmiştir (izelge 3.24, izelge 3.25, izelge 3.26, izelge 3.27).

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki kalsiyum konsantrasyonu % 2,88±0,08'dir. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Ca konsantrasyonu % 2,174±0,030, HNO₃-HCl karışımı ile yapılan toplam yaşı yakma çalışmalarında ise % 2,018±0,040 olarak bulunmuştur. En yüksek kalsiyum konsantrasyonu Patlak toprak örneğinde tespit edilmiştir (izelge 3.14). Çizelge 3.28 incelendiğinde toprakların çocuklar tarafından yenmesi durumunda kalsiyumun mide sıvısında çözünen konsantrasyonunun bağırsak sıvısında çözünen konsantrasyonundan daha fazla olduğu görülmektedir.

Montana Soil 2711 nolu standart referans toprak örneğindeki demirin konsantrasyonu % 2,89±0,06'dır. BCR ekstraksiyon adımlarının toplamında standart referans toprak örneğindeki Fe konsantrasyonu % 2,326±0,032, HNO₃-HCl karışımı ile yapılan toplam yaşı yakma çalışmalarında ise % 2,433±0,052 olarak bulunmuştur. En yüksek demir konsantrasyonu Kaşıkçı toprak örneğinde tespit edilmiştir (izelge 3.15). Demir toprakta % 0,5-10 arasında bulunabilir. Toprak örneklerindeki demir konsantrasyonlarının bu değerler arasında olduğu saptanmıştır. Toprakların ocuklar

tarafından yenmesi durumunda demirin mide sıvısında çözünen konsantrasyonunun bağırsak sıvısında çözünen konsantrasyonundan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca demirin mide ve bağırsaktaki biyoerişilebilirliği diğer metallere göre oldukça düşüktür (Çizelge 3.29).

Sonuç olarak Balya bölgesinden alınan topraklarda (Bengiler ve Müstecap hariç) madenden kaynaklanan ağır metal kirliliği tespit edilmiştir. Topraklardaki As, Pb, Zn ve Cd konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. Maden bölgesine yakın olan Sarı su toprağındaki ağır metal kirliliğinin diğer topraklara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu metallerin toksik etkisi de dikkate alındığında topraklardaki kirlilik önemli boyuttadır. Ağır metal kirliliği içeren bu toprakların çocuklar tarafından bilinçli ya da bilinçsiz olarak yenmesi, çocukların sağlığı açısından büyük risk taşımaktadır.

4.10.2 İstatistiksel Değerlendirme

Analizi yapılan tüm toprak örnekleri için BCR fazları, mide ve bağırsak fazlarında çözülmüş metal konsantrasyonları arasındaki ilişki korelasyon analizi ve temel bileşen analizi ile ayrı ayrı incelenmiştir. Korelasyon analizi ve temel bileşen analizi ile yapılan istatistiksel değerlendirme ile elde edilen sonuçlar genel olarak birbiri ile uyumlu bulunmuştur. BCR fazları ile mide ve bağırsak fazları arasındaki korelasyon incelendiğinde genel olarak mide ve bağırsak fazlarının BCR 1 ve BCR 2 adımları ile yüksek korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Bazı topraklar için bu fazların, aynı zamanda BCR 3 fazı ile de bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür. BCR 1 ve BCR 2 adımları ile daha kolaylıkla uygun pH'larda çözünebilen metal iyonlarına ulaşılabilirdiği için mide ve bağırsak fazlarının bu fazlarla yüksek korelasyona sahip olması oldukça doğaldır. Metallerin gruplandırılması amacıyla yapılan istatistiksel değerlendirmede ise tüm toprak örneklerinde benzer gruplar elde edilmiştir. Toprak örneklerinin çoğunda Pb, Zn, Mn ve Cd bir grupta yer alırken As, Fe, Ba, Mg, Ni, K ve Cr metalleri ayrı bir grup oluşturmuştur. Ayrıca genel olarak Pb, Zn, Mn ve Cd metallerinin BCR 2 fazında çözünen konsantrasyonlarının diğer fazlara göre daha fazla olduğu bulunmuştur.

5. KAYNAKLAR

- [1] Öztan, Y., Çevre Kirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, (1985).
- [2] Kılıçel, F., “Van Şehir Merkezindeki Yol Tozlarında Toksik Ağır Metal (Cu, Ni, Cd, Pb, Mn, Zn, Bi, Co) Kirliliğinin Araştırılması”, *Doktora Tezi*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Van, (1996).
- [3] Gültekin, A., “Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi Kullanarak Tarım Topraklarında Yetişen Sebze Örnekleri Tarafından Ağır Metal Alınabilirliğinin İncelenmesi” *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kayseri, (2004).
- [4] Ergene, A., Toprak İlminin Esasları, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, (1982).
- [5] Thompson, L.M., Soils and Soil Fertility, McGraw Hill, New York, (1973).
- [6] Kartal, Ş., Elçi, L., Doğan, M., “Investigation of Lead, Nickel, Cadmium and Zinc Pollution of Traffic in Kayseri”, *Fresenius Environment Bul.*, (1992) 1, 28.
- [7] Güçer, Ş., “Atomik Soğurma Spektroskopisinin Çevre Kimyasındaki Önemi ve Sorunları”, *Profesörlük Tezi*, İzmir, (1981).
- [8] Akman Y., Ketenoğlu O., Evren H., Kurt L., Düzenli S, Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi), Palme Yayıncılık, 1.baskı, Ankara, (2000), 139.
- [9] Aktan C.C., Vural İ.Y., Globalleşme : Fırsat mı, Tehdit mi? , Zaman Kitap, İstanbul, (2004).
- [10] Apaydın, A., “Sanayiden Kaynaklanan Toprak Kirliliğinin Araştırılması: Samsun-Tekkeköy Bölgesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (2005).
- [11] Uçar, N., “Madencilik çalışmalarının Yarattığı Çevre Kirlenmesinin Değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, İzmir, (1999).
- [12] Hinds, M.W., Jockson, K.W., Newman, A.P., “Electrothermal Atomisation AAS with the Direct Introduction of Slurries Determination of Trace Metals in Soil”, *Analyst*, (1985) 110, 947.
- [13] Çanlı, T., “Farklı Bünye ve pH'ya Sahip Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Saptanmasında Kullanılabilir Uygun Metot/Metotların Seçimi”, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara, (1999).
- [14] Tasatar, B., Topraklarımız ve Toprak Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Yazıları 3, (1995), 72.

- [15] Çepel, N., Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar, TEMA vakfı yayınları 14, İstanbul, (1997), 31.
- [16] Nişli, G., Ertaş, F.N, Eser Analiz Yaz Okulu, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İzmir, (2001), 2.
- [17] Kılıçel, F., “Çinkur Çevresindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin (Cu, Ni, Cd, Pb, Mn, Zn) Atomik Absorpsiyon Spektrometri Yöntemiyle Tayini”, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kayseri, (1992).
- [18] Doğan, M., Soylak, M., Su Kimyası , Erciyes Üniversitesi yayınları, No:120 Kayseri, (2000), 80.
- [19] Türkiye Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Topraktaki ağır metal sınır değerleri, Resmi Gazete : 10.12.2001 tarih ve 24609 sayı
- [20] Tuna, H., “Bozüyük Yöresinde Endüstriyel Faaliyetlerden Kaynaklanan Ağır Metallerin Bitki ve Topraktaki Birikimi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, (2001).
- [21] Baykut, F., Aydın, A., Baykut, S., Çevre Sorunları ve Korunma, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, (1987), 131-143
- [22] Henden, E., Ağır Metal Türlerinin Analizinde Yönelimler ve Gelişmeler, Ege Analitik Kimya Günleri, Uluslararası Katılımı Eğitsel Toplantısı, İzmir, (1998), 353.
- [23] http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, 20.06.2008.
- [24] Göde, F., “Reçinelerle Ağır Metal Adsorpsiyonu ve Atık Sulara Uygulaması” *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Konya, (2002).
- [25] http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf, 20.06.2008.
- [26] Derrell, R.V., Trace Elements in Human Nutrition Micronutrients in Agriculture, SSSA Book Series 4, USA, (1991)
- [27] Brohi, R., Topbaş, T., Karaman, R., Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara, (1998).
- [28] Yıldız, A., Genç, Ö., Enstrümental Analiz, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, (1993).
- [29] Spadoni, M., Voltaggio, M., Carcea, M., Coni, E., Raggi, A., Cubadda, F., “Bioaccessible selenium in Italian agricultural soils: Comparison of the biogeochemical approach with a regression model based on geochemical and pedoclimatic variables”, *Science of the Total Environment*, (2007) 376, 160.

- [30] Kara, D., Özsaşçı C., Alkan, M., "Investigation of suitable digestion methods for the determination of total phosphorus in soils", *Talanta*, (1997) 44 , 2027.
- [31] Kara, D., Alkan, M., "Selective preconcentration, separation and speciation of ferric iron in different samples using N, N'- bis (2-hydroxy-5-bromo-benzyl)1,2-diaminopropane", *Talanta*, (2001) 55, 415.
- [32] Ravindra, K., Meenakshi, A., Rani, M., Kaushik, A., "Seasonal variations in physico-chemical characteristics of River Yamuna in Haryana and its ecological best-designated use" , *J. Environ. Monit.*, (2003) 5, 419.
- [33] Burger, J., Gochfeld, M., "Locational differences in heavy metals and metalloids in Pacific Blue Mussels *Mytilus [edulis] trossulus* from Adak Island in the Aleutian Chain, Alaska", *Science of The Total Environment*, (2006) 368, 937.
- [34] Moreno, J.L., Navarro, C., De las Heras, J., "Abiotic ecotypes in south-central Spanish rivers: Reference conditions and pollution" , *Environmental Pollution*, (2006) 143, 388.
- [35] Cappuyns, V., Swennen, R., Niclaes, M., "Application of BCR sequential extraction scheme to dredged pond sediments contaminated by Pb-Zn mining: A combined geochemical and mineralogical approach", *Journal of Geochemical Exploration*, (2007) 93, 78.
- [36] Mossop, K.F., Davidson, C.M., "Comparison of original and modified BCR sequential extraction procedures for the fractionation of copper, iron, lead, manganese and zinc in soils and sediments", *Analytica Chimica Acta*, (2003) 478, 111.
- [37] Kartal, Ş., Aydın, Z., Tokaloğlu, Ş., "Fractionation of metals in street sediment samples by using the BCR sequential extraction procedure and multivariate statistical elucidation of the data", *Journal of Hazardous Materials*, (2006) 132, 80.
- [38] Zemberyova, M., Bartekova, J., Hagarova, I. , "The utilization of modified BCR three-step sequential extraction procedure for the fractionation of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in soil reference materials of different origins", *Talanta*, (2006) 70, 973.
- [39] Aydın, Z., "Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi(BCR) Kullanarak Cadde Tozlarında ve Tarım Arazilerinde Bulunan Ağır Metallerin Alevli AAS ve Taramalı Elektron Mikroskobu ile Tayini", *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kayseri, (2002).
- [40] Tokaloğlu, Ş., Kartal, Ş., Elçi, L., "Determination of heavy metals and their speciation in lake sediments by flame atomic absorption spectrometry after a four-stage sequential extraction procedure", *Anal. Chem. Acta.*, (2000) 413, 33.

- [41] Sutherland, R.A, Tack, F.M.G., “Determination of Al, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn in certified reference materials using the optimized BCR sequential extraction procedure”, *Anal. Chim. Acta*, (2002) 454, 249.
- [42] Davidson, C.M., Duncan, A.L., Littlejohn, D., Ure, A.M., Garden, L.M., “A critical evaluation of the three-stage BCR sequential extraction procedure to assess the potential mobility and toxicity of heavy metals in industrially-contaminated land”, *Anal. Chim. Acta.*, (1998) 363, 45.
- [43] Mester, Z., Cremisini, C., Ghiara, E., Morabito, R., “Comparison of two sequential extraction procedures for metal fractionation in sediment samples”, *Anal. Chim. Acta.*, (1998) 359, 133.
- [44] Silva, M.M., Goreti, M., Vale, R., Carmao, E.B., “Slurry sampling graphite furnace atomic absorption spectrometry: determination of trace metals in mineral coal”, *Talanta* , (1999) 50, 1035.
- [45] Filgueiras, A.V., Lavilla, I., Bendicho, C., “Comparison of conventional and fast thermal programme approaches for determination of total and extractable Cd in sediments by electrothermal atomic absorption spectrometry following sequential extraction”, *Anal. Chim. Acta* , (2002) 466, 303.
- [46] Martin, R., Sanchez, D.M., Gutierrez, A.M., “Sequential extraction of U, Th, Ce, La and some heavy metals in sediments from Ortigas river, Spain”, *Talanta*, (1998) 46, 1115.
- [47] Gilmore, E.A., Evans, G.J., “Radiochemical assessment of readsorption and redistribution of lead in the SM&T sequential extraction procedure”, *Anal. Chim. Acta* , (2001) 439, 139.
- [48] Intawongse, M., Dean, J.R, “ In vitro testing for assessing oral bioaccessibility of trace metals in soil and food samples”, *Trends in Analytical Chemistry*, (2006) 25, 876.
- [49] Albayrak, A.S., Eroğlu, A., Kalaycı, Ş., *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Asil Yayıncılık, 1.Baskı, Ankara, (2005), 115.
- [50] Bayram N, *Sosyal Bilimlerde SPSS ile Veri Analizi*, Ezgi Kitap Evi, Bursa, (2004), 131.
- [51] *Statistica 99 Edition*, Kernel release 5.5, 1984-1999, StatSoft, Inc.