

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARININ MEVCUT  
DURUMU VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Yusuf YAZAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOPRAK ANABİLİM DALI**

**2010**

**KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARININ MEVCUT  
DURUMU VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Yusuf YAZAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOPRAK ANABİLİM DALI**

Bu tez **2009.02.0121.025** no'lu Proje Olarak Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

**2010**

**KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARININ MEVCUT  
DURUMU VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Yusuf YAZAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOPRAK ANABİLİM DALI**

Bu tez \_\_ / \_\_ / 2010 tarihinde aşağıdaki juri tarafından ( \_\_ ) not takdir edilerek oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa KAPLAN (Danışman)

Prof. Dr. Sadık ÇAKMAKÇI

Doç. Dr. Sahriye SÖNMEZ

## ÖZET

### KEÇİBORLU KÜKÜRT FABRİKASI FLOTASYON ATIKLARININ MEVCUT DURUMU VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Yusuf YAZAR

**Yüksek Lisans Tezi, Toprak Anabilim Dalı**  
**Danışman: Prof. Dr. Mustafa KAPLAN**  
**Eylül 2010, 166 sayfa**

Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinin mevcut durumunun ve çevresel etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada; atık göletinin ilçede neden olduğu çevre kirliliği çeşitli yönleri ile ortaya konulmuştur. Atık göletinin kimyasal ve fiziksel özelliklerini incelemek amacıyla atık göletinin 50 farklı noktasında ve 3 farklı derinlikte (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) atık materyalinden örnekleme yapılmıştır. Atık göletinin çevresel etkilerini belirlemek amacıyla ise; atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı (TA) ve ilçenin yerleşim alanı olan ilçe merkezi (İM) olmak üzere iki farklı yönde toprak (yüzey toprağı, 0-3 cm) ve yaprak (yaprak yüzeyi tozu) örnekleme yapılmıştır. Örnekleme, her uzaklık aralığından 10 'ar adet toprak ve yaprak örneği olmak üzere, her iki yönde de 0-100 m, 100-500 m ve 500-1000 m aralıklarından toplanmıştır. Yüzey toprağında pH, EC, S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) ve kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metallerin (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analizleri yapılmış; yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinde ise, S ve ağır metal (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) konsantrasyonları tespit edilmiştir. Ayrıca, kuyu suyu örnekleri alınarak S ve ağır metal (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) varlığı araştırılmıştır.

Genel olarak, atık materyalin çok düşük pH ve çok yüksek EC değerlerine sahip olduğu; aynı zamanda çok yüksek konsantrasyonlarda S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ve ağır metal içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca, atık göletinde bulunan materyalin; bulunduğu nokta ve derinlik itibariyle kimyasal ve fiziksel özelliklerinde sınırlı da olsa bazı değişimlerin varlığı ortaya konulmuştur.

Araştırma bulgularına göre; ilçenin tarımsal alanındaki (TA) yüzey topraklarında, atık göletinden uzaklaştıkça; EC değerlerinin, S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> konsantrasyonlarının, ekstrakte

edilebilir ağır metal (Cu, Zn, Pb, Cd), toplam ağır metal (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) konsantrasyonlarının istatistiki olarak azaldığı tespit edilmiştir. İlçe merkezi (İM) yüzey topraklarında ise, atık göletinden uzaklaştıkça istatistiki olarak; S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> konsantrasyonlarında bir azalma ve pH değerlerinde bir artış ortaya çıkmıştır. İlçe merkezi topraklarında ağır metal yayılımı tarım topraklarındaki kadar belirgin olmamakla birlikte; ekstrakte edilebilir Cr, toplam Cd ve toplam Co konsantrasyonlarında atık göletinden uzaklaştıkça istatistiki olarak bir azalma belirlenmiştir.

Yaprak yıkama çözeltilerinde ise, S ve ağır metal konsantrasyonlarının (Fe, Al, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) hem tarımsal alan (TA) hem de ilçe merkezi (İM) yönlerinde atık göletinden uzaklaştıkça istatistiki olarak bir azalma gösterdiği tespit edilmiş, atık materyalin bölgedeki yayılımı net bir şekilde ortaya konulmuştur. Atık göletine infiltre olan yağmur sularının ilçenin yer altı sularında yapabileceği etkinin belirlenmesi amacıyla toplanan kuyu suyu örneklerinde ise henüz belirgin bir kirliliğin görülmediği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile Keçiöborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinin çeşitli özellikleri, gölette bulunan atık materyalin çevreye olan yayılımı ortaya konmuş ve yaratabileceği sağlık risklerine dikkat çekilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Kükürt flotasyon atığı, çevresel etki, ağır metaller

**JÜRİ:** Prof.Dr. Mustafa KAPLAN (Danışman)

Prof.Dr. Sadık ÇAKMAKÇI

Doç.Dr. Sahriye SÖNMEZ

## ABSTRACT

### PRESENT SITUATION OF THE KEÇİBORLU SULFUR FACTORY FLOTATION WASTES AND DETERMINATION OF ITS ENVIRONMENTAL EFFECTS

Yusuf YAZAR

MSc Thesis in the Department of Soil Science  
Adviser: Prof. Dr. Mustafa KAPLAN  
September 2010, 166 pages

In this study, present situation of the Keçiborlu sulfur factory flotation waste pond as well as its environmental effects were investigated. In order to investigate physical and chemical properties of the waste pond, a waste material sampling was performed on 50 different points and in 3 different depths (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) of the pond. In order to determine the environmental effects of the waste pond a surface soil (0-3 cm) and leaf sampling was carried out in 2 different directions from the pond to Keçiborlu town centre (TC) and to Keçiborlu agricultural land (AL). Surface soil and leaf sampling was performed in 3 distance intervals (0-100 m, 100-500 m and 500-1000 m) in both sampling directions. At each distance intervals 10 surface soil and 10 leaf samples were collected. Also, well waters of the region were sampled in order to monitor a potential chemical contamination.

On surface soil samples; pH, EC,  $S-SO_4^{-2}$ , DTPA extractable heavy metals (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) and aqua regia soluble total heavy metals (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analysis were performed. On leaf samples' wash solutions; elemental S and heavy metals (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analysis were performed. On well water samples elemental S and heavy metals Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analysis were performed.

Through analysis performed on waste samples it was determined that the waste material had variable physical and chemical properties. In addition it was determined that the waste material characteristically had very low pH, very high EC, high concentrations of  $S-SO_4^{-2}$  and heavy metals. Through analysis performed on (AL) soil samples it was determined that; EC values,  $S-SO_4^{-2}$  concentrations, DTPA extractable

heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd) concentrations, total heavy metals (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) indicated a negative correlation with the increasing distance from the waste pond. Through analysis performed on (TC) soil samples it was determined that; S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, DTPA extractable Cr and total Cd concentrations indicated a negative correlation with the increasing distance from the waste pond while pH values indicated a positive correlation. While the analysis performed on well water samples did not indicate a contamination yet, well water sources of the Keçiborlu agricultural land (AL) should be monitored in the future. Through analysis performed on leaf samples' wash solutions is was determined that; S and heavy metal (Fe, Al, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) concentrations indicated a negative correlation with the increasing distance from the waste pond in both 2 sampling directions (AL) and (TC). Thus, dispersion of the waste material from the waste pond to the environment was clearly demonstrated.

**KEYWORDS:** Sulfur flotation waste, environmental effect, heavy metals

**JURRY:** Prof.Dr. Mustafa KAPLAN (Adviser)

Prof.Dr. Sadık ÇAKMAKÇI

Assoc. Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ

## ÖNSÖZ

Çevre; dünya üzerinde yaşamını sürdüren canlıların hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamdır. Diğer bir deyişle “Ekosistem” olarak tanımlanabilir. Hava, su ve toprak bu çevrenin fiziksel unsurlarını, insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise biyolojik unsurlarını teşkil etmektedir. Doğanın temel fiziksel unsurları olan, hava, su ve toprak üzerinde olumsuz etkilerin oluşması ile ortaya çıkan ve canlı öğelerin hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayına "Çevre Kirliliği" adı verilmektedir. Çevre kirliliğine neden olan kaynakların en önemlilerinden biriside madencilik faaliyetleridir.

Madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan çevre sorunları günümüzde ülkemiz ve dünya ölçeğinde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar sorunlar arasında; yeşil alanların kaybolması, erozyon, yer yüzeyinden kayaç ve toprakların çıkartılması ile meydana gelen yapısal bozulmalar, canlı çeşitliliğinin kaybolması ve madencilik faaliyetleri yüzünden oluşan çeşitli toksik kimyasallar ve atıklar nedeniyle ile toprağın, yer altı ve yüzey sularının kirlenmesi sayılabilir.

Bu çalışmada, atmosfer koşullarına terk edilmiş olan, Keçiborlu Kükürt Fabrikası flotasyon atıklarının (FA) bulunduğu atık göletinin mevcut durumu, atık göletinde bulunan atık materyalin çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri, atık materyalin rüzgar ve su gibi taşıyıcılar ile çevreye (toprak, su ve vejetasyon) yayılımı, bu yayılımın neden olduğu çevresel etkiler araştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar bahsi geçen atığın neden olduğu çevre kirliliğini çeşitli yönleri ile ortaya koymakla kalmayıp aynı zamanda bu kirliliğin en aza indirilmesi amacıyla geliştirilebilecek stratejilere de yön verebileceği düşünülmektedir.



Bu araştırma konusunu çalışmamı sağlayan ve çalışma süresince bana destek olan hocam Prof. Dr. Mustafa KAPLAN'a (Akd. Üni. Z. F.) teşekkürlerimi sunarım. Örnek alımı aşamasında çok yardımlarını gördüğüm Öğr.Gör.Dr. İlker SÖNMEZ'e (Akd. Üni. Korkuteli M.Y.O.) ve Zir. Yük. Müh. Hüseyin KALKAN'a (Akd. Üni. Z. F.); laboratuvar çalışmalarındaki yardımları, eleştirileri ve önerileri için Zir. Yük. Müh. Sedat ÇITAK'a (Akd. Üni. Z. F.) teşekkürlerimi bildiririm. İstatistiki analizlerimde bana yardımcı olan Zir. Yük. Müh. Işın KOCABAŞ'a (Akd. Üni. Z. F.) bilgi ve tecrübelerini benimle paylaştığı için; tezimin çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm Zir. Müh. Şelay SAYDAM'a (Akd. Üni. Z. F.) ve Zir. Müh. Hüseyin OK'a (Akd. Üni. Z. F.) değerli önerileri için teşekkürlerimi sunarım. Beni her zaman destekleyen aileme ve dostlarıma da teşekkür borçluyum.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI.....	8
2.1. Çevre Sorunları ve Çevre Kirliliği.....	8
2.2. Madencilik Atıklarının Neden Olduğu Toprak ve Su Kirliliği.....	11
2.3. Topraklarda Ağır Metal Kirliliği.....	12
3. MATERYAL ve METOT.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti ve çevresi.....	18
3.1.1.1. Çalışma alanının iklimsel özellikleri.....	24
3.1.2. Flotasyon atığı.....	25
3.1.3. Yüzey toprağı.....	26
3.1.4. Yaprak.....	27

3.1.5. Kuyu suyu.....	27
3.2. Metot.....	27
3.2.1. Atık göletinde atık materyali örneklemeesi.....	27
3.2.2. Yüzey toprağı örneklemeesi.....	30
3.2.3. Yaprak örneklemeesi.....	31
3.2.4. Kuyu suyu örneklemeesi.....	34
3.3. Analiz Yöntemleri.....	34
3.3.1. Atık materyal analiz yöntemleri.....	34
3.3.2. Toprak analiz yöntemleri.....	35
3.3.3. Yaprak yüzeyi yıkama çözeltisinin hazırlanma yöntemi.....	36
3.3.4. Kuyu suyu analiz yöntemi.....	37
3.3.5. İstatistiksel analiz yöntemleri.....	37
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
4.1. Atık Göletinde Yapılan Atık Materyal Örneklemeesinin Analiz Sonuçları ve Tartışması.....	38
4.1.1. Paçal atık materyal örneğinde yapılan analiz sonuçları ve tartışması.....	38
4.1.1.1. Paçal atık materyal örneğinin pH, EC, KDK ve SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> -S analiz sonuçları ve tartışması.....	38
4.1.1.2. Paçal atık materyal örneğinin ağır metal içeriğı.....	39
4.1.1.3. Paçal atık materyalin parçacık büyüklüğü dağılımı.....	40
4.1.2. Atık göletinde atık materyal örneklemeesinin pH ve EC analiz sonuçları ve değerlendirilmesi.....	40
4.2. Yüzey Toprağı Örneklemeesi Analiz Sonuçları ve Tartışması.....	46

4.2.1. Tarımsal alan yönünde toplanan yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinin analiz sonuçları ve tartışması.....	46
4.2.1.1. pH ve EC.....	47
4.2.1.2. Kükürt ( $\text{SO}_4^{-2}\text{-S}$ ).....	49
4.2.1.3. DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller.....	50
4.2.1.3.1. Fe.....	50
4.2.1.3.2. Al.....	52
4.2.1.3.3. Ni.....	54
4.2.1.3.4. Mn.....	55
4.2.1.3.5. Cu.....	57
4.2.1.3.6. Zn.....	59
4.2.1.3.7. Pb.....	61
4.2.1.3.8. Cd.....	63
4.2.1.3.9. Cr.....	65
4.2.1.3.10. Co.....	67
4.2.1.4. Kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metaller.....	68
4.2.1.4.1. Fe.....	68
4.2.1.4.2. Al.....	69
4.2.1.4.3. Ni.....	71
4.2.1.4.4. Mn.....	72
4.2.1.4.5. Cu.....	74
4.2.1.4.6. Zn.....	75

4.2.1.4.7. Pb.....	77
4.2.1.4.8. Cd.....	79
4.2.1.4.9. Cr.....	80
4.2.1.4.10. Co.....	82
4.2.2. İlçe merkezi yönünde toplanan yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinin analiz sonuçları ve tartışması.....	83
4.2.2.1. pH ve EC.....	83
4.2.2.2. Kükürt (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> -S).....	85
4.2.2.3. DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller.....	87
4.2.2.3.1. Fe.....	87
4.2.2.3.2. Al.....	89
4.2.2.3.3. Ni.....	90
4.2.2.3.4. Mn.....	91
4.2.2.3.5. Cu.....	93
4.2.2.3.6. Zn.....	94
4.2.2.3.7. Pb.....	95
4.2.2.3.8. Cd.....	97
4.2.2.3.9. Cr.....	98
4.2.2.3.10. Co.....	99
4.2.2.4. Kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metaller.....	101
4.2.2.4.1. Fe.....	101
4.2.2.4.2. Al.....	102

4.2.2.4.3. Ni.....	103
4.2.2.4.4. Mn.....	104
4.2.2.4.5. Cu.....	105
4.2.2.4.6. Zn.....	106
4.2.2.4.7. Pb.....	107
4.2.2.4.8. Cd.....	108
4.2.2.4.9. Cr.....	109
4.2.2.4.10. Co.....	110
4.3.Yaprak Yıkama Çözeltilerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması.....	112
4.3.1. Tarımsal alan yönünde toplanan yaprak örneklerinin yıkama çözeltisi ile muamelesi sonucu elde edilen süzüklerin analizi sonuçları ve tartışması.....	112
4.3.1.1. Kükürt (S).....	112
4.3.1.2. Ağır Metaller.....	114
4.3.1.2.1. Fe.....	114
4.3.1.2.2. Al.....	116
4.3.1.2.3. Ni.....	117
4.3.1.2.4. Mn.....	119
4.3.1.2.5. Zn.....	120
4.3.1.2.6. Pb.....	122
4.3.1.2.7. Cd.....	123
4.3.1.2.8. Cr.....	125
4.3.1.2.9. Co.....	126

4.3.2. İlçe merkezi yönünde toplanan yaprak örneklerinin yıkama çözültüsü ile muamelesi sonucu elde edilen süzüklerin analizi sonuçları ve tartışması.....	128
4.3.2.1. Kükürt (S).....	128
4.3.2.2. Ağır Metaller.....	130
4.3.2.2.1. Fe.....	130
4.3.2.2.2. Al.....	131
4.3.2.2.3. Ni.....	133
4.3.2.2.4. Mn.....	134
4.3.2.2.5. Zn.....	136
4.3.2.2.6. Pb.....	137
4.3.2.2.7. Cd.....	139
4.3.2.2.8. Cr.....	140
4.3.2.2.9. Co.....	142
4.4. Kuyu Suları Analiz Sonuçları ve Tartışması.....	143
4.4.1. Kuyu suyu örneklerinde pH, EC ve elementel S analizleri.....	143
4.4.2. Kuyu suyu örneklerinde ağır metal analizleri.....	145
5. SONUÇ.....	147
6. KAYNAKLAR.....	155
ÖZGEÇMİŞ	

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

N: Azot

P: Fosfor

K: Potasyum

Ca: Kalsiyum

Mg: Magnezyum

Fe: Demir

Zn: Çinko

Mn: Mangan

Ni: Nikel

Cr: Krom

Pb: Kurşun

Cd: Kadmiyum

Cu: Bakır

Co: Kobalt

Al: Aluminyum

Na: Sodyum

CaCO<sub>3</sub>: Kalsiyum karbonat

NaCl: Sodyum klorür

NH<sub>4</sub>: Amonyum

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S: Sülfat

HCl: Hidroklorik asit



%: Yüzde

g: Gram

mg: Miligram

kg: Kilogram

mg/kg: Miligram / Kilogram

me 100 g<sup>-1</sup>: Miliekivalent/100 gram

ppm: Part per million (milyonda bir kısım)

cm: Santimetre

m: Metre

da: Dekar

dS: Desi siemens

### **Kısaltmalar**

FA: Flotasyon Atığı

TA: Tarımsal Alan

İM: İlçe Merkezi

DTPA: Dietlientriamin pentaasetik asit

KKFFA: Keçiborlu Kükürt Fabrikası Flotasyon Atığı

KKFFAG: Keçiborlu Kükürt Fabrikası Flotasyon Atık Göleti

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Atmosfer, Biyosfer, Antrosfer, Geosfer ve Hidrosfer arasında gerçekleşen madde döngüsü.....	2
Şekil 1.2. Atmosfer, Hidrosfer, Jeosfer, Biyosfer ortamlarının birbirleri ile olan yakın ilişkileri Antrosfer merkezli gösterimi.....	3
Şekil 3.1. Keçiörlu ilçesinin coğrafi konumunu gösteren uydu görüntüsü.....	19
Şekil 3.2. Keçiörlu ve çevresini gösteren uydu görüntüsü.....	20
Şekil 3.3. Keçiörlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti (KKFFAG).....	21
Şekil 3.4. Keçiörlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti (KKFFAG) siyah renkli, tarımsal alan (TA) yeşil renkli ve ilçe merkezi (İM) turuncu renkli çizgilerle gösterilmiştir.....	22
Şekil 3.5. Keçiörlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti (KKFFAG) siyah renk ile, tarımsal alan (TA) yeşil renk ile ve ilçe merkezi (İM) turuncu renk ile gösterilmiştir.....	23
Şekil 3.6. Keçiörlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinden solda tarımsal alan (TA) sağda ise ilçe merkezi (İM) 'nin görünümü.....	23
Şekil 3.7. Flotasyon işleminin akış şeması ve flotasyon atığının oluşumu.....	25

Şekil 3.8. Keçiborlu kükürt fabrikası atık göletindeki atık havuzlarının gösterimi.....	28
Şekil 3.9. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinde bulunan A, B, C ve D atık havuzlarının genel görünüşleri.....	29
Şekil 3.10. Yüzey toprağı ve yaprak örneklerinin toplanmasında izlenen örnekleme planı.....	31
Şekil 3.11. Yaprak örneklerinin toplanması.....	33
Şekil 4.1. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinin en büyük atık havuzlarından biri olan A havuzunda bulunan atık materyalin derinliğe bağlı olarak gösterdiği fiziksel değışim.....	42
Şekil 4.2. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinin en büyük atık havuzu olan B havuzunda bulunan atık materyalin derinliğe bağlı olarak gösterdiği fiziksel değışim.....	44

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. 1976–2000 yıllarında mineral üretimi için kullanılan alanlar ve maden üretimi.....	5
Çizelge 1.2. Dünyada madencilik faaliyetleri sonucu her yıl nehirlere, denizlere taşınan tahmini metal miktarları.....	6
Çizelge 2.1. Bazı ağır metallerin ortalama konsantrasyonları.....	15
Çizelge 2.2. Topraklarda bulunan bazı ağır metallerin kritik miktarları.....	15
Çizelge 3.1. Örnekleme alanının iklimsel özellikleri.....	24
Çizelge 3.2. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığının birtakım kimyasal özellikleri.....	26
Çizelge 4.1. Atık materyale ilişkin pH, EC, KDK ve $SO_4^{2-}$ -S sonuçları.....	38
Çizelge 4.2. Paçal atık materyal örneğinin DTPA ile ekstrakte edilebilir ve kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metal içeriği.....	39
Çizelge 4.3. Keçiborlu kükürt fabrikası atığının (KKFFA) parçacık büyüklük dağılımı.....	40
Çizelge 4.4. A havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analizi sonuçları.....	41

Çizelge 4.5. B havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4.6. C havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4.7. D havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analiz sonuçları.....	46
Çizelge 4.8. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen pH ve EC değerleri.....	47
Çizelge 4.9. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> -S konsantrasyonları.....	49
Çizelge 4.10. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonları.....	51
Çizelge 4.11. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonları.....	53
Çizelge 4.12. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonları.....	54

Çizelge 4.13. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonları.....	56
Çizelge 4.14. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları.....	58
Çizelge 4.15. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonları.....	60
Çizelge 4.16. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonları.....	62
Çizelge 4.17. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonları.....	63
Çizelge 4.18. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonları.....	66
Çizelge 4.19. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonları.....	67

Çizelge 4.20. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Fe konsantrasyonları.....	68
Çizelge 4.21. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Al konsantrasyonları.....	70
Çizelge 4.22. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Ni konsantrasyonları.....	71
Çizelge 4.23. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Mn konsantrasyonları.....	73
Çizelge 4.24. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cu konsantrasyonları.....	74
Çizelge 4.25. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Zn konsantrasyonları.....	76
Çizelge 4.26. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Pb konsantrasyonları.....	78
Çizelge 4.27. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cd konsantrasyonları.....	79

Çizelge 4.28. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cr konsantrasyonları.....	81
Çizelge 4.29. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Co konsantrasyonları.....	82
Çizelge 4.30. İlçe merkezi yönünde alınan örneklerin pH ve EC analizi.....	84
Çizelge 4.31. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> -S konsantrasyonları.....	86
Çizelge 4.32. İlçe Merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonları.....	88
Çizelge 4.33. İlçe Merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonları.....	89
Çizelge 4.34. İlçe Merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonları.....	90
Çizelge 4.35. İlçe Merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonları.....	92



Çizelge 4.36. İlçe Merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları.....	93
Çizelge 4.37. İlçe Merkezi Yüzey Toprağı Örneklerinde Örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları.....	94
Çizelge 4.38. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonları.....	96
Çizelge 4.39. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonları.....	97
Çizelge 4.40. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonları.....	98
Çizelge 4.41. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonları.....	100

Çizelge 4.42. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Fe konsantrasyonları.....	101
Çizelge 4.43. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Al konsantrasyonları.....	102
Çizelge 4.44. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Ni konsantrasyonları.....	103
Çizelge 4.45. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Mn konsantrasyonları.....	104
Çizelge 4.46. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cu konsantrasyonları.....	106
Çizelge 4.47. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Zn konsantrasyonları.....	107
Çizelge 4.48. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Pb konsantrasyonları.....	108
Çizelge 4.49. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cd konsantrasyonları.....	109

Çizelge 4.50. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cr konsantrasyonları.....	110
Çizelge 4.51. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Co konsantrasyonları.....	111
Çizelge 4.52. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen S konsantrasyonları.....	113
Çizelge 4.53. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen Fe konsantrasyonları.....	115
Çizelge 4.54. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen Al konsantrasyonları.....	116
Çizelge 4.55. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen Ni konsantrasyonları.....	118
Çizelge 4.56. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen Mn konsantrasyonları.....	119
Çizelge 4.57. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen Zn konsantrasyonları.....	121

Çizelge 4.58. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Pb konsantrasyonları.....	122
Çizelge 4.59. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Cd konsantrasyonları.....	124
Çizelge 4.60. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Cr konsantrasyonları.....	125
Çizelge 4.61. Tarımsal alan yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Co konsantrasyonları.....	127
Çizelge 4.62. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen elementel S konsantrasyonları.....	129
Çizelge 4.63. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Fe konsantrasyonları.....	130
Çizelge 4.64. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Al konsantrasyonları.....	132
Çizelge 4.65. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Ni konsantrasyonları.....	133

Çizelge 4.66. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Mn konsantrasyonları.....	135
Çizelge 4.67. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Zn konsantrasyonları.....	136
Çizelge 4.68. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Pb konsantrasyonları.....	138
Çizelge 4.69. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Cd konsantrasyonları.....	139
Çizelge 4.70. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Cr konsantrasyonları.....	141
Çizelge 4.71. İlçe merkezi yaprak örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen Co konsantrasyonları.....	142
Çizelge 4.72. Kuyu suyu örneklerinin pH, EC ve elementel S analiz sonuçları.....	144
Çizelge 4.73. Kuyu suyu örneklerinin belirlenen ağır metal konsantrasyonları.....	145

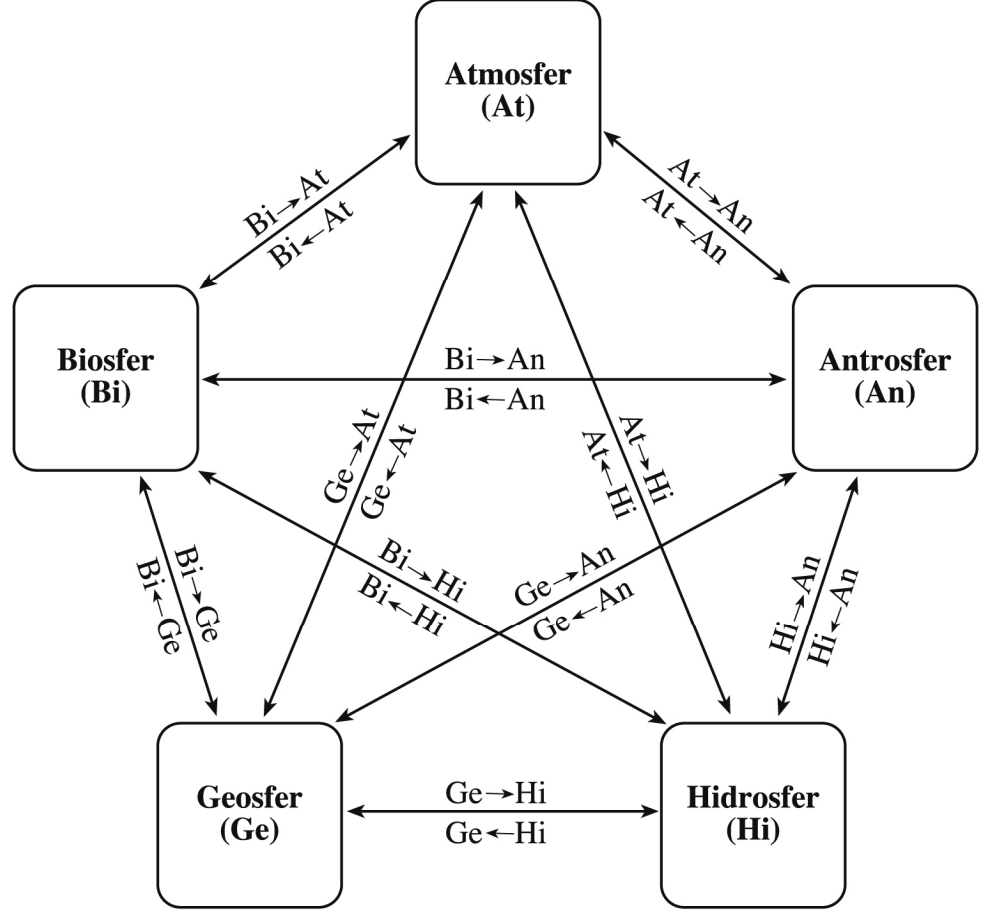
## 1. GİRİŞ

Doğada büyük, küçük hiçbir canlı tek başına bulunmaz. Diğer hiçbir canlının bulunmadığı, belli fiziksel-kimyasal koşulların karşılanmadığı bir ortamda var olamaz. Canlının bulunduğu yerdeki fiziksel-kimyasal koşullar ve diğer canlılar o canlının çevresini oluşturur. Ekolojik anlamda çevre sözcüğü, bireyle ilişkili canlı cansız her şeyi kapsar. Böylelikle, her organizmanın çevresi canlı ve cansız olmak üzere, iki kısımdan oluşur. Organizmayla aynı fiziksel alanı paylaşan ve organizmayı doğrudan doğruya ya da dolaylı olarak etkileyen tüm türler, canlı çevreyi oluşturur. Örneğin, gölde yaşayan bir balığın canlı çevresi yalnız diğer balıklardan oluşmaz. Göldeki çeşitli bitki türleri, küçük büyük hayvan türleri, mikroorganizmalar ve de o gölde avlanan balıkçı, hep o balığın canlı çevresi kapsamına girer. Organizmanın cansız çevresi, genel anlamda kara, su gibi canlının içinde ya da yüzeyinde yaşadığı somut (maddesel) bir ortamdan oluşur. Bunun dışında hava koşulları, toprak ve suyun fiziksel-kimyasal özellikleri, gün ışığının mevsimsel değişimi, hep cansız çevreyi oluşturan koşullar arasındadır (Berkes 2001).

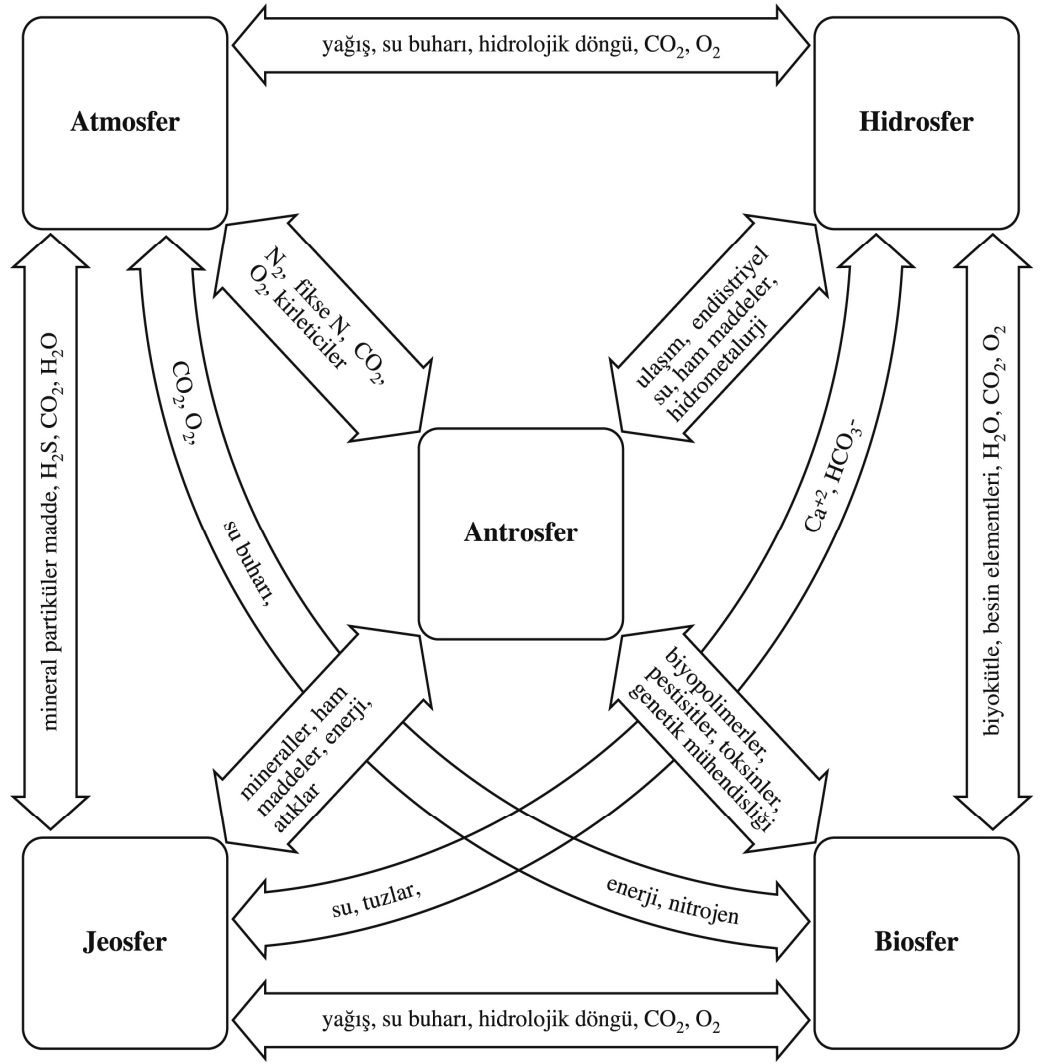
Birbirlerine ayrılmaz bir şekilde bağlı ve biri diğerine sürekli tesir eden toprak, hava, su yaşadığımız çevreyi meydana getirir. Evrenin bir parçasının herhangi bir sebeple bozulması diğer parçalarını da aynı şekilde etkiler (Karpuzcu 2004).

Bir ortamda yaşayan canlı organizmalar (biyotik) ve onların içinde bulunduğu cansız çevre (abiyotik) , birbirlerinden ayrılmayacak derecede kaynaşmıştır ve etkileşim içindedir. Çeşitli canlı türlerinin yaşadığı belirli bir alandaki canlılar (biyotik komünite), hem birbirleriyle hem de kendilerini kuşatan fiziksel çevre ile etkileşim halindedir. Bu alandaki enerji akışı sayesinde, sistem içinde belirli bir biyotik yapı oluşur; sistemin canlı ve cansız bileşenleri arasında düzenli bir madde döngüsü sağlanır (Şekil 1.1), (Şekil 1.2). İşte, canlı ve cansız parçaları kapsayan böyle bir birime ekolojik sistem veya ekosistem denir. Ekosistem, sadece bir coğrafi birim (veya ekobölge) değil aynı zamanda belirli girdileri ve çıktıları bulunan, sınırları doğal ya da isteğe bağlı olarak belirlenebilen, işlevsel bir sistem birimidir. Dünyadaki tüm ekosistemlerin toplamı

anlamına gelen biosfer (ekosfer) (canlı küre) ise yerküre'deki tüm canlıların yaşadığı ve etkileşim içinde bulunduğu fiziksel çevre olarak tanımlanır (Odum ve Baret 2008).



Şekil 1.1. Atmosfer, Biyosfer, Antrosfer, Geosfer ve Hidrosfer arasında gerçekleşen madde döngüsü (Manahan 2005)



Şekil 1.2. Atmosfer, Hidrosfer, Jeosfer, Biosfer ortamlarının birbirleri ile olan yakın ilişkileri Antrosfer merkezli gösterimi (Manahan 2005)

Dünyadaki ekosistemler hassas dengeler şeklinde olduğundan, çevresel sorunların etkisiyle meydana gelen olumsuzluklardan tüm canlılarla beraber insan da etkilenmektedir. Bu nedenle büyük boyutlara ulaşan çevre sorunları, insanın sağlığını ve geleceğini etkilemektedir. Canlı doğal kaynaklarımızdan olan bitki, hayvan ve mikroorganizmaların devamlılığı, temiz hava, toprak ve suyun varlığına bağlıdır (Akın 2007).



Çevre kirliliği veya kirlenmesi şu şekilde tanımlanmaktadır; Bütün canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin (kirleticiler); hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır. “Çevre kirliliği, ekosistemlerde doğal dengeyi bozan ve insanlardan kaynaklanan ekolojik zararlardır” şeklinde de tanımlanabilir (Çepel 2003).

İnsanlar tarihi devirler boyunca madenleri işleyerek yaşamlarını kolaylaştırmaya çalışmışlardır. Sanayi devrimiyle birlikte daha büyük ölçekli maden çıkarma ve işletme faaliyetleri gerçekleşmiştir. Ancak bu faaliyetlerin çevre ve insan üzerindeki etkileri de dramatik olmuştur. Ülkemizde de madencilik faaliyetlerine bağlı olarak ciddi çevre sorunları yaşanmaktadır. Çevre kirliliği son yıllarda Dünya'nın ve Türkiye'nin en önemli sorunlarından birisidir. İnsan sağlığını etkileyen ve hatta giderek tehdit eden çevre kirlenmesinin çeşitli nedenleri vardır. Bu nedenlerden biri de madencilik faaliyetleridir. Endüstriyel gelişme ile birlikte ortaya çıkan çevre kirliliği, ülkemizde son yıllarda önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu gelişmenin gereği olarak kurulan fabrika sayılarının giderek artması ve yanlış yer seçimi yapılarak kurulmuş olmaları bu tesislerin çevresindeki insan, hayvan ve bitki yaşamında ciddi sorunlara neden olmaktadır (Yıldırım ve Kılıç 2005).

Ekonominin önemli sektörlerinden biri olan madencilik, ulusların sosyo-ekonomik kalkınmaları için gerekli olan enerji ve sanayinin temel hammaddelerini sağlayan tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Madenler, ülkelerin doğal kaynaklarından biri olup, giderek artan talepleri karşılamak yüzünden de işletilmeleri kaçınılmazdır. Ancak kullanılmakta olan maden çıkarma metotlarına bakılmaksızın, her türlü maden işletmeleri yoğun olarak arazi bozulmalarına ve doğal çevrenin tahribine sebep olmaktadır. Madencilik işletmeleriyle doğal kaynaklar olan madenler ve mineraller insan refahı için bir taraftan ekonomiye kazandırılırken, diğer taraftan ekolojik çevreye verilen büyük tahribat ve zararları çoğu zaman gözardı edilmektedir. Faaliyetlerin yapıldığı alanlarda ve özellikle açık işletme yöntemi ile çalışılan sahalarda, çalışmalar

bittikten sonra topografya, jeolojik yapı, röllyef, su rejimi, iklim ve peyzaj tamamen değişmekte ve bitki örtüsünün de tahrip olmasına neden olmaktadır. Madencilik faaliyetleri sonucu iki tür çevre bozulması söz konusudur:

1- Doğrudan Bozulma: Maden ocakları çalışma sahalarındaki örtü ve atık yığınları ile madencilik binalarının inşa edildiği diğer alanlardaki toprak ve bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu meydana gelir.

2- Dolaylı Bozulma: Eski maden hafriyat yerleri, örtü ve atık yığınları, maden binaları ile mineral zenginleştirme tesislerinin bulunduğu yerlerde toprak yapısı, su ilişkileri, kimyasal özellikler, toprak ve bitki örtüsü, yerel iklim, insan ve hayvan sağlığının değişime uğraması gibi olaylar görülebilir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı 2004).

Dünya’da madencilikten dolayı tahrip edilmiş alanların genişliği hakkında yeterli bilgi mevcut değildir. Petrol ve doğal gaz aramalarından kaynaklananlar hariç taş, kum, kil, bitümlü kömür, demir cevheri, bakır, uranyum, fosfat vb. madencilik faaliyetleri sonucunda tahrip edilen alanların büyüklüğünün 1976 yılında 570.627 hektar olduğu, 2000 yılında da 1.177.677 hektara ulaşacağı tahmin edilmiştir (Türköz 1995). Mineral üretimi için kullanılan alanlar ve maden üretimi Çizelge 1.1’de, madencilikten kaynaklanan atıkların hidrosfere taşınım miktarları Çizelge 1.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 1.1. 1976–2000 yıllarında mineral üretimi için kullanılan alanlar ve maden üretimi (Türköz 1995)

Yıllar	Kullanılan alan (ha)	Çıkarılan mineral (milyar ton)
1976	570.627	18.9
1985	766.097	24.3
2000	1.177.677	39.2

Çizelge 1.2. Dünyada madencilik faaliyetleri sonucu her yıl nehirlere, denizlere taşınan tahmini metal miktarları (Türköz 1995)

Metal	Madencilik faaliyetleri sonucunda oluşanlar (ton)
Demir	319.000.000
Manganez	1.600.000
Bakır	4.460.000
Çinko	3.930.000
Nikel	358.000
Kurşun	2.330.000
Molibden	57.000
Gümüş	7.000
Civa	7.000
Kalay	166.000
Antimon	40.000
Toplam	331.955.000

1976-2000 yılları arasında madencilik faaliyetleri sonucunda tahrip edilmiş olan alanın büyüklüğü yaklaşık 94.000 mil kareye eşit olmuştur. Bu miktar dünya yüzeyinin % 0.2'sine yakın bir değerdir ve bir ölçüde ihmal edilebilir; ancak, madencilik, su ve hava kirlenmesine, doğal yaşam alanlarının tahribine neden olabilmektedir. Cevher içeren veya atıklardan oluşan maddeler, asit oluşumuna yardımcı olan maddeleri ve ağır metalleri içerebilmekte ve bunlar sular ya da rüzgârlarla maden ocaklarından uzaklara taşınabilmektedir (Boşgelmez vd 2000).

Maden cevherlerinden değerli minerallerin ekstrakte edilmesi amacıyla yapılan işlemler sonucu ortaya çıkan işleme atıkları (tailings) madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan en önemli çevre sorunu ve kirlilik kaynağıdır (Vick 1990). Madencilik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan bu atıkların miktarları 1960'larda günlük 10.000

tonlarla ifade edilirken 2000 yıllara gelindiğinde bu miktarın 100.000 tonlarla ifade edildiği görülmektedir (Jakubick, McKenna vd 2003). Toksik kimyasallar ile karakterize edilen bu atıklar rüzgar ve su gibi taşıyıcıların yardımıyla buldukları yerlerden çevreye yayılmakta; doğanın canlı ve cansız öğeleri üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaktadırlar.

Bu çalışma ile Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletindeki atık materyalin; (KKFFA) mevcut durumu, çeşitli kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra atık materyalin (KKFFA) rüzgâr ve su erozyonu yoluyla çevreye yayılımı, bu yayılımın uzaklığa bağlı olarak değişimi, vejetasyon üzerindeki potansiyel etkisi incelenmiştir. Atık göletine infiltre olan yağmur sularının yeraltı sularına sızması ile bölgedeki kuyu ve sondaj sularında görülebilecek etkileri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışma sonuçları ile atmosfer koşullarına terk edilmiş olan bu toksik atığın Keçiborlu ilçesinde neden olduğu mevcut çevre kirliliği çeşitli yönleriyle ortaya konulmuştur. Çalışmanın, izlenilen yol ve kullanılan yöntemler açısından benzeri çalışmalara örnek olacağına inanılmaktadır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Çevre Sorunları ve Çevre Kirliliği

1960'lı yıllardan bu yana çevremizde ortaya çıkan ve tüm canlıları yakından ilgilendiren bazı olgular belirlenmiştir. Eğer hızlı nüfus artışı ile birlikte üretim, tüketim ve çevre kirlenmesi, 20. yüzyıldaki hızı ile devam ederse canlılar için eşsiz bir hazine olan dünyamızda yaşam koşullarının istenen düzeyde devamı sağlanamayacak, belki de tümüyle ortadan kalkacaktır.

Çevreyle ilgili sorunların boyutları gözle görülüp hissedilmeye başlayınca insanoğlu da harekete geçmeye mecbur kalmıştır. Bazı önlemlerin alınabilmesi amacıyla konferanslar düzenlenmiş, bazı antlaşmalar imzalanmıştır. Örneğin, 1972 yılında Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen Stockholm Toplantısı, Nairobi'de 1977 yılında yapılan Dünya Çölleşme Konferansı, Avrupa'nın biyolojik zenginliklerini, doğal habitatlarını korumak için 1979 yılında imzalanan Berne Antlaşması, 1992 yılında tüm çevre sorunlarını irdelemek üzere Rio de Janeiro kentinde düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı, 1994 yılında Bahama'da düzenlenen Biyolojik Çeşitliliği Koruma Konferansı, yine aynı yıl gerçekleştirilen Dünya Nüfus Konferansı bu faaliyetlerden bazılarını oluşturmuştur. Ülkemizde Haziran 1996'da yapılmış olan Habitat II toplantısı'nda şehirleşme, yerleşim planlanması, insan ve çevre sorunları üzerinde durulmuştur.

Dünya ekonomisi 1950'li yıllardan itibaren 5 kat artmış, dünya nüfusu 2.6 milyardan yaklaşık 6 milyara yükselmiştir. Bu iki faktör de dünyanın taşıma kapasitesini zorlar hale gelmiştir. Kızılderili reisinin 100 sene evvel söylemiş olduğu "Beyaz insan, kendi çöplüğünde boğulacaksınız!" sözü maalesef gerçekleşmiştir. Küresel çevre sorunlarını belirli bir şekilde çözümlenmek amacıyla imzalanmış olan ve

bizim de taraf olduğumuz 27 prensibi öngören Rio Beyannamesi'nin 1. maddesinde: "İnsanlar sürdürülebilir kalkınmanın merkezindedir ve doğada uyum içinde sağlıklı ve üretken bir hayat sürdürme hakkına sahiptir" denilmektedir. Burada sürdürülebilir kalkınma ifadesi üzerinde durmamız gerekebilir. Herhangi bir önlem alınmadan üretim ve tüketimin alabildiğince sürdürülmesi, gelecek için doğal zenginliklerin şimdiden tüketilmesi gibi çok ciddi sorunları da gündeme getirecektir. Bunun için sürdürülebilir yaşam ve kalkınma ifadesinin benimsenmesi daha gerçekçi olacaktır. Dünyanın her yerinde insanoğlu aşırı tüketimden kaçınmak mecburiyetindedir. Barış, kalkınma ve çevrenin korunması ayrılmaz bir biçimde birbirine bağlıdır. Bize sonsuz imkânlar sağlayan doğa ile barışmanın tek yolu onu korumak ve paylaşmaktır.

Günümüzde ortaya çıkan bazı çevre sorunları üzerinde durmamız gerekmektedir. Bunlar sırasıyla:

1. Hızlı nüfus artışı, plansız ve denetimsiz kentleşme, altyapı sorunlarıdır. Dünyadaki hızlı nüfus artışı beraberinde çevre sorunlarını katlamalı bir şekilde gündeme getirmekte ve süratle doğal zenginlikleri yok etmektedir. İleriki yıllarda insanoğlu gereken özeni göstermediği ve tedbirleri almadığı takdirde kendisi için hayati önemi olan su, hava, toprak gibi ana unsurları bulmakta zorlanacaktır. Birleşmiş Milletler Nüfus Dairesi Nüfus Tahmin Raporlarına göre (1992), 1950–2150 yılları arasında kalkınmış ülkeler, Latin Amerika ülkeleri, Çin, Hindistan, diğer Asya ülkeleri, Afrika ülkelerinin nüfus projeksiyonları düzenlenmiştir. Buna göre 1950 yılında 2.6 milyar olan dünya nüfusu 2000 yılında 6 milyar, 2100'de 10 milyar, 2150 yılında 11 milyarı aşabilecektir.

2. Şehirleşme, ısınma, trafik ve sanayiden kaynaklanan hava kirliliği

3. Karbon dioksit gazının artışına paralel olarak ortaya çıkan sera etkisi ve dünya iklimindeki değişimler

4. Ultraviyole ışınlarını süzen ozon tabakasının Kuzey ve Güney Yarıküre'sinde incelenmesi ve bu ışınların yoğun şekilde yeryüzüne ulaşması ile çeşitli hastalıkların ortaya çıkması

5. Sanayi, kentleşme ve trafikten kaynaklanan çeşitli gazların atmosfere ulaşması ve asit yağmurlarının ortaya çıkması ile toprak ve su ekosistemlerinde asitleşme, ormanların tahribi, biyotanın yok oluşu, tarihi eserlerin zarar görmesi
6. Tarım-orman zararlıları ve çeşitli vektörlere karşı yağılan mücadele çalışmalarında kullanılan pestisidlerle verimli toprakların kirletilmesi, direnç sorunu
7. Verim artışını sağlayabilmek için toprağın gereğinden fazla gübrenmesi
8. Değişik amaçlarla ormanlık alanların ve yeşil alanların tahrip edilmesi, çölleşme ve erozyon
9. Tropik yağmur ormanları ile diğer ormanların bilinçsizce ve hızla yok edilmesi, buralardaki biyolojik zenginliklerin tümden ortadan kalkması
10. Toprak, su ve havadaki toksik atıklar nedeniyle doğal yaşamın yok olması
11. Civa, kadmiyum, kurşun vb. ağır metallere kaynaklanan çevre kirliliği ve bunlara bağlı olarak canlılarda ortaya çıkan hastalıklar
12. Nükleer denemeler, nükleer santraller, nükleer enerji ile çalışan denizaltılardan kaynaklanan nükleer kirlilik
13. Akarsu, göl ve denizlerdeki organik ve anorganik kirlilik
14. Son yıllarda denizlerdeki petrol kirliliği ve kıyı şeritlerinde betonlaşma ile beraber ortaya çıkan kirlilik
15. Tatlı su kaynaklarının istenen düzeyde kullanıma sokulamaması
16. Kentleşmeden, sanayiden ve nükleer çalışmalardan kaynaklanan çöp sorunlarının yeterince çözülememesidir (Boşgelmez vd 2000).

## 2.2. Madencilik Atıklarının Neden Olduğu Toprak ve Su Kirliliği

Madencilik faaliyetleri sonucunda büyük miktarlarda atık meydana gelmekte ve bu atıklar toprak yüzeyinde depolanmaktadır. Depolandıkları yüzeyi tahrip eden bu atıklar stabil (durağan) olmamaları nedeniyle bir kirlilik kaynağına dönüşmektedirler. Bu kirlilik kaynağı; işlenen tarım arazilerinin, çayır-meraların ve ormanların kaybı gibi doğrudan etkiler yanında hava ve su kirlenmesi gibi dolaylı etkilerle karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak; biyolojik çeşitlilikte azalma ve ekonomide kayıp meydana gelmektedir (Wong 2003).

Madencilik atıkları; işlenmiş maden cevherinden geriye kalan ve çeşitli ağır metaller içeren kayaların fiziksel parçalanmanın etkisiyle siltli-kum benzeri bir materyale (toz-partiküller) dönüşmesiyle meydana gelmektedir. Bu toz partiküller depolandıkları yerde atmosferin etkisine açık olduklarından (stabil olmadıklarından) rüzgar yoluyla atmosferde asılı kalabilmekte ve/veya çevreye dağılabilmektedirler (Moreno 2007).

Bu tip madencilik atıklarının neden olduğu kirlilik 3 grupta toplanmaktadır. Bunlar:

- a) Metal kirliliği ve sızıntısından kaynaklanan kirlilik
- b) İşlem sırasında kullanılan kimyasallardan kaynaklanan kirlilik
- c) Erozyon ve sedimantasyon yoluyla oluşun kirlilik (Nehdi vd 2007)

Madencilik faaliyetleri göreceli olarak küçük alanları etkilemektedir. Ancak bu küçük alanlarda çevreye önemli yerel etkilerde bulunmaktadır. Atık göletlerinden asidik maden drenajı ve depolanmış atıkların erozyonu yoluyla metal salınımı meydana gelmektedir (Salomons 2000).



Güneydoğu İspanya'nın Rodalquilar bölgesinde bulunan altın madeninin 40 yıl işletilmesinden arta kalmış, altın cevherinin fiziksel olarak parçalanması ile ortaya çıkan ve cevherin işlenmesinde kullanılan toksik kimyasalları (siyanür ve çinko) içeren toz - partikül formundaki atıkların yerel yüzey sularını kirletmesinin yanında; kuru ve rüzgarlı ikliminde etkisiyle rüzgar erozyonu ile çevreye yayılarak noktasal bir kirlilik kaynağı oluşturduğu tespit edilmiştir (Moreno 2006).

Krom, nikel, bakır, mangan, civa, kadmiyum, kurşun gibi metaller ile arsenik, antimon ve selenyum gibi yarı metallerin doğal çevredeki durumları büyük bir ilgi ve endişe uyandırmaktadır. Bu endişe özellikle eski madencilik alanlarında ve madencilik atıklarının bırakıldığı alanlarda olduğu kadar kentsel alanlarda ve endüstri bölgelerinde de duyulmaktadır. Bu bölgelerde bulunan; toprak, sediment, su ve organik materyallerde bahsi geçen elementlerden alışlagelmiş değerlerin üzerinde bulunabilmektedir. Bu durum; madencilik ve/veya endüstriyel faaliyete bağlı olarak bu alanlarda bahsi geçen elementlerin alınabilir formlarının oluşmasına bağlanmaktadır (David ve Joel 1995).

### **2.3. Topraklarda Ağır Metal Kirliliği**

Toprak, genel olarak organik madde ve kayaların çeşitli ayrışma ürünlerinden oluşan ve içerisinde hava, su ve pek çok canlılar alemini de barındıran bir maddedir (Ergene 1993).

Canlı türlerinin büyük bir bölümünün yaşam ortamı olan toprak, çevre ve insan açısından önemli özellikler taşımaktadır. Toprak, yerküre çevre-dizgesinin (ekosistem) her parçasında yer almaktadır. Toprak canlıların besin kaynağını oluşturan ortam olarak kendisi doğal bir kaynaktır. Bir başka deyişle, canlı doğal kaynakların varlığını sürdürebilmesi için hava ve su ile birlikte vazgeçilmez, cansız doğal bir kaynaktır.

Toprak, su kaynaklarının gizilgücünü koruma, flora ve faunayı barındırma, çevrebilimsel dengenin sağlanması açısından temel çevre ögesidir. İnsan açısından toprağın önemi, toprağın ekonomik ve toplumsal işlevinden kaynaklanmaktadır. Toprak bir üretim faktörü olarak tarım ve sanayi için yadsınamaz bir değere sahiptir. Bunun yanı sıra, toprağın mekânsal yerleşime olanak vermesi, yerleşim sorunlarının temel nesnesini de toprak yapmıştır. Görülüyor ki toprak, insanın tarım, sanayi ve yerleşme amaçlarına uygun olarak işlevler yüklenmekte, kendi özelliklerine göre olmaktan çok bu işlevler doğrultusunda kullanılmaktadır. Hızla artan nüfus, bu nüfusun gereksinimlerini karşılama, toprağa verilen yükü nicel ve nitel olarak artırmıştır. İnsan ve çevre ilişkilerinin nüfus artışıyla zorlanması ve giderek insanın çevreye müdahalesinin artması toprak kirliliğinin de temelini oluşturmuştur. Toprak kirliliği, genel bir tanımla, insan etkinlikleri sonucunda toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısının bozulmasıdır. Toprak kirliliği toprakta yanlış tarım teknikleri, yanlış ve fazla gübre ile tarımsal mücadele ilaçları kullanma, atık ve artıkları, zehirli ve tehlikeli maddeleri toprağa bırakma sonucunda ortaya çıkmaktadır (Keleş ve Hamamcı 2005).

İnsanların yanlış uygulamalarının bir sonucu olarak toprak ekosisteminin fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengesi bozulmaktadır. Toprak kirlenmesi denilen bu olayın erozyon, tarımsal kirleticiler, endüstriyel kirlenme, tarım alanlarının amaç dışı kullanımı, katı atıklar, gibi birçok nedenleri vardır (Haktanır 1987, Jack 2001).

En yaygın kirlilik kaynakları 4 grup altında toplanır; 1. Tarımsal kirleticiler, 2. Endüstriyel kirleticiler, 3. Belediyeye ait kirleticiler, 4. Nükleer kirleticiler (Alloway 1995). Toprağa ilave olan kirleticiler veya kirleticiler görünümünde olan maddeler ise toprak kirliliğine sebep olmaktadır. Bu çevresel kirleticiler toprağın flora ve faunasını etkileyen kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerdir. Bu kirlilik kaynakları kirleticiler unsurların oluşumu, birikimi ve taşınması açısından başta toprağın kirlenmesine ve buna bağlı olarak ağır metal kirliliğine, yer altı suyu kirliliğine, sediment kirliliğine, akarsu, nehir göl kirliliğine ve sonuçta deniz kirliliğine sebep olurlar (Jack 2001).

Günümüzde çevre kirliliğine neden olan kirleticiler arasında şüphesiz ki ağır metal kirliliği önemli bir yer teşkil etmektedir. Ağır metallerin en önemli kaynağını endüstri oluşturmaktadır. Endüstriyel atıklardaki ağır metaller inorganik ve organik bileşikler halinde bulunabilmektedir. Bunların çözünürlüğü ve küçük partiküller halinde atmosfere karışma ihtimalleri daha yüksektir. Ağır metaller ve iz elementler, sular ve topraklar için de önemli kirletici maddelerdir. Atmosfer kirliliği endüstrileşme, baca gazları, sanayi ve evsel atıklar, binlerce ton kentsel atığın yakılarak yok edilmesi vb. yollarla artmaktadır. Atmosfer kirliliğinin yanı sıra madencilik, yoğun trafik, tarımsal ve fabrika atıkları doğal alanlarda çevresel kirlenmeye neden olmakta ve Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, Al gibi metaller toksik seviyelerde ortaya çıkmaktadır. Bazı tarımsal ve doğal topraklarda bu ağır metallerin bitkiler üzerinde toksik etki gösterdiği ileri sürülmektedir (Ergün 2005).

Yaygın bir kullanıma sahip olan “ağır metaller” ifadesi genellikle yoğunlukları 5-6 g/cm<sup>3</sup> ‘ten daha fazla olan metallere verilen addır. Yoğunlukla endüstriyel işlevler sonucu ortaya çıkan, kadmiyum (Cd), arsenik (As), krom (Cr), bakır (Cu), kurşun (Pb), civa (Hg), nikel (Ni) ve çinko (Zn) vb. metaller bitkilere ve hayvanlara en zararlı ağır metallerdir (Altunbaş vd 2004). Söz konusu metallerin yerkabuğunda ve topraklarda bulunan miktarları Çizelge 2.1’de verilmektedir. Topraklarda bulunan yaygın değerler, doğal ya da bulaşmış topraklardaki değerler ve tolere edilebilir değerler ise Çizelge 2.2 ‘de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Bazı ağır metallerin ortalama konsantrasyonları (Alloway 1990)

Metal	Yer Kabuğunda (ppm)	Yüksek Konsantrasyonlu Kayalar	Topraklarda (ppm)
As	1,5	Şeyl ve killer	0,1-50
Cd	0,1	Şeyl ve killer	0,01-2,4
Cr	100	Ultrabazik kayalar	5-1500
Cu	50	Bazik kayalar	2-250
Hg	0,05	Kumtaşları	0,01-0,3
Ni	80	Ultrabazik kayalar	2-1000
Pb	14	Granit	2-300
Zn	75	Şeyl ve killer	10-300

Çizelge 2.2. Topraklarda bulunan bazı ağır metallerin kritik miktarları (Kacar vd 2002)

Element	Toplam miktar (ppm, hava kuru toprakta)		
	Yaygın değerler	Doğal ya da bulaşmış topraklardaki değerler	Tolere edilebilen değerler
Çinko (Zn)	3-50	<20000	300
Kadmiyum (Cd)	0.1-1	<200	3
Kurşun (Pb)	0.1-20	<4000	100
Krom (Cr)	2-50	<20000	100
Nikel (Ni)	2-50	<10000	50

Ağır metallerin toprakta birikmesinin sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları üzerinde değil aynı zamanda besin zinciri yoluyla hayvan ve insan sağlığı üzerinde de önemli etkileri vardır. Topraklardaki ağır metal kirliliği, endüstrinin ve madencilik aktivitelerinin gelişmesiyle ve atık suyla yapılan sulamaların ve arıtma çamuru uygulamalarının yaygınlaşmasıyla global bir problem halini almaktadır (Kocaer ve Başkaya, 2003). Ağır metaller kayaçların ve dolayısıyla toprakların doğal

bileşenleridir ve topraklar bileşimlerine bağlı olarak farklı oranlarda ve formlarda ağır metal içerirler. Ağır metallerin çevredeki jeolojik nedenlerle oluşan doğal dağılım deseni son yıllarda antropojenik etki ile önemli ölçüde değişmeye başlamıştır (Başkaya ve Teksoy 1997). Toprak- bitki sistemi jeosfer ve biosferin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle toprakta meydana gelen ağır metal kirliliği sadece verim ve ürün kalitesi üzerinde değil aynı zamanda atmosferik ve sucul çevre kalitesi hatta besin zinciri yoluyla insan sağlığı üzerinde de çok önemli etkiler yaratmaktadır (Kocaer ve Başkaya 2003).

Toprak kirliliği sonucu topraktaki canlı yaşamda olumsuz etkilenir. Binlerce yıldır organik artıkların parçalanmasını sağlayan bakteriler ile toprak verimliliği yükseltilirken, kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin kullanılması ile toprakların verimsizleşmesine, bakterilerin yeteneklerinin kaybolmasına, bitki besin elementlerinin doğal üretilmemesine ve atıkların parçalanamamasına sebep olmuşlardır (Fiedler 1990, Syed 2005). Toprak canlıları, üretici ve tüketici olmak üzere iki çeşittir. Bunlardan ototrof dediğimiz üretici canlılar (bitkiler gibi) kendi besinlerini kendileri ürettikleri gibi heterotrof denilen tüketici canlılar için de besinsel enerji maddesi temin ederler. Gıda zinciri içerisinde düşünülecek olursa mikroorganizmalar, toprağa düşen organik materyalleri parçalayıp ayrıştırarak bitkiler için gerekli besin maddelerini yararışlı inorganik formlara dönüştürdükleri gibi, toprağı su ve rüzgar erozyonuna karşı koruyan toprak oluşumunu ilerleten organik kolloidler ve organik bileşikleri açığa çıkarırlar. Bitkiler, açığa çıkan yararışlı besin maddelerini su ile birlikte alarak ve güneş enerjisini de kullanarak fotosentez yaparlar. Tüketici canlılar ise besin ve enerji temin etmek için bitki ve hayvan orijinli organik materyalleri parçalayıp ayrıştırırlar. Gerek bitkisel gerekse hayvansal maddelerden beslenen insanlarda bu gıda zincirinin son halkasını oluşturmaktadır (Çakmakçı ve Karahan 1995).

Topraklara karışan ve buralarda birikme yapan ağır metaller, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar birçok çevre ve insan

sağlığı problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Ağır metaller zehir etkisi göstermesi nedeniyle çevredeki en tehlikeli maddelerden biri olarak kabul edilmektedir (Vanlı ve Yazgan 2006).

### **3. MATERYAL ve METOT**

Bu bölümde; araştırmaya konu olan atık göleti ve çevresi, araştırmada kullanılan materyaller, materyallerin elde edilmesinde uygulanan örnekleme yöntemleri ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

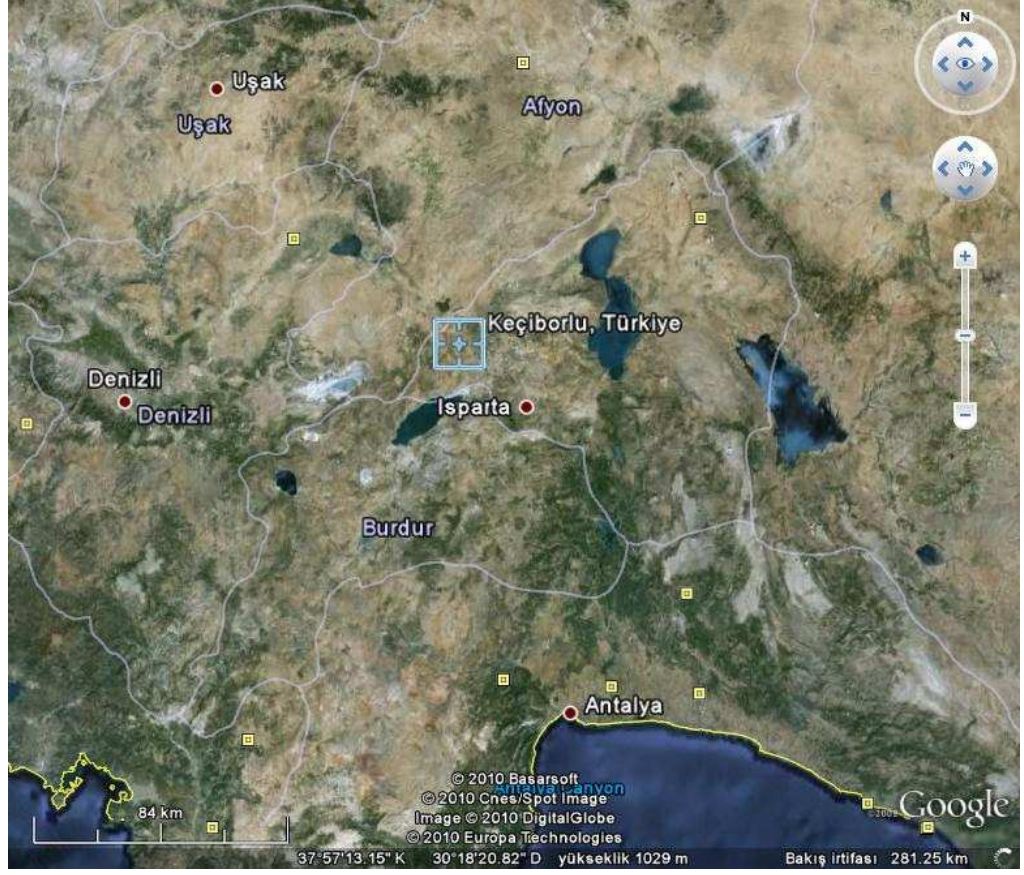
#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti ve çevresi**

Isparta İli Keçiborlu İlçesi (37°57'13.15" K - 30°18'20.82" D ) (Şekil 3.1) Batı Akdeniz bölgesinin göller yöresinde 1040 rakımda ve 457 km<sup>2</sup> 'lik bir alan üzerinde kurulmuştur. Kuzeyinde Uluborlu İlçesi, doğusunda Gönen İlçesi, Batısında Afyon İline bağlı Dinar ve Başmakçı ilçeleri, güneyinde Burdur İli ve gölü ile çevrilidir (Şekil 3.2.). Antalya' ya kara yolu ile 170 km uzaklıktadır. İlçedeki kükürt fabrikasının kapanması ile birlikte ilçe sanayi ağırlıklı ilçe vasfından tarım ve hayvancılık ağırlıklı bir ekonomiye geçiş sürecini başarı ile sürdürmektedir. İlçedeki toplam tarım arazisi 70.000 da olup, sulu arazi varlığı 24.350, kıraç arazi varlığı 45.650 dekadır. İlçede tarla bitkileri, meyvecilik ve sebzeçilik ekimi yapılmaktadır (Anonim 2010 a1); (Anonim 2010 a2); (Anonim 2010 a3); (Anonim 2010b).

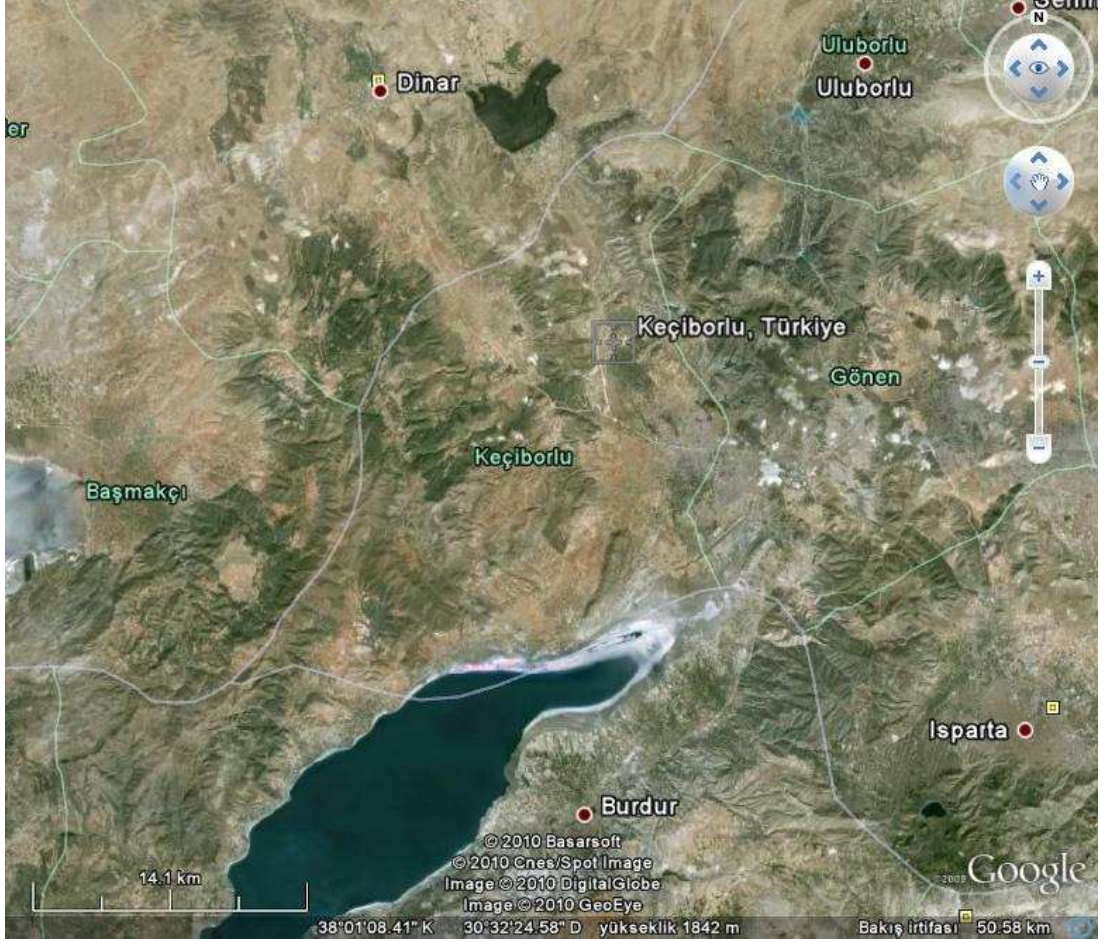
Ülkemizde yegâne işletilebilir doğal kükürt maden yatağı Isparta-Keçiborlu'dadır. 1992 yılı elementel kükürt üretimi 22.700 ton olmuş ve 100.750 ton tüvanan cevherden üretilmiştir. 1993 Nisan ayı itibariyle toplam 650.000 ton görünür tüvanan cevher rezervi kalmıştı. Yeraltı arama galerileri çalışmalarında sürpriz rezervler bulunabilmekteydi. Keçiborlu kükürt işletmesi ekonomik ömrünü doldurduğu gerekçesiyle 1995 yılında tamamen kapatılmıştır. Doğal kükürt maden yatağına sahip olan bölgedeki Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmesi flotasyon yöntemiyle kükürt üretimi yapmıştır (Önem 2000). Flotasyon yöntemiyle üretim yapan ve 1995 yılında kapatılan

Isparta/Keçiborlu kükürt fabrikası ardından yaklaşık 1 milyon ton flotasyon atığı bırakmıştır (Orman 1996).



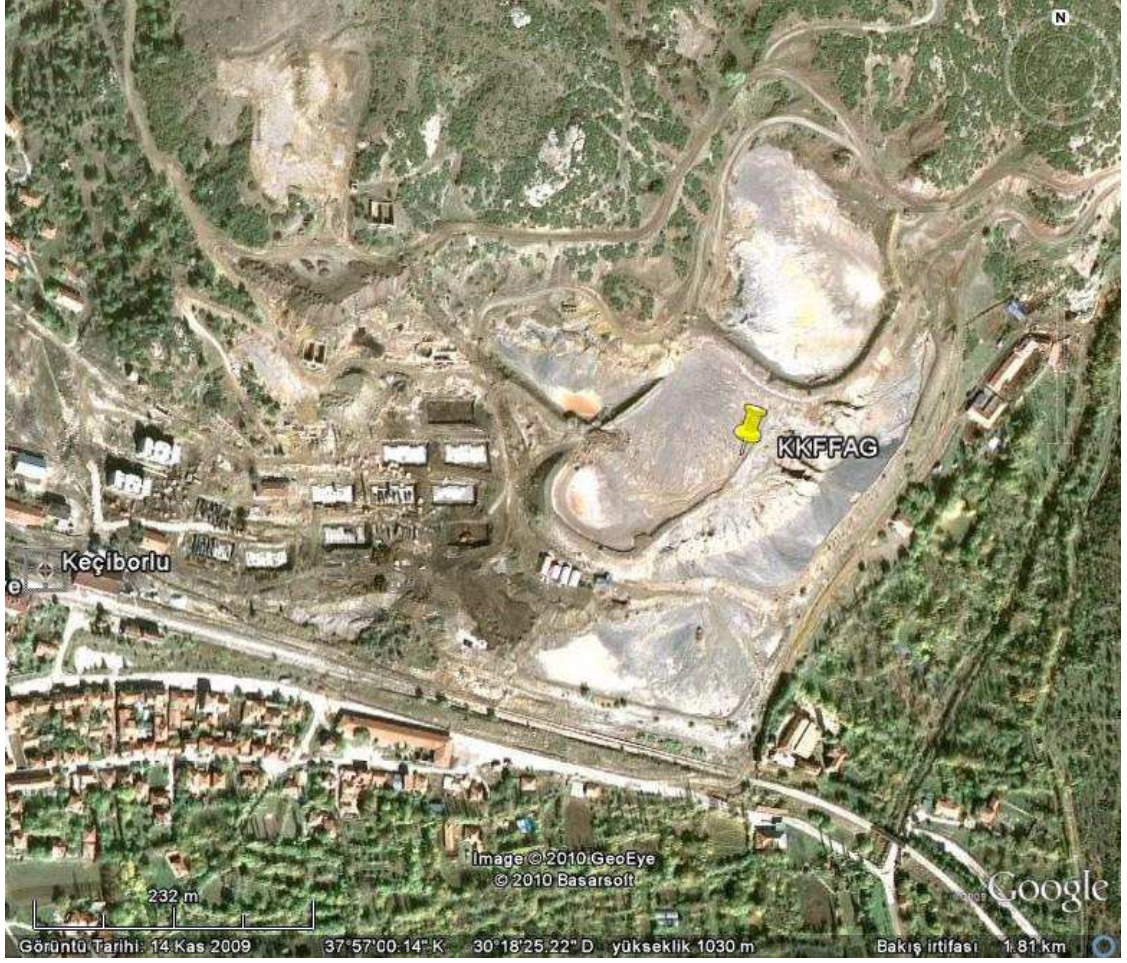
Şekil 3.1. Keçiborlu ilçesinin coğrafi konumunu gösteren uydu görüntüsü (Anonim 2010e)





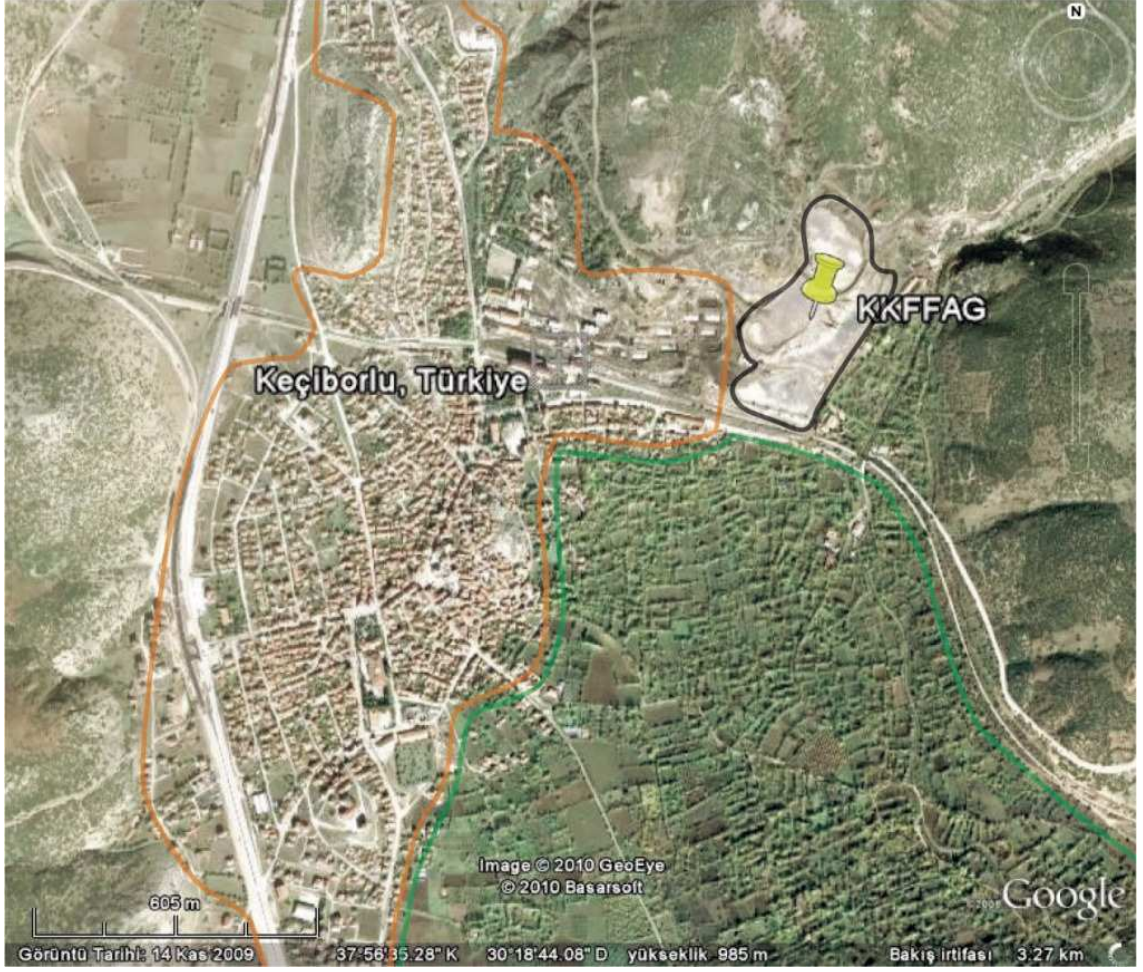
Şekil 3.2. Keçiborlu ve çevresini gösteren uydu görüntüsü (Anonim 2010e)

Araştırmaya konu olan atık göleti ( $37^{\circ}57'00.14''$  K -  $30^{\circ}18'25.22''$  D) (Şekil 3.3) ilçe merkezi ve ilçenin tarımsal üretim yapılan kesimi ile adeta iç içe bir halde (Şekil 3.4) (Çizelge 3.5) ve atmosfer koşullarına bırakılmış durumdadır. Yaklaşık olarak 130 da alanı kapsayan atık göletinin güneyinde ilçenin tarımsal alanı batısında ise 7419 nüfusu ile ilçe merkezi bulunmaktadır. Gölet, hem tarımsal alandan hem de ilçe merkezinden belirgin derecede yüksekte konumlanmıştır (Şekil 3.6).

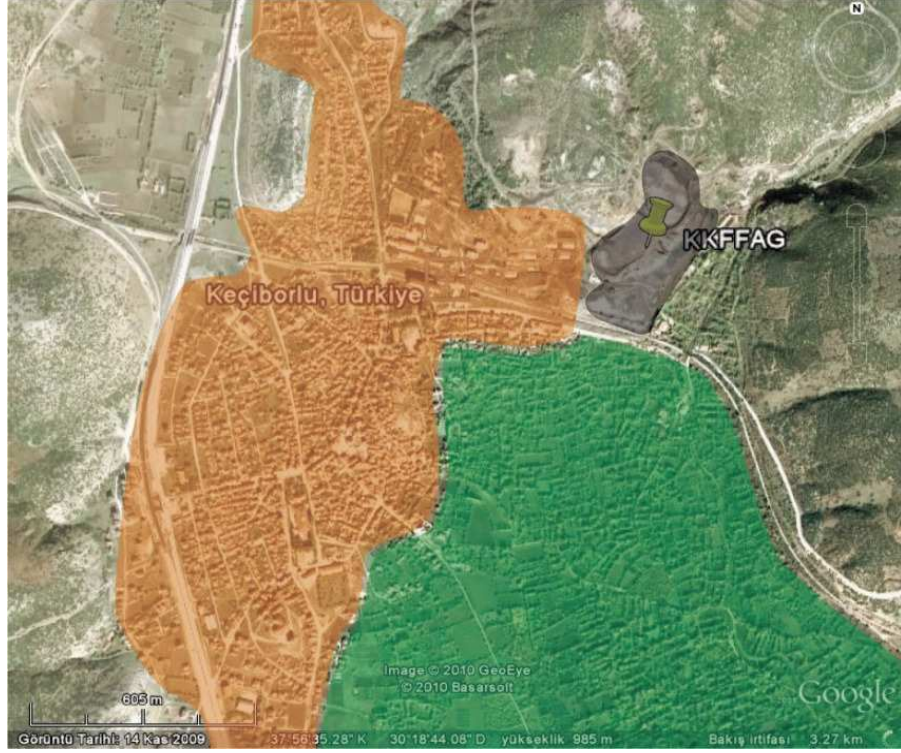


Şekil 3.3. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti (KKFFAG) (Anonim 2010e)





Şekil 3.4. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti (KKFFAG) siyah renkli, tarımsal alan (TA) yeşil renkli ve ilçe merkezi (İM) turuncu renkli çizgilerle gösterilmiştir (Anonim 2010e)



Şekil 3.5. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göleti (KKFFAG) siyah renk ile, tarımsal alan (TA) yeşil renk ile ve ilçe merkezi (İM) turuncu renk ile gösterilmiştir (Anonim 2010e)



Şekil 3.6. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinden solda tarımsal alan (TA) sağda ise ilçe merkezi (İM) 'nin görünümü

### 3.1.1.1. Çalışma alanının iklimsel özellikleri

Keçiborlu İlçesi Akdeniz Bölgesinde bulunmasına rağmen, kışlar soğuk ve sert, yazları sıcak ve kurak geçen karasal iklim hüküm sürmektedir. Yağışlar genel olarak kış ve bahar aylarında olmaktadır. Yağışların yıllık ortalaması metrekareye 615 mm. dir.

Keçiborlu ilçesinde meteoroloji istasyonu bulunmadığından Isparta Merkez'in değerleri dikkate alınmıştır. İklimsel özellikler Çizelge 3.1'de verilmektedir.

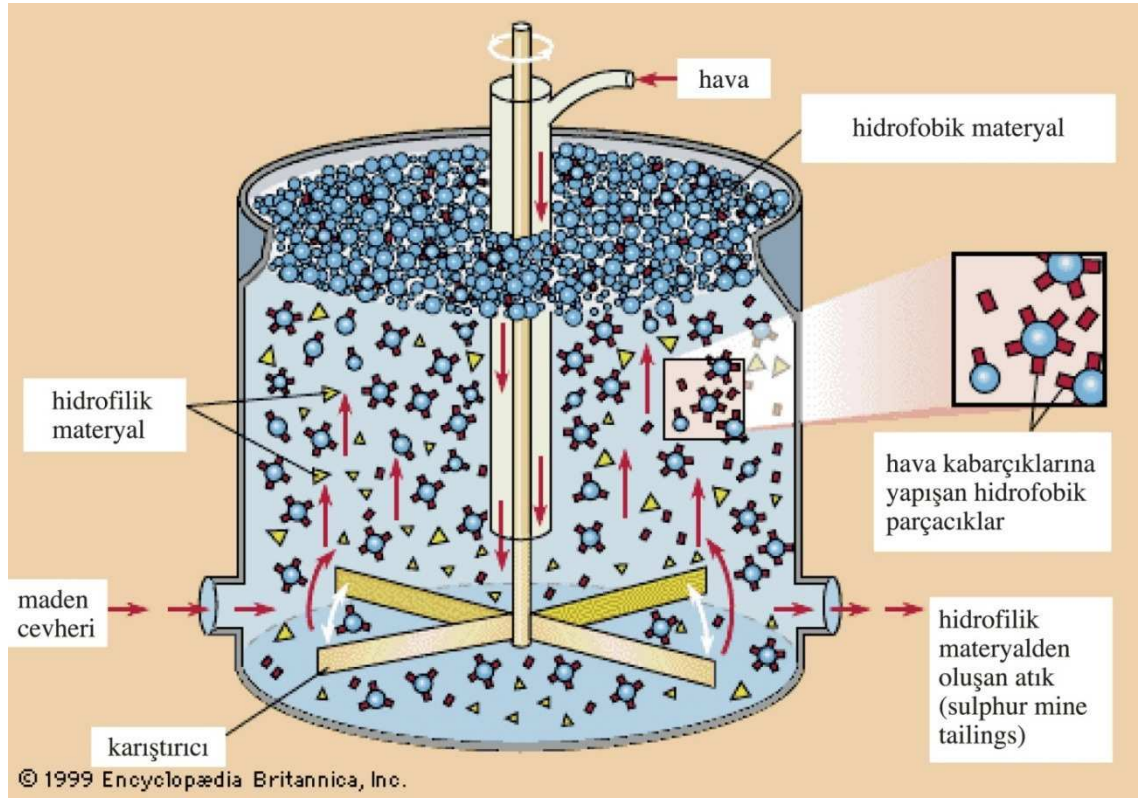
Çizelge 3.1. Örnekleme alanının iklimsel özellikleri (Anonim 2010c)

	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Ortalama Yağış Miktarı (kg/m <sup>2</sup> )
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975-2008)						
Ocak	1.8	6.5	-2.2	3.8	12.0	64.2
Şubat	2.6	7.6	-1.8	4.9	10.6	54.9
Mart	5.9	11.7	0.4	6.1	10.7	52.8
Nisan	10.6	16.4	4.4	6.9	11.4	58.8
Mayıs	15.5	21.8	8.1	8.7	10.4	46.0
Haziran	20.1	26.6	11.8	11.0	6.2	27.8
Temmuz	23.5	30.3	14.9	11.8	<b>4.0</b>	<b>12.8</b>
Ağustos	22.9	30.3	14.3	11.3	<b>2.9</b>	<b>12.9</b>
Eylül	18.3	26.6	10.0	9.8	3.5	15.4
Ekim	12.8	20.7	6.0	7.3	6.2	38.0
Kasım	7.0	13.4	1.7	5.2	8.3	51.5
Aralık	3.1	7.7	-0.9	3.3	12.4	70.9



### 3.1.2. Flotasyon Atığı

Flotasyon, cevher hazırlama süreçleri içinde minerallerin yüzey/ara yüzey özelliklerinden yararlanarak, değerli mineralleri değersiz (gang) minerallerinden ayırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan zenginleştirme yöntemlerinden biridir. Bir flotasyon hücresi içinde, uygun kimyasallar kullanılarak mineral yüzeylerinin susever (hidrofilik) ve susevmez (hidrofobik) hale getirilmesiyle değerli minerallerin değersiz minerallerden ayrılması olayına flotasyon denilmektedir. Bu işlem sonucunda (Şekil 3.7) flotasyon atığı denilen bir atık oluşur (Çilek 2006).



Şekil 3.7. Flotasyon işleminin akış şeması ve flotasyon atığının oluşumu (Anonim 2010d)

Fiziksel olarak toz-partiküler formda olan Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığı (KKFFA) gri, siyah ve mat görünümlüdür. Atık Materyalin bir takım kimyasal özellikleri ise aşağıdaki Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığının birtakım kimyasal özellikleri (Kalkan 2009)

PARAMETRE	FLOTASYON ATIĞI
pH	3.12
E.C. (dS m <sup>-1</sup> )	9.99
CaCO <sub>3</sub> (%)	1.61
N (mg kg <sup>-1</sup> )	0.038
P (mg kg <sup>-1</sup> )	0.17
K (mg kg <sup>-1</sup> )	0.00
Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	1442.00
Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	406.00
Na (mg kg <sup>-1</sup> )	4.92
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	6250.00
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	8.17
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	53.21
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	10.30
Co (mg kg <sup>-1</sup> )	5.82
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	64.84
Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	14.86
Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	0.53
Cd (mg kg <sup>-1</sup> )	0.13

### 3.1.3. Yüzey toprağı

Araştırmada kullanılan olan yüzey toprağı örnekleri (0-3 cm) Keçiborlu ilçe merkezi (İM) ve ilçenin tarımsal alanından (TA) elde edilmiştir.

### **3.1.4. Yaprak**

Araştırmada kullanılan ‘yaprak yıkama çözeltisini’ elde etmek üzere kullanılacak yaprak örnekleri; Keçiborlu ilçe tarımsal alanından (TA) ve Keçiborlu ilçe merkezinden (İM) olmak üzere, atık göletinden başlanarak, 2 yönde toplanmıştır. Yaprak örnekleri, ilçenin hemen hemen her yerinde yaygın olarak bulunan; ceviz, ayva, kayısı, elma, incir, dut, üzüm gibi çok yıllık bitkilerden elde edilmiştir.

### **3.1.5. Kuyu suyu**

Kuyu suları, ilçenin tarımsal alanında bulunan ve tarımsal sulama amaçlı kullanılan kuyulardan elde edilmiştir.

## **3.2. Metot**

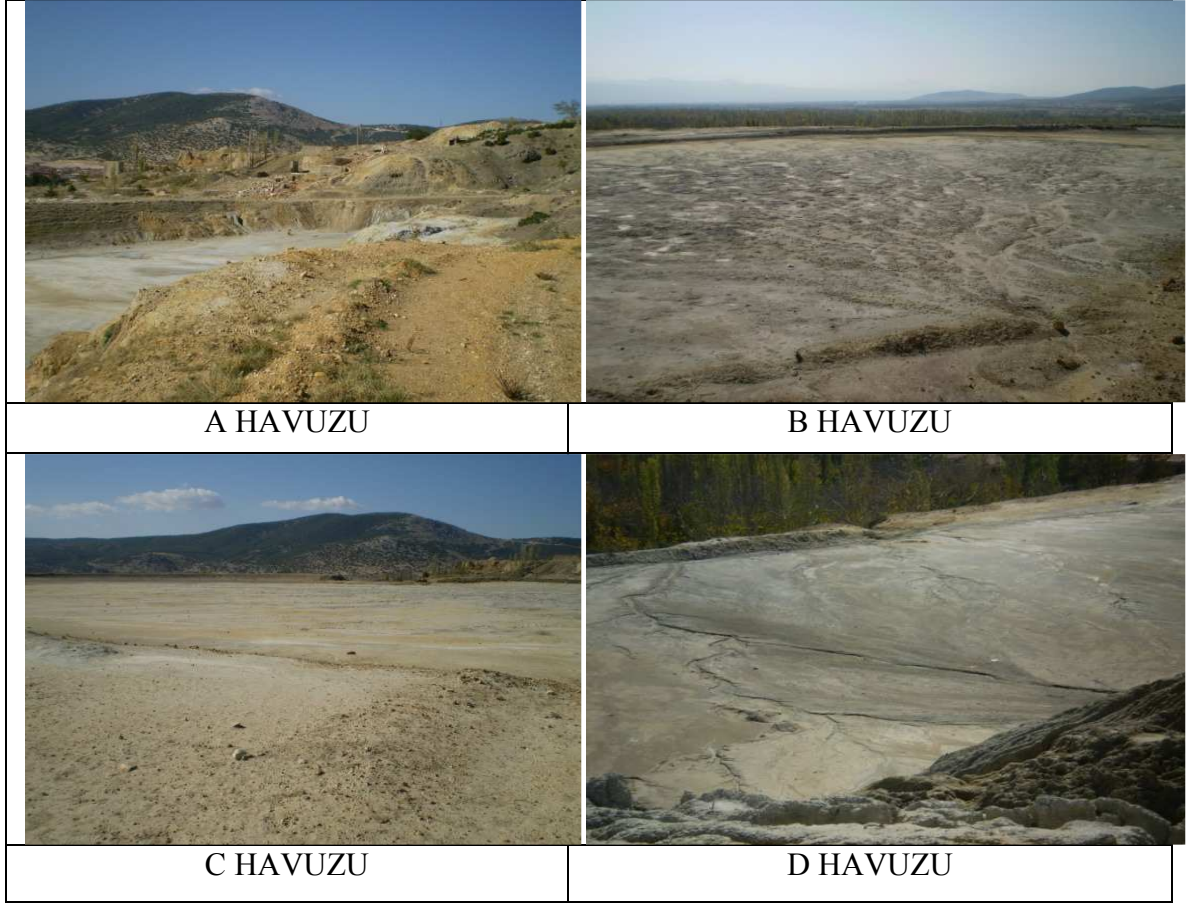
### **3.2.1. Atık göletinde atık materyali örnekleme**

Atık göletinin (KKFFAG) mevcut durumu ile atık materyalin (KKFFA) bir takım kimyasal ve fiziksel özelliklerinin ortaya konulabilmesi amacıyla atık göletinde (KKFFAG) burgu yardımıyla atık materyal (KKFFA) örnekleme yapılmıştır. Atık göletinin bulunduğu alanda 4 adet atık havuzu belirlenmiş ve bu havuzlar A,B,C ve D havuzları olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.8) ve (Şekil 3.9).





Şekil 3.8. Keçiborlu kükürt fabrikası atık göletindeki atık havuzlarının gösterimi (Anonim 2010e)



Şekil 3.9. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinde bulunan A, B, C ve D atık havuzlarının genel görünüşleri

Atık göleti yaklaşık olarak 130 dekarlık bir alanı kapsamaktadır. Bu alandan yaklaşık olarak her 50 metrede 1 noktadan örnekleme (50 m/örnek) yapılmıştır. Örnekleme yöntemi Dinç vd (2001)'e göre rastgele örnekleme olarak kararlaştırılmıştır. Örnekleme yapılacak nokta sayısı; havuzların büyüklükleri dikkate alınarak A havuzunda 13, B havuzunda 15, C havuzunda 12 ve D havuzunda 10 olmak üzere toplam 50 nokta olarak belirlenmiştir. Örnekler, atığın derinliğe bağlı olarak özelliklerinin değişimini ortaya koymak amacıyla, her noktadan 3 farklı derinlikte alınmıştır. Sonuç olarak her noktadan; 0-30 cm (sığ), 30-60 cm (orta), 60-90 cm (derin) olmak üzere 3 örnek elde edilmiştir.

Alınan örneklerde (3 derinlik x 50 nokta = 150 örnekte) pH ve EC analizleri yapılmıştır. Ayrıca; 4 havuzdan rastgele seçilen 1'er örneğin (A-3-1, B-4-1, C-5-1, D-6-1 noktalarından) (4 örnekte, bitki kök derinliği olan 0-30 cm'den olmak üzere) paçal edilmesiyle elde edilen 1 paçal örnekte ise pH ve EC analizlerine ilave olarak DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) , kral suyu (Aqua regia) ile çözünebilir toplam ağır metaller (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co), ekstrakte edilebilir kükürt ( $SO_4^{2-}$ -S), kation değişim kapasitesi (KDK) ve parçacık büyüklüğü analizleri yapılmıştır.

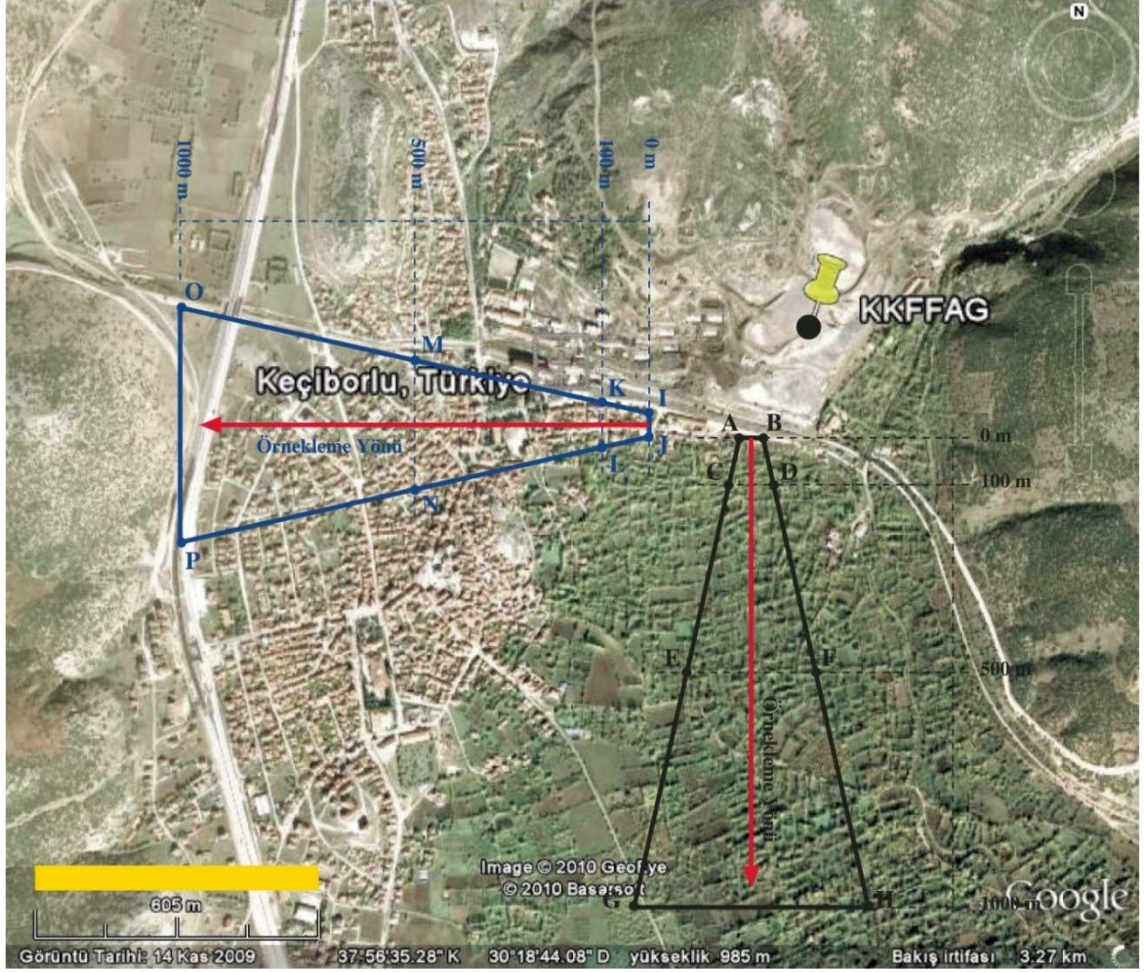
### 3.2.2. Yüzey toprağı örnekleme

Atmosfer koşullarına terk edilmiş olan atık göleti rüzgar ve su erozyonuna etkisine açıktır. Rüzgar ve su erozyonu yoluyla atığın (KKFFA) bulunduğu yerden çevreye (toprağı) yayıldığı düşünülmektedir. Toz-partikül formundaki atık materyalin (KKFFA) rüzgar ve su erozyonu yoluyla yüzey topraklarındaki yayılımını, birikimini tespit etmek ve bu yayılımın uzaklığa bağlı olarak değişimini ortaya koyabilmek amacıyla bölgeden toprak malası kullanılarak yüzey toprağı (0-3cm) örnekleri toplanmıştır.

Örnekleme, atık göletinden başlayarak tarımsal alan ve ilçe merkezi olmak üzere 2 yönde yapılmıştır. Her iki yönde de arazi koşullarına ve uygun örnek bulunabilme şartlarına göre 50 m.'den başlayıp giderek genişleyerek 500 m.'ye ulaşan bir bant genişliğinde, 3 farklı uzaklık aralığında (0-100 m. , 100-500 m. , 500-1000 m.) yapılmıştır (Bkz. Şekil 3.10).

Her uzaklık aralığından 10'ar yüzey toprağı (0-3 cm) örneği alınmıştır. Sonuç olarak; 2 yön, 3 uzaklık aralığı ve her uzaklık aralığında 10 örnekleme noktası olmak üzere toplam 60 adet yüzey toprağı (0-3 cm) örneği elde edilmiştir.





Şekil 3.10. Yüzeý toprađı ve yaprak örneklemlerinin toplanmasında izlenen örnekleme planı (Anonim 2010e)

### 3.2.3. Yaprak örnekleme

Rüzgar ve su erozyonunun etkisi ile çevreye yayılan, bölgede bulunan bitkilerin yaprak yüzeylerine taşınan toz partiküler formdaki atık materyalin (KKFFA) yayılımı etkisini ve bu etkinin uzaklığa bağlı olarak değişimini ortaya koyabilmek amacıyla yüzeý toprağı örneklemlerinin alındığı noktalara mümkün olan en yakın mesafelerdeki noktalardan yaprak örnekleme yapılmıştır. Örneklemler, bölgede tozumanın en fazla olduğu kurak (yağışsız) dönemde (ağustos sonu-eylül başı) alınmıştır (Bkz. Çizelge 3.1).

Toprak 6rneklemesi ile birlikte y6r6t6len yaprak 6rneklemesi (Bkz. Şekil 3.10) 2 farklı y6nde (tarımsal alan ve il6e merkezi), 3 farklı uzaklık aralığında (0-100 m. 100-500 m. ve 500-1000 m.) ger6ekleŐtirilmiŐtir (Şekil 3.10). Her iki y6nde ve her 3 uzaklık aralığında aynı t6rlere ait olmak 6zere 10'ar adet 6rneklemeye noktasından (3 Ceviz, 2 Ayva, 1 Kayısı, 1 Elma, 1 İncir, 1 Dut ve 1 6z6m) toplanmıŐ ve toplam 60 (30+30) adet yaprak 6rneği elde edilmiştir. Yaprak 6rnekleri, yaprak saptarı ile yaprak ayalarının birleŐtięi noktalardan 6elik makasla kesilmiŐ ve y6zeylerinde birikmiŐ olan toz-partik6ler formdaki atık materyalin tespiti yapılmak 6zere 500 ml. 'lik plastik kaplara konulmuŐlardır (Bkz. Şekil 3.11).

Yaprak örneklerinin alınması



Yaprak yüzeylerine dokunmadan kaplara örneklerin aktarımı



Aktarımın tamamlanması ve aynı örnekleme noktası (Tarımsal alan, 0-100 m, 1. Örnek) için alınmış naylon torba içinde yedek örnekler



Şekil 3.11. Yaprak örneklerinin toplanması

### 3.2.4. Kuyu suyu örneklemesi

Atmosfer koşullarına terk edilmiş olan atık göleti yağmur sularının etkisi ile yalnızca su erozyonuna değil aynı zamanda yağmur sularının infiltrasyonuna da açıktır. Atık göletine infiltre olan yağmur sularının sızıntı yoluyla yer altı sularına karışarak oluşturabileceği kirliliği ortaya koyabilmek için ise civardaki tarımsal sulama sularından (sondaj, kuyu sularından), 10 farklı kaynaktan su örneği alınmıştır.

### 3.3. Analiz Yöntemleri

#### 3.3.1. Atık materyal analiz yöntemleri

2 mm 'lik elekten geçirilmiş hava kurusu flotasyon atık materyali analizlerinde izlenen yöntemler aşağıda verilmiştir.

**A. Atık materyalin reaksiyonu:** Atık materyalin pH'ları 1:2.5 oranında atık-su karışımında ölçülerek Jackson (1967) ve Kellog (1952)'a göre sınıflandırılmıştır.

**B. Atık materyalin elektriksel iletkenliği:** Atık materyalinin elektriksel iletkenlikleri 1:2.5 oranında atık-su karışımında Anonymous (1982)'e göre tayin edilmiştir.

**C. Atık materyalinde DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller ( Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co):** 0.005 M DTPA ekstraksiyonu yolu (Lindsay ve Norvell 1978) ile elde edilen süzükte (Lindsay ve Norwell 1978) ICP-OES cihazı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

**D. Atık materyalinde kral suyu (Aqua Regia) ile çözünebilir toplam ağır metaller (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co):** Kick vd (1980)'e göre kral suyu

yöntemiyle, atık/asit oranı 1:2.5 olacak şekilde (3 kısım HCl + 1 kısım HNO<sub>3</sub>), elde edilen süzükte ICP-OES cihazı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

**E. Atık materyalinde ekstrakte edilebilir SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S belirlenmesi:** Fox vd (1964)'a göre 500 mg/kg fosfor içeren potasyum dihidrojen (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) ile ekstrakte edilecek atık örneklerindeki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S'ün türbidimetrik yolla 430 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak tayin edilmiş (Kacar 1995) ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

**F. Atık materyalin katyon değişim kapasitesi:** Atık materyalin katyon değişim kapasitesi değerleri esasları Chapman ve Pratt (1961) göre belirtilen toprağın değişim komplekslerindeki negatif elektriki yüklerin nötr (pH=7) 1 N Amonyum Asetat çözeltisindeki NH<sub>4</sub> ile doyurulmasından ve çözelti fazlasının yıkanıp giderilmesinden sonra adsorbe edilmiş amonyum miktarını, NaCl çözeltisindeki Na ile yer değiştirerek, belirlenmiş (Kacar 1995) sonuç meq/100g olarak verilmiştir.

**G. Atık materyalin parçacık büyüklüğü:** Demiralay (1993)'a göre Retsch Type Vibro 5657 HAAN elek makinesi ile kuru eleme yöntemi ile yapılmıştır.

### 3.3.2. Toprak analiz yöntemleri

2 mm 'lik elekten geçirilmiş hava kurusu toprak. 0-3 cm yüzey toprağı analizlerinde izlenen yöntemler aşağıda verilmiştir.

**A. Toprak reaksiyonu:** Toprak örneklerinin pH'ları 1:2.5 oranında toprak-su karışımında Jackson (1967)'a göre ölçülerek Kellog (1952) 'a göre sınıflandırılmıştır.

**B. Elektriksel iletkenlik (EC):** Toprak EC değerleri 1:2.5 toprak-su karışımında belirlemiştir (Anonymous 1982).



**C. DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller ( Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co):** 0.005 M DTPA ekstraksiyonu yolu (Lindsay ve Norvell 1978) ile elde edilen süzükte (Lindsay ve Norvell 1978) ICP-OES cihazı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

**D. Kral suyu (Aqua Regia) ile çözünebilir toplam ağır metaller (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co): Toplam Fe, Ni, Cr, Cd, Pb Co, Al:** Kick vd (1980)'e göre kral suyu yöntemiyle, toprak/asit oranı 1:2.5 olacak şekilde (3 kısım HCl + 1 kısım HNO<sub>3</sub>), elde edilen süzükte ICP-OES cihazı kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

**E. Ekstrakte edilebilir SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S belirlenmesi:** Fox vd (1964)'a göre 500 mg/kg fosfor içeren potasyum dihidrojen (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) ile ekstrakte edilecek toprak örneklerindeki SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S'ün türbidimetrik yolla 430 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir (Kacar 1995), sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

### **3.3.3. Yaprak yüzeyi yıkama çözeltilisinin hazırlanma yöntemi**

Rüzgar erozyon ile yaprak yüzeylerine ulaşan toz-partikülerin etkisini belirlemek üzere laboratuvara getirilen örnekler darası alınmış plastik kaplarının içinde her birinde 25 g yaprak olacak şekilde tartılmıştır. Yaprak yüzeylerindeki tozun içerdiği ağır metallerin çözümlüğünü artırabilmek amacıyla; yıkama çözeltisi olarak özellikle atık materyalde (KKFFA) çokça bulunan demir elementine (Fe) karşı hassas olan Kacar ve İnal (2008)'a atfen Ulrich (1948)' göre 0.2 N HCl asit çözeltisi olarak kullanılmıştır.

Yıkama işleminde 1:2 oranında (25 g yaprak/50 ml çözelti) 0.2 N HCl eklenmiş ve kapların iç ve dış kapakları sıkıca kapatılmıştır. Yaprak yüzeylerindeki tozun yıkama çözeltisine geçmesi için, kaplar 20 dakika süresince 280 devir/dk çalkalanmıştır ve beyaz bantlı filtre kâğıdından süzölmüştür. Elde edilen süzükte; ağır metaller (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) ve kükürt (S) analizleri yapılmıştır. Sonuçlar ICP-OES ile belirlenmiş, ppm olarak verilmiştir.

### **3.3.4. Kuyu suyu analiz yöntemi**

Su örnekleri Kanber vd (1990)'a atfen Ayyıldız (1976)'a göre alınmıştır. Alınan su örneklerinde; pH, EC, elementel kükürt (S) ve ağır metal (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analizleri yapılmıştır. Sonuçlar ICP-OES ile belirlenmiş, ppm olarak verilmiştir.

**A. Su örneklerinde pH ve EC analizleri:** Kanber vd (1990)'a atfen Ayyıldız (1976)'a göre yapılmıştır.

**B. Su örneklerinde elementel kükürt (S) analizi:**

Örneklerin içerdiği S konsantrasyonları ICP-OES ile belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

**C. Su örneklerinde (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) Analizi:** APHA (1992)'ya göre; 0.45 µm filtre kâğıdında süzülüp HNO<sub>3</sub> ile muamele edilerek (pH < 2) gerçekleştirilmiştir. Örnekler, okuma işlemlerine kadar 4 °C' de buzdolabında bekletilmiştir. Örneklerin içerdiği ağır metal konsantrasyonları ICP-OES ile belirlenmiş ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir.

### **3.3.5 – İstatistiksel analiz yöntemleri**

Araştırma sonucunda elde edilen değerler arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla bilgisayar ortamında MINITAB paket programı kullanılarak korelasyon analizleri yapılmıştır.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinde ve çevresinde yapılan; atık materyal, yüzey toprağı, yaprak ve su örneklemelerine ilişkin analiz sonuçları verilerek tartışılmıştır.

##### 4.1. Atık Göletinde Yapılan Atık Materyal Örneklemesinin Analiz Sonuçları ve Tartışması

###### 4.1.1. Paçal atık materyal örneğinde yapılan analiz sonuçları ve tartışması

Bu bölümde atık göletinden elde edilen paçal atık materyal örneğine ilişkin analiz sonuçları ve tartışması verilmiştir.

###### 4.1.1.1. Paçal atık materyal örneğinin pH, EC, KDK ve $SO_4^{-2}$ -S analiz sonuçları

Yapılan analiz sonucunda atık materyalin reaksiyonu (pH) 3.07, tuzluluğu (EC) ise  $9.72 \text{ dS m}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Atık materyalin; oldukça asidik bir reaksiyona ve yüksek bir tuzluluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Atık materyalin KDK'sı ise  $15 \text{ meq/100g}$  olarak belirlenmiştir. Atık materyalin sülfat kükürtü içeriğı ( $SO_4^{-2}$ -S) ise  $836105 \text{ ppm}$  olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.1 'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Atık materyale ilişkin pH, EC, KDK ve  $SO_4^{-2}$ -S sonuçları

Parametre	pH	EC ( $\text{dS m}^{-1}$ )	KDK ( $\text{meq/100 g}$ )	$SO_4^{-2}$ -S (ppm)
Değerler	3.07	9.72	15	836105

Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atıkları ile yapılan bir çalışmada; atık materyalin pH değeri 2.04, EC değeri  $7.00 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $SO_4^{-2}$ -S konsantrasyonu ise  $120600 \text{ ppm}$  olarak bildirilmiştir (Orman ve Kaplan 2007).

#### 4.1.1.2. Paçal atık materyal örneğinin ağır metal içeriği

Atık materyalin DTPA ile ekstrakte edilebilir ve kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metal sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Paçal atık materyal örneğinin DTPA ile ekstrakte edilebilir ve kral suyu toplam çözünebilir ağır metal içeriği

Element	DTPA Konsantrasyon (ppm)	Kral Suyu Konsantrasyon (ppm)
Fe	3763,9	75349,0
Al	7886,9	32767,0
Ni	429,0	646,0
Mn	144,7	271,0
Cu	42,0	761,0
Zn	40,2	226,0
Pb	0,7	75,0
Cd	0,7	13,0
Cr	135,1	383,0
Co	27,9	44,0

Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atıkları ile yapılan bir diğer çalışmada; DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe 64191 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Al 21131 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni 1061 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn 351 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu 27.6 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn 107 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb 1.22 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd 0.57 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr 397 ppm, DTPA ile ekstrakte edilebilir Co 55.87 ppm olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada; kral suyu toplam çözünebilir Fe 95250 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Al 26500 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Ni 952 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Mn 391 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Cu 48.4 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Zn 125 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Pb 3.90 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Cd 0.92 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Cr 393 ppm, kral suyu toplam çözünebilir Co 65.10 ppm olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir (Kaplan vd 2005).

Çizelge 4.2 'de görüldüğü gibi atık materyalin ağır metal konsantrasyonlarının önceki çalışmalardan farklılık gösteriyor olması; örneklemenin yapıldığı havuz, nokta ve derinlik itibariyle atık materyalin son derece değişken kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olmasından ileri geldiği düşünülmektedir (Bkz. 4.1.2. no' lu bölüm).

#### 4.1.1.3. Paçal atık materyalin parçacık büyüklüğü dağılımı

Çizelge 4.3'de Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığının (KKFFA) parçacık büyüklük dağılımı verilmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi atık materyal içerisinde en büyük payı % 55.83 oran ile 0.25-0.05 mm boyutundaki parçacıklar almaktadır.

Çizelge 4.3. Keçiborlu kükürt fabrikası atığının (KKFFA) parçacık büyüklük dağılımı

Boyut	% dağılım
x>4 mm	% 2.01
4-2 mm	% 7.45
2-1 mm	% 8.60
1-0.5 mm	% 7.83
0.5-0.25 mm	% 18.28
0.25-0.05 mm	% 55.83
TOPLAM	Σ %100

#### 4.1.2. Atık göletinde atık materyal örneklemesinin pH ve EC analiz sonuçları ve değerlendirilmesi

Bu bölümde atık göletinden elde edilen atık materyal örneklerine ilişkin reaksiyon (pH) ve tuzluluk (EC) analiz sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre atık

göletinin kimyasal şartları ortaya konulmuştur (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Çizelge 4.7).

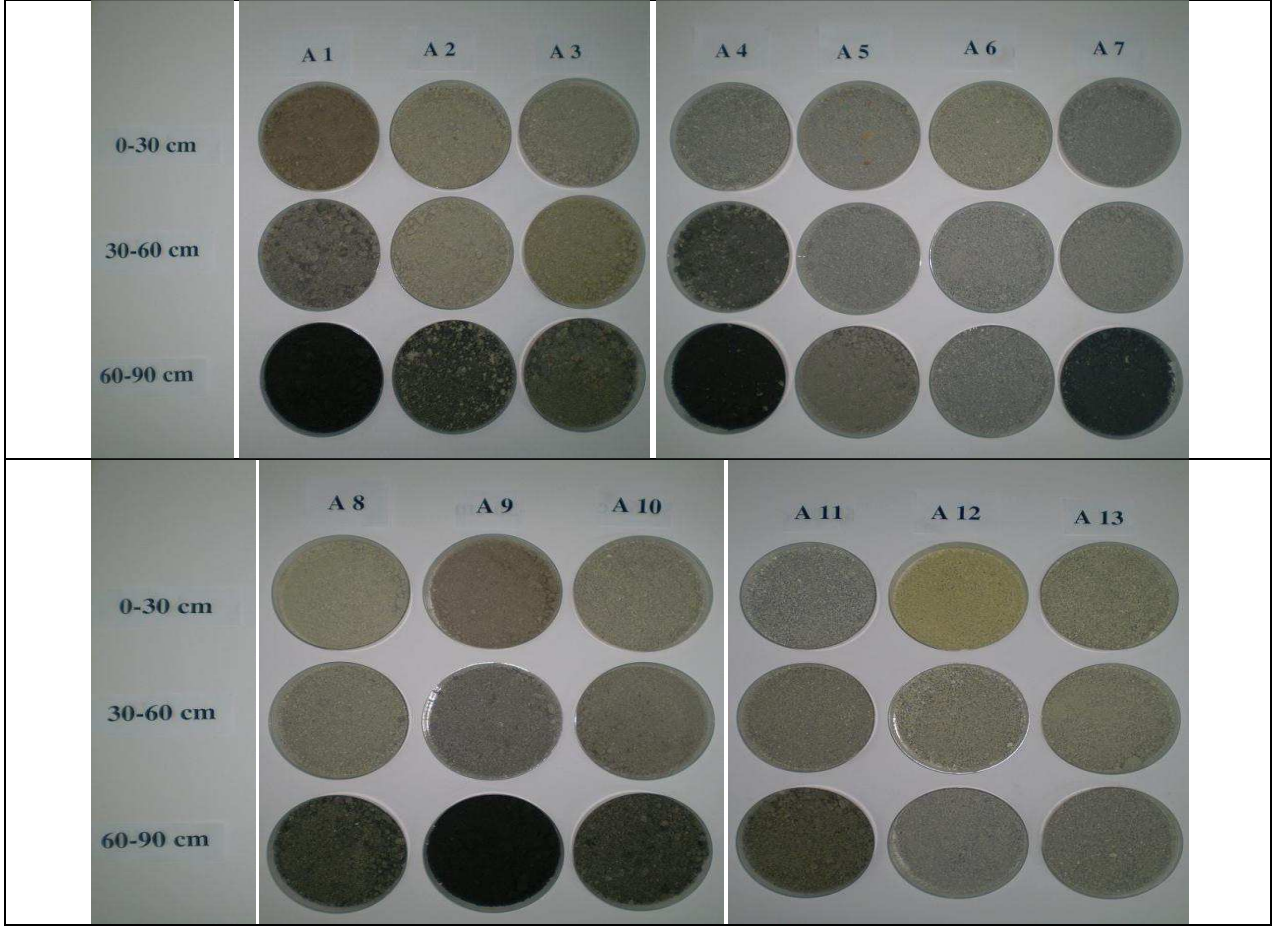
Çizelge 4.4. A havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analiz sonuçları

		Örnekleme Derinliği						
		0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm		
A Havuzu	Örnekleme Noktaları	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	
	1	3.56	9.96	3.61	9.27	4.02	9.51	
	2	2.81	9.74	3.49	9.26	3.25	9.99	
	3	3.20	9.29	3.62	9.96	3.77	9.49	
	4	4.13	9.04	3.91	8.74	4.28	8.29	
	5	3.18	10.16	3.84	9.63	4.06	9.92	
	6	2.74	10.07	2.98	9.45	3.09	9.21	
	7	4.08	9.48	4.15	9.40	4.71	9.27	
	8	3.22	10.39	3.38	10.16	4.01	9.99	
	9	4.19	9.76	4.02	9.68	4.49	9.23	
	10	3.26	9.98	3.72	9.69	3.69	9.51	
	11	2.97	10.24	3.05	9.76	3.17	10.08	
	12	3.38	9.82	3.82	10.22	4.16	9.75	
	13	3.07	9.36	3.67	9.87	3.80	9.94	
		<b>Min.</b>	<b>2,74</b>	<b>9,04</b>	<b>2,98</b>	<b>8,74</b>	<b>3,09</b>	<b>8,29</b>
		<b>Ort.</b>	<b>3,37</b>	<b>9,79</b>	<b>3,64</b>	<b>9,62</b>	<b>3,88</b>	<b>9,55</b>
	<b>Mak.</b>	<b>4,19</b>	<b>10,39</b>	<b>4,15</b>	<b>10,22</b>	<b>4,71</b>	<b>10,08</b>	

Çizelge 4.4 'de görüldüğü gibi A havuzunda bulunan flotasyon atığı, farklı örnekleme noktaları ve derinliklerinde, farklı kimyasal özellikler sergilemektedir. A havuzundan 0-30 cm örnekleme derinliğinde toplanan atık örneklerinde pH değerleri ortalaması 3,37 iken; EC değerleri ortalaması ise 9,79 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 30-60 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 3,64 iken; EC değerleri ortalaması 9,62 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 60-90 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 3,88 iken; EC değerleri ortalaması 9,55 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi derinliğe bağlı olarak pH değerlerinde sınırlı bir artış görülürken, EC değerlerinde ise sınırlı bir azalış görülmektedir.

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi atık göletinin farklı nokta ve derinliklerinde değişim gösteren kimyasal özelliklere bağlı olarak, atık materyalin fiziksel görünümü (renk) de derinliğe bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Artan derinlikle birlikte hakim olan

indirgen koşullar nedeniyle ekstrakte edilebilir ağır metal konsantrasyonları artış göstermektedir.



Şekil 4.1. Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinin en büyük atık havuzlarından biri olan A havuzunda bulunan atık materyalin derinliğe bağlı olarak gösterdiği fiziksel değişim

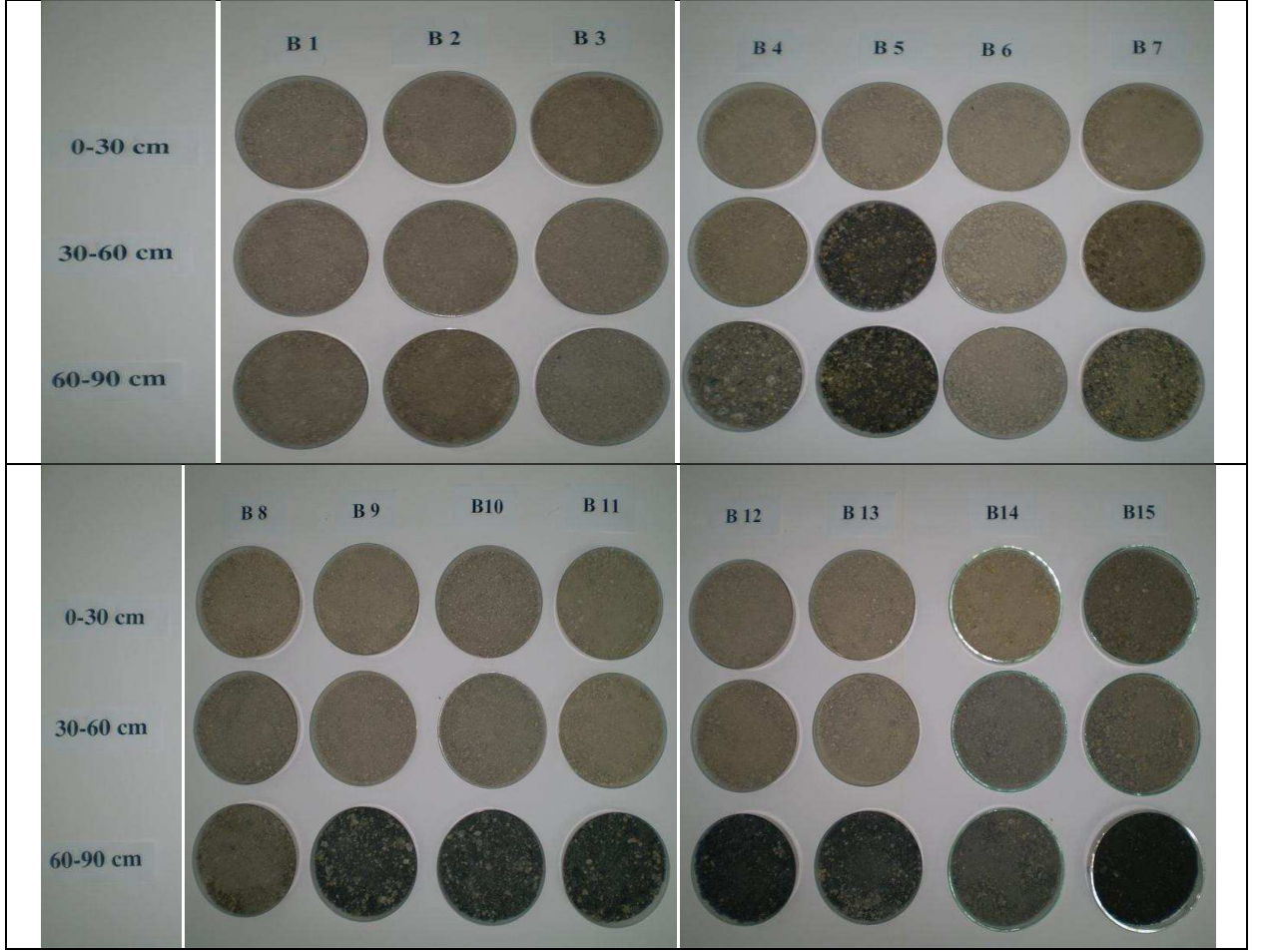
Çizelge 4.5. B havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analiz sonuçları

		Örnekleme Derinliği					
		0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm	
B Havuzu	Örnekleme Noktaları	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )
	1	2.86	9.57	2.18	9.43	2.06	9.21
	2	2.74	9.81	2.99	9.73	3.21	9.82
	3	3.04	9.72	3.37	9.38	3.53	9.17
	4	4.63	9.45	4.81	9.12	5.01	8.93
	5	3.48	9.94	3.86	9.65	4.72	9.53
	6	2.38	10.07	2.26	9.92	3.84	9.99
	7	3.66	9.83	3.72	9.72	4.19	9.36
	8	3.47	9.79	3.29	9.61	3.86	9.49
	9	2.39	9.43	2.71	9.24	3.06	8.96
	10	3.92	9.20	3.96	9.03	4.21	8.74
	11	2.38	9.82	2.29	9.45	2.76	9.32
	12	3.79	9.77	4.13	9.48	4.38	9.42
	13	4.03	9.54	4.16	9.27	4.27	9.17
	14	3.49	10.19	3.92	9.87	4.19	9.68
	15	3.05	10.03	3.88	9.73	3.92	9.82
		<b>Min.</b>	<b>2,38</b>	<b>9,20</b>	<b>2,26</b>	<b>9,03</b>	<b>2,76</b>
	<b>Ort.</b>	<b>3,36</b>	<b>9,75</b>	<b>3,57</b>	<b>9,50</b>	<b>4,00</b>	<b>9,35</b>
	<b>Mak.</b>	<b>4,63</b>	<b>10,19</b>	<b>4,81</b>	<b>9,92</b>	<b>5,01</b>	<b>9,99</b>

Çizelge 4.5 'de görüldüğü gibi B havuzunda bulunan flotasyon atığı, farklı örnekleme noktaları ve derinliklerinde, farklı kimyasal özellikler sergilemektedir. B havuzundan 0-30 cm örnekleme derinliğinde toplanan atık örneklerinde pH değerleri ortalaması 3,36 iken; EC değerleri ortalaması ise 9,75 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 30-60 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 3,57 iken; EC değerleri ortalaması 9,50 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 60-90 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 4,00 iken; EC değerleri ortalaması 9,35 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi derinliğe bağlı olarak pH değerlerinde sınırlı bir artış görülürken EC değerlerinde ise sınırlı bir azalış görülmektedir.

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi atık göletinin farklı nokta ve derinliklerinde değişim gösteren kimyasal özelliklere bağlı olarak, atık materyalin fiziksel görünümü (renk) de derinliğe bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Artan derinlikle birlikte hakim olan indirgen koşullar nedeniyle ekstrakte edilebilir ağır metal konsantrasyonları artış göstermektedir.





Şekil 4.2. Keçiörlü kükürt fabrikası flotasyon atık göletinin en büyük atık havuzu olan B havuzunda bulunan atık materyalin derinliğe bağılı olarak gösterdiği fiziksel değişim

Çizelge 4.6. C havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analiz sonuçları

	Örnekleme Noktaları	Örnekleme Derinliği					
		0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm	
		pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )
<b>C Havuzu</b>	1	3.47	9.92	3.09	9.78	3.41	9.96
	2	4.07	9.88	4.29	9.81	4.36	9.67
	3	3.37	10.24	3.49	10.15	3.66	10.06
	4	2.95	10.16	3.38	9.99	3.47	9.79
	5	2.74	9.84	3.09	9.72	3.22	9.33
	6	3.07	9.41	3.45	9.60	3.86	9.36
	7	2.98	9.83	3.14	9.45	3.49	9.37
	8	3.15	9.96	3.29	9.90	3.56	9.72
	9	3.97	9.82	3.89	9.45	4.13	9.32
	10	4.02	9.77	3.62	9.48	4.18	9.42
	11	3.25	9.54	3.81	9.27	3.96	9.17
	12	2.83	10.19	3.27	9.87	3.19	9.68
	<b>Min.</b>	<b>2,74</b>	<b>9,41</b>	<b>3,09</b>	<b>9,27</b>	<b>3,19</b>	<b>9,17</b>
	<b>Ort.</b>	<b>3,32</b>	<b>9,88</b>	<b>3,48</b>	<b>9,71</b>	<b>3,71</b>	<b>9,57</b>
	<b>Mak.</b>	<b>4,07</b>	<b>10,24</b>	<b>4,29</b>	<b>10,15</b>	<b>4,36</b>	<b>10,06</b>

Çizelge 4.6 'de görüldüğü gibi C havuzunda bulunan flotasyon atığı, farklı örnekleme noktaları ve derinliklerinde, farklı kimyasal özellikler sergilemektedir. C havuzundan 0-30 cm örnekleme derinliğinde toplanan atık örneklerinde pH değerleri ortalaması 3,32 iken; EC değerleri ortalaması ise 9,88 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 30-60 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 3,48 iken; EC değerleri ortalaması 9,71 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 60-90 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 3,71 iken; EC değerleri ortalaması 9,57 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi derinliğe bağlı olarak pH değerlerinde sınırlı bir artış görülürken, EC değerlerinde ise sınırlı bir azalış görülmektedir.

Çizelge 4.7. D havuzunda gerçekleştirilen atık materyal örnekleme analiz sonuçları

		Örnekleme Derinliği					
		0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm	
D Havuzu	Örnekleme Noktaları	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )
	1	3.04	9.72	3.37	9.38	3.53	9.17
	2	4.63	9.45	4.81	9.12	5.01	8.93
	3	3.48	9.94	3.86	9.65	4.72	9.53
	4	2.38	10.07	2.26	9.92	3.84	9.99
	5	3.66	9.83	3.72	9.72	4.19	9.36
	6	3.47	9.79	3.29	9.61	3.86	9.49
	7	2.39	9.43	2.71	9.24	3.06	8.96
	8	3.92	9.20	3.96	9.03	4.21	8.74
	9	2.38	9.82	2.29	9.45	2.76	9.32
	10	3.79	9.77	4.13	9.48	4.38	9.42
	<b>Min.</b>	<b>2,38</b>	<b>9,20</b>	<b>2,26</b>	<b>9,03</b>	<b>2,76</b>	<b>8,74</b>
	<b>Ort.</b>	<b>3,31</b>	<b>9,70</b>	<b>3,44</b>	<b>9,46</b>	<b>3,96</b>	<b>9,29</b>
	<b>Mak.</b>	<b>4,63</b>	<b>10,07</b>	<b>4,81</b>	<b>9,92</b>	<b>5,01</b>	<b>9,99</b>

Çizelge 4.7 'de görüldüğü gibi D havuzunda bulunan flotasyon atığı, farklı örnekleme noktaları ve derinliklerinde, farklı kimyasal özellikler sergilemektedir. D havuzundan 0-30 cm örnekleme derinliğinde toplanan atık örneklerinde pH değerleri ortalaması 3,31 iken; EC değerleri ortalaması ise 9,70 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 30-60 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 3,44 iken; EC değerleri ortalaması 9,46 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. 60-90 cm örnekleme derinliğinde pH değerleri ortalaması 3,96 iken; EC değerleri ortalaması 9,29 dS m<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi derinliğe bağlı olarak pH değerlerinde sınırlı bir artış görülürken, EC değerlerinde ise sınırlı bir azalış görülmektedir.

## 4.2. Yüzey Toprağı Örnekleme Analiz Sonuçları ve Tartışması

### 4.2.1. Tarımsal alan yönünde toplanan yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinin analiz sonuçları ve tartışması

Bu bölümde; atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanına doğru ilerleyerek elde edilen yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinde gerçekleştirilen analiz sonuçları ve tartışması verilmektedir.

#### 4.2.1.1. pH ve EC

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde belirlenen pH ve EC değışimi Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen pH ve EC değeri

Örnek No (0-100 m)	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Örnek No (100-500 m)	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Örnek No (500-1000 m)	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
TA-1	6.95	314.3	TA-11	7.63	118.4	TA-21	7.62	109.3
TA-2	7.22	289.0	TA-12	7.59	122.1	TA-22	7.52	125.2
TA-3	7.39	218.7	TA-13	7.74	122.0	TA-23	7.56	110.1
TA-4	7.45	213.3	TA-14	7.84	129.8	TA-24	7.58	113.2
TA-5	7.22	141.3	TA-15	7.58	133.9	TA-25	7.42	111.5
TA-6	7.30	168.8	TA-16	7.70	126.6	TA-26	7.41	118.6
TA-7	7.41	121.9	TA-17	7.58	137.2	TA-27	7.40	105.5
TA-8	7.47	128.6	TA-18	7.82	126.6	TA-28	7.50	100.8
TA-9	7.61	134.9	TA-19	7.80	121.7	TA-29	7.52	93.0
TA-10	7.64	119.6	TA-20	7.87	121.4	TA-30	7.54	95.0
<b>Min.</b>	<b>6.95</b>	<b>119.6</b>	<b>Min.</b>	<b>7.58</b>	<b>118.4</b>	<b>Min.</b>	<b>7.40</b>	<b>93.0</b>
<b>Ort.</b>	<b>7.33</b>	<b>179.1</b>	<b>Ort.</b>	<b>7.70</b>	<b>125.3</b>	<b>Ort.</b>	<b>7.50</b>	<b>106.8</b>
<b>Mak.</b>	<b>7.64</b>	<b>314.3</b>	<b>Mak.</b>	<b>7.87</b>	<b>137.2</b>	<b>Mak.</b>	<b>7.62</b>	<b>125.2</b>

TA (Tarımsal Alan)

Çizelge 4.8. ‘de görüldüğü gibi, tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında pH değeri ortalaması 0-100 m’de 7.33 iken, 100-500 m’de 7.70 ve 500-1000 m’de 7.50 olarak en düşük pH ortalamasının belirlenmiş olması bu örnekleme alanının su ve rüzgar erozyonu etkisiyle en fazla düzeyde atık alanından etkilendiğini göstermektedir. Çünkü tarım alanının toprak pH’sına göre atık materyalinin pH’sının çok düşük olduğuna dikkat çekmek gerekir. Nitekim atık alanına en yakın örneklemede (1 no’lu örnek) ölçülen en düşük pH değeri 6.95 olarak belirlenmiştir. Ancak atık alanından uzaklıkla tarımsal alan yönündeki yüzey topraklarının pH’sı arasında yapılan

istatistiki analizde; uzaklık ile pH arasında önemli bir korelasyon belirlenmemiştir. Bu durum, yani ilk 100 metre örneklerinin pH'sında atık erozyonuna ve özellikle de su erozyonuna bağlı olarak ciddi düzeyde bir azalma görülmesine rağmen, bu ilişkinin devam etmemiş olması rüzgar erozyonu ile taşınabilen materyal miktarının azlığı ve Keçiborlu tarım toprağının; yüksek kireç içeriği, yüksek pH ve tamponlama kapasitesi ile ilişkilendirilebilir. Keçiborlu bahçe topraklarında yapılan bir araştırmada; Erdal (2005) tarafından bildirildiğine göre; Keçiborlu topraklarının pH değerlerinin 0-20 cm'de 7.8-8.0, 20-40 cm 'de 7.7-8.0; CaCO<sub>3</sub> değerlerinin ise 0-20 cm'de % 39-47, 20-40 cm'de % 39-48 olarak belirlenmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada ise; elementel kükürtün ve kükürt içeren atığın (Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığı) toprak pH'sına olan etkisini araştırmak üzere; 0 - 2,000 kg ha<sup>-1</sup> elementel S ve 0 - 100 ton ha<sup>-1</sup> atık, kireçli toprağa (Lithic Xerorthent) eklenmiştir. İnkübasyonun 5., 10. ve 30. haftalarında yapılan ölçümlere göre, yapılan uygulamaların toprak pH'sını azalttığı gözlenirse de ilerleyen zamanla birlikte pH'da bir yükselme eğilimi görülmüştür. (Kaplan ve Orman 1998).

EC değerleri ortalaması ise; 0-100 m'de 179.1 µS cm<sup>-1</sup> iken, 100-500 m'de 125.3 µS cm<sup>-1</sup> ve 500-1000 m'de 106.8 µS cm<sup>-1</sup> olarak; atık alanından uzaklaştıkça belirgin bir azalış göstermiştir. En yüksek EC ortalamasının 0-100 m 'de belirlenmiş olması bu örnekleme alanının su ve rüzgar erozyonu etkisiyle atık alanından en fazla düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Nitekim atık alanına en yakın örneklemede (1 no'lu örnek) ölçülen en yüksek EC değeri 314.3 µS cm<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Ayrıca tarımsal alan yönündeki yüzey topraklarının EC' değerleri ile uzaklık arasındaki korelasyonu belirlemek amacıyla yapılan istatistiki analizde önemli düzeyde negatif korelasyon belirlenmiştir (p = 0.001, r = - 0.610). Bunun nedeni atık materyalinin E.C.'sinin (Çizelge 4.1) toprağa göre çok yüksek olmasıdır. Rüzgar erozyonu ile taşınan miktarların bile yüzey toprağı E.C.'sine etkisi ciddi düzeylerde gerçekleşmiş gözükmektedir.

Yürütülen bir çalışmada, tekstür ve CaCO<sub>3</sub> içeriği yönünden çeşitlilik gösteren 3 farklı kireçli toprağa elementel kükürt ilavesi yapılmıştır. Deneme 30°C 'de 3,6,9, ve 18 hafta boyunca yürütülmüştür. 0.5% oranındaki kükürt ilavesi her 3 toprakta da pH'yi önemli ölçüde azaltırken EC'yi önemli ölçüde artırmıştır (Modaihsh vd 1989).

#### 4.2.1.2. Kükürt (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S)

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> -S (ppm)	Örnek No (100-500 m)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> -S (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> -S (ppm)
TA-1	318.9	TA-11	40.8	TA-21	74.9
TA-2	326.4	TA-12	74.3	TA-22	28.5
TA-3	72.1	TA-13	42.0	TA-23	31.2
TA-4	87.2	TA-14	90.0	TA-24	34.9
TA-5	102.9	TA-15	107.1	TA-25	86.7
TA-6	80.1	TA-16	47.4	TA-26	24.0
TA-7	60.7	TA-17	42.3	TA-27	16.3
TA-8	49.7	TA-18	24.8	TA-28	19.4
TA-9	36.9	TA-19	35.9	TA-29	31.3
TA-10	55.8	TA-20	66.2	TA-30	20.9
<b>Min.</b>	<b>36.9</b>	<b>Min.</b>	<b>24.8</b>	<b>Min.</b>	<b>16.3</b>
<b>Ort.</b>	<b>111.6</b>	<b>Ort.</b>	<b>54.1</b>	<b>Ort.</b>	<b>34.9</b>
<b>Mak.</b>	<b>326.4</b>	<b>Mak.</b>	<b>107.1</b>	<b>Mak.</b>	<b>86.7</b>

Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>-S konsantrasyonları ortalamaları 0-100 m'de 111.6 ppm iken, 100-500 m'de 54.1 ppm ve 500-1000 m'de 34.9 ppm olarak; atık alanından uzaklaştıkça

belirgin bir azalış göstermiştir. Türkiye'nin değişik yerlerinden alınan 89 toprak örneği üzerinde türbidimetrik yöntemle yapılan analizler  $\text{SO}_4^{2-}$ -S miktarının toprakların % 30'unda  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  'dan az ve %70'inde ise  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  'dan az olduğunu göstermiştir (Kacar 1968). Görüldüğü gibi ortalama değerler son derece yüksek olarak gerçekleşmiştir. En yüksek  $\text{SO}_4^{2-}$ -S ortalamasının 0-100 m 'de belirlenmiş olması bu örnekleme alanının su ve rüzgar erozyonu etkisiyle atık alanından en fazla düzeyde etkilendiğini göstermektedir. Nitekim atık alanına en yakın örneklemede (1 ve 2 no'lu örnekler) ölçülen en yüksek  $\text{SO}_4^{2-}$ -S konsantrasyonları sırasıyla 318.9 ppm ve 326.4 ppm olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni atık materyalinin  $\text{SO}_4^{2-}$ -S içeriğinin toprağa göre çok yüksek olmasıdır (Çizelge 4.1). Su ve rüzgar erozyonu ile taşınan materyal yüzey toprağının  $\text{SO}_4^{2-}$ -S içeriğine etkisi belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Ayrıca tarımsal alan yönündeki yüzey topraklarının  $\text{SO}_4^{2-}$ -S' konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki korelasyonu belirlemek amacıyla yapılan istatistiki analizde negatif korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.009$ ,  $r = - 0.467$ ).

#### **4.2.1.3. DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller**

Bu bölümde; atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanına doğru ilerleyerek elde edilen yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinde gerçekleştirilen DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerin (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analiz sonuçları ve tartışması verilmektedir.

##### **4.2.1.3.1. Fe**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Fe (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Fe (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Fe (ppm)
TA-1	2.666	TA-11	2.528	TA-21	3.261
TA-2	2.230	TA-12	1.579	TA-22	6.329
TA-3	2.203	TA-13	0.911	TA-23	3.011
TA-4	2.295	TA-14	2.056	TA-24	6.573
TA-5	5.561	TA-15	3.285	TA-25	2.199
TA-6	6.543	TA-16	2.329	TA-26	2.624
TA-7	4.858	TA-17	2.897	TA-27	3.419
TA-8	2.260	TA-18	2.999	TA-28	3.121
TA-9	2.295	TA-19	3.022	TA-29	1.836
TA-10	2.211	TA-20	2.201	TA-30	3.721
<b>Min.</b>	<b>2.203</b>	<b>Min.</b>	<b>0.911</b>	<b>Min.</b>	<b>1.836</b>
<b>Ort.</b>	<b>3.312</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.381</b>	<b>Ort.</b>	<b>3.609</b>
<b>Mak.</b>	<b>6.543</b>	<b>Mak.</b>	<b>3.285</b>	<b>Mak.</b>	<b>6.573</b>

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 3.312 ppm, 100 – 500 m uzaklık aralığında 2.381 ppm, 500-1000 aralığında ise 3.609 ppm olarak en yüksek değer olarak gerçekleşmiştir. Topraklarda alınabilir Fe sınır konsantrasyonları; < 0.2 ppm Fe az, 0.2 – 4.5 ppm Fe orta, > 4.5 ppm Fe ise yüksek olarak bildirilmiştir (FAO 1990). Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu ilçesi tarımsal alan yüzey toprakları alınabilir demir içeriği ortalamaları orta düzeylerde belirlenmiştir.

Atığın yüksek demir içeriği (Bkz. 4.1.1.2 no'lu bölüm) nedeniyle teorik olarak beklenilmesine rağmen, atık alanına yakın örneklerde DTPA ile ekstrakte edilebilir demir konsantrasyonlarının yüksek çıkmaması, uzaklıkla ilişkili olarak önemli bir



korelasyonun da belirlenmemiş olması ( $p = 0.656$ ,  $r = 0.085$ ) dikkat çekicidir. Bu sonuç DTPA ile ekstrakte edilebilir demirin Keçiborlu tarımsal alan toprağının yüksek kireç içeriği ve pH'sından etkileniyor olmasıyla açıklanabilir. Nitekim aynı örneklerin kral suyu toplam çözünebilir demir içeriklerinde atık alanından etkilenmenin olduğu görülmektedir (Bkz. 4.2.1.4.1 no'lu bölüm).

Marschner (1983), yaptığı çalışmada, ağır metallerin toprakta oldukça fazla birikebildiğini, ağır metallerin alımında pH, organik madde ve killerin yanı sıra, rizosferdeki pH'nın bitkilerin ağır metal alımları üzerinde etkili bir rol oynadığını belirtmiştir.

Yapılan bir çalışmada, elementel kükürtün ve kükürt içeren atığın (Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığı) toprağın alınabilir Fe içeriğine olan etkisini araştırmak üzere; 0 - 2,000 kg ha<sup>-1</sup> elementel S ve 0 - 100 ton ha<sup>-1</sup> atık, kireçli toprağa (Lithic Xerorthent) eklenmiştir. İnkübasyonun 5., 10. ve 30. haftalarında yapılan ölçümlere göre, Atık uygulanan topraklarda; DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarı artmıştır (Kaplan ve Orman 1998). Tekstür ve CaCO<sub>3</sub> içeriği yönünden çeşitlilik gösteren 3 farklı kireçli toprağa elementel kükürt ilavesi yapılmıştır. Deneme 30°C 'de 3,6,9, ve 18 hafta boyunca yürütülmüştür. 0.5% Kükürt ilavesi topraklarda; DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarını az miktarda artırmıştır. (Modaihsh vd 1989).

#### **4.2.1.3.2. Al**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.11'da verilmiştir.

Çizelge 4.11. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Al (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Al (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Al (ppm)
TA-1	0.139	TA-11	0.124	TA-21	0.129
TA-2	0.137	TA-12	0.083	TA-22	0.215
TA-3	0.088	TA-13	0.134	TA-23	0.120
TA-4	0.163	TA-14	0.129	TA-24	0.180
TA-5	0.171	TA-15	0.125	TA-25	0.194
TA-6	0.140	TA-16	0.202	TA-26	0.135
TA-7	0.105	TA-17	0.166	TA-27	0.066
TA-8	0.107	TA-18	0.124	TA-28	0.197
TA-9	0.123	TA-19	0.156	TA-29	0.221
TA-10	0.095	TA-20	0.044	TA-30	0.148
<b>Min.</b>	<b>0.088</b>	<b>Min.</b>	<b>0.044</b>	<b>Min.</b>	<b>0.066</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.127</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.129</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.161</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.171</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.202</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.221</b>

Çizelge 4.11 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında Al 0.127 ppm, 100 – 500 m uzaklık aralığında 0.129 ppm ve 500-1000 aralığında Al ortalaması 0.161 ppm olarak gerçekleşmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Al konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon çıkmamıştır ( $p = 0.075$ ,  $r = 0.330$ ). Aynı örnekte yapılan kral suyu toplam ağır metal analizinde (Bkz. 4.2.1.4.2 no'lu bölüm) Al konsantrasyonları ile uzaklık arasında korelasyon tespit edilmiş olmasının Keçiborlu toprağının kireç içeriğinden ve pH'sından ileri geldiğı düşünölmektedir.

#### 4.2.1.3.3. Ni

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.12’da verilmiştir.

Çizelge 4.12. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Ni (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Ni (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Ni (ppm)
TA-1	3.167	TA-11	3.057	TA-21	3.504
TA-2	4.859	TA-12	2.110	TA-22	7.939
TA-3	3.466	TA-13	1.481	TA-23	2.454
TA-4	2.501	TA-14	1.425	TA-24	4.085
TA-5	11.837	TA-15	4.908	TA-25	2.590
TA-6	15.631	TA-16	3.471	TA-26	2.543
TA-7	3.621	TA-17	3.588	TA-27	3.134
TA-8	3.133	TA-18	3.714	TA-28	2.458
TA-9	3.307	TA-19	2.329	TA-29	1.849
TA-10	3.355	TA-20	2.992	TA-30	4.094
<b>Min.</b>	<b>2.501</b>	<b>Min.</b>	<b>1.425</b>	<b>Min.</b>	<b>1.849</b>
<b>Ort.</b>	<b>5.487</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.907</b>	<b>Ort.</b>	<b>3.465</b>
<b>Mak.</b>	<b>15.631</b>	<b>Mak.</b>	<b>4.908</b>	<b>Mak.</b>	<b>7.939</b>

Çizelge 4.12. ‘de görüldüğü gibi, tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 5.487 ppm iken, 100-500 m’de 2.907 ppm olarak en düşük ortalama değeri almış ve daha sonra 500-1000 m’de 3.465 ppm olarak belirlenmiştir. En yüksek Ni ortalamasının belirlendiğı 0-100 m örnekleme aralığının su ve rüzgar erozyonu etkisiyle en fazla düzeyde atık alanından etkilendiğini göstermektedir. Çünkü atık materyali yüksek düzeyde Ni içermektedir (Çizelge 4.2).

Dünya topraklarında Ni miktarının 0.2 - 450 ppm gibi çok geniş sınırlar arasında değiştiği ortalama olarak 22 ppm olarak tespit edildiği bildirilmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias 1992). Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Ni içeriği ortalamaları yönünden dünya toprakları ortalama değerlerinin altında belirlenmiştir.

Ancak tarımsal alan yönündeki yüzey topraklarının Ni içeriği ile atık alanından uzaklık arasında yapılan korelasyon testinde istatistiksel düzeyde önemli bir korelasyon belirlenmemiştir ( $p = 0.129$ ,  $r = - 0.283$ ). Bu durum yani, ilk 100 metre örneklerinin Ni içeriğinin atık erozyonuna ve özellikle de su erozyonuna bağlı olarak ciddi düzeyde yüksek bir Ni içeriği belirlenmiş olmasına rağmen, bu ilişkinin uzaklığa bağlı olarak düzenli bir şekilde azalmamış olmasında; örnekleme alanı toprak pH'sında olabilecek farklılıkların etkili olması muhtemeldir.

#### **4.2.1.3.4. Mn**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Mn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Mn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Mn (ppm)
TA-1	24.082	TA-11	17.775	TA-21	8.965
TA-2	1.717	TA-12	20.160	TA-22	6.805
TA-3	4.023	TA-13	8.863	TA-23	11.457
TA-4	15.254	TA-14	5.234	TA-24	7.958
TA-5	16.673	TA-15	14.126	TA-25	14.325
TA-6	7.016	TA-16	15.957	TA-26	11.034
TA-7	21.473	TA-17	29.663	TA-27	23.745
TA-8	13.950	TA-18	12.745	TA-28	3.683
TA-9	10.576	TA-19	11.270	TA-29	8.268
TA-10	11.518	TA-20	16.317	TA-30	1.494
<b>Min.</b>	<b>1.717</b>	<b>Min.</b>	<b>5.234</b>	<b>Min.</b>	<b>1.494</b>
<b>Ort.</b>	<b>12.628</b>	<b>Ort.</b>	<b>15.211</b>	<b>Ort.</b>	<b>9.773</b>
<b>Mak.</b>	<b>24.082</b>	<b>Mak.</b>	<b>29.663</b>	<b>Mak.</b>	<b>23.745</b>

Çizelge 4.13 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 12.628 ppm iken, 100-500 m'de 15.211 ppm değerine yükselmiş daha sonra 500-1000 m'de ise 9.773 ppm olarak belirlenmiştir. Topraklarda alınabilir Mn sınır konsantrasyonları; <4 ppm Mn, çok az, 4-14 ppm Mn az, 14-50 ppm Mn yeter, 50-170 ppm Mn fazla ve >170 ppm Mn çok fazla olarak bildirilmiştir (FAO 1990). Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Mn içeriğı ortalamaları yönünden az ve yeter durumda belirlenmiştir.

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Mn konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon çıkmamıştır ( $p = 0.360$ ,  $r = - 0.173$ ). Bu durum Mn alınabilirliğinin toprak pH'sından etkilenerek azalmasına ve Keçiborlu topraklarının

kireç içeriği ile pH'sının örnekleme alanında değişkenlik gösteriyor olmasıyla açıklanabilir. Üçgül bitkisinin fazlaca bulunduğu çayır topraklarında yürütülen bir çalışmada çayırın kuruluşundan başlayarak geçen süre içerisinde toprak pH'sı 6.1 'den 4.8'e azalırken değişebilir mangan ( $Mn^{+2}$ ) miktarı 4.6 ppm 'den 46.1 ppm'e yaklaşık 10 kat bir artış göstermiştir (Bromfield vd 1983).

Bitkilerin temel Mangan kaynağını oluşturan toprak çözeltisinde  $Mn^{+2}$  konsantrasyonu ortam pH'sının bir birim yükselmesiyle 100 kat azalır (Lindsay 1972).

Modaihsh vd (1989) tarafından yapılan bir çalışmada; tekstür ve  $CaCO_3$  içeriği yönünden çeşitlilik gösteren 3 farklı kireçli toprağa elementel kükürt ilavesi yapılmıştır. Deneme  $30^{\circ}C$  'de 3,6,9, ve 18 hafta boyunca yürütülmüştür. 0.5% oranındaki Kükürt ilavesi topraklarda; DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn miktarı artmıştır.

Yapılan bir çalışmada, elementel kükürtün ve kükürt içeren atığın (Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığı) topraktaki alınabilir Mn miktarına olan etkisini araştırmak üzere; 0 - 2,000 kg ha<sup>-1</sup> elementel S ve 0 - 100 ton ha<sup>-1</sup> atık, kireçli toprağa (Lithic Xerorthent) eklenmiştir. İnkübasyonun 5., 10. ve 30. haftalarında yapılan ölçümlere göre, Atık uygulanan topraklarda; DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn miktarı artmıştır (Kaplan ve Orman 1998).

#### **4.2.1.3.5. Cu**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cu (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cu (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cu (ppm)
TA-1	1.590	TA-11	1.991	TA-21	1.349
TA-2	0.961	TA-12	1.662	TA-22	1.749
TA-3	1.377	TA-13	1.320	TA-23	1.170
TA-4	1.436	TA-14	1.448	TA-24	0.951
TA-5	1.344	TA-15	1.347	TA-25	1.189
TA-6	1.282	TA-16	1.343	TA-26	1.096
TA-7	2.467	TA-17	1.592	TA-27	1.288
TA-8	1.547	TA-18	1.405	TA-28	0.850
TA-9	1.421	TA-19	1.330	TA-29	1.063
TA-10	1.475	TA-20	1.332	TA-30	1.191
<b>Min.</b>	<b>0.961</b>	<b>Min.</b>	<b>1.320</b>	<b>Min.</b>	<b>0.850</b>
<b>Ort.</b>	<b>1.490</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.477</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.190</b>
<b>Mak.</b>	<b>2.467</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.991</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.749</b>

Çizelge 4.14 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 1.490 ppm iken, 100-500 m’de 1.477 ppm değıerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 1.190 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. (Follet ve Lindsay 1970) tarafından bildirildiğine göre alınabilir Cu konsantrasyonu için kritik düzey 0.2 ppm Cu olarak belirlenmiştir. Eyüpoğlu vd (1996) Türkiye topraklarını temsilen alınan toplam 1511 toprak örneğinde bitkiye yararışlı Cu miktarlarının tamamını bu kritik düzeyin üzerinde bulmuş; toprakların % 33.6 ‘sında (507 örnek) 0.80 - 1.60 ppm, %26.3 ‘ünde (398 örnek) 1.60 - 2.20 ppm bulduklarını bildirmişlerdir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Cu içeriğı ortalamaları kritik düzeyin üzerinde bulunmuştur.

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Cu konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.030$ ,  $r = - 0.396$ ). Çin (Hunan)'de bulunan Chenzhou maden atık alanında toprakların metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada, toprakların işleniş biçimine göre farklılık göstermekle birlikte, topraklarda yüksek düzeyde Cu miktarlarına rastlanmıştır (Liu ve Probst 2004). Kore'de bir Pb-Zn madeni çevresindeki çeltik tarlalarında yapılan bir çalışmada; tarla topraklarında, maden alanından yayılan atık materyal yüzünden, yüksek düzeyde Cu bulunduğu bildirilmiştir (Jung ve Thornton 1997).

Yapılan bir çalışmada, elementel kükürtün ve kükürt içeren atığın (Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atığı) toprağın alınabilir Cu miktarına olan etkisini araştırmak üzere; 0 - 2,000 kg ha<sup>-1</sup> elementel S ve 0 - 100 ton ha<sup>-1</sup> atık, kireçli toprağa (Lithic Xerorthent) eklenmiştir. İnkübasyonun 5., 10. ve 30. haftalarında yapılan ölçümlere göre, yapılan uygulamaların Cu miktarı artırdığı gözlenmiştir (Kaplan ve Orman 1998). Tekstür ve CaCO<sub>3</sub> içeriği yönünden çeşitlilik gösteren 3 farklı kireçli toprağa elementel kükürt ilavesi yapılmıştır. Deneme 30°C 'de 3,6,9, ve 18 hafta boyunca yürütülmüştür. 0.5% oranındaki Kükürt ilavesi topraklarda DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu'nın miktarını az miktarda artırmıştır (Modaihsh 1989).

#### **4.2.1.3.6. Zn**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.15'de verilmiştir.



Çizelge 4.15. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Zn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Zn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Zn (ppm)
TA-1	2.793	TA-11	0.500	TA-21	0.505
TA-2	0.472	TA-12	0.659	TA-22	0.653
TA-3	0.607	TA-13	0.415	TA-23	0.396
TA-4	0.448	TA-14	0.315	TA-24	1.160
TA-5	0.928	TA-15	0.848	TA-25	0.497
TA-6	0.981	TA-16	1.101	TA-26	0.345
TA-7	1.322	TA-17	0.666	TA-27	0.428
TA-8	0.671	TA-18	0.553	TA-28	0.241
TA-9	0.558	TA-19	0.596	TA-29	0.302
TA-10	0.595	TA-20	0.514	TA-30	0.345
<b>Min.</b>	<b>0.448</b>	<b>Min.</b>	<b>0.315</b>	<b>Min.</b>	<b>0.241</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.937</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.617</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.487</b>
<b>Mak.</b>	<b>2.793</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.101</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.160</b>

Çizelge 4.15 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.937 ppm iken, 100-500 m’de 0.617 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 0.487 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Toprak çözeltilisindeki değışebilir Zn miktarının toprak pH’sı ile ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Dolar ve Keeney 1971); toprak pH’sı 5.0-6.0 arasından iken değışebilir Zn miktarı 1.2 ppm, pH 6.1-6.5 arasında iken 0.5 ppm, pH 6.6-7.0 aralığında olduğu koşulda ise 0.4 ppm olarak belirlendiğı bildirilmiştir. Yürütölen bir çalışmada elementel kükürtün; topraktaki Zn çözünlüğüne etkisini araştırmak amacıyla bir saksı denemesi kurulmuştur. Elementel kükürt (S) 2 farklı dozda 0 mmol kg<sup>-1</sup> (S<sub>0</sub>) ve 200 mmol kg<sup>-1</sup> (S<sub>200</sub>) olarak uygulanmıştır. Kükürt uygulaması sırasıyla; 0 (Zn<sub>0</sub>), 100

(Zn<sub>100</sub>), 200 (Zn<sub>200</sub>) mg kg<sup>-1</sup> toprak olmak üzere 3 farklı dozda ağır metal içeren topraklara yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 200 mmol S kg<sup>-1</sup> uygulanan toprakta Zn 'nin çözünürlüğü önemli ölçüde artış göstermiştir (Cui vd 2004).

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Zn konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir (p = 0.033, r = - 0.391). Çin (Hunan)'de bulunan Chenzhou maden atık alanında toprakların metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada, toprakların işleniş biçimine göre farklılık göstermekle birlikte, topraklarda yüksek düzeyde Zn miktarlarına rastlanmıştır (Liu ve Probst 2004). Kore'de bir Pb-Zn madeni çevresindeki çeltik tarlalarında yapılan bir çalışmada; tarla topraklarında, maden alanından yayılan atık materyal yüzünden, yüksek düzeyde Zn bulunduğu bildirilmiştir (Jung ve Thornton 1997).

#### **4.2.1.3.7. Pb**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Pb (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Pb (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Pb (ppm)
TA-1	0.291	TA-11	0.343	TA-21	0.256
TA-2	0.185	TA-12	0.442	TA-22	0.199
TA-3	0.276	TA-13	0.385	TA-23	0.265
TA-4	0.284	TA-14	0.338	TA-24	0.177
TA-5	0.230	TA-15	0.381	TA-25	0.231
TA-6	0.462	TA-16	0.342	TA-26	0.218
TA-7	0.492	TA-17	0.381	TA-27	0.191
TA-8	0.345	TA-18	0.286	TA-28	0.217
TA-9	0.296	TA-19	0.282	TA-29	0.270
TA-10	0.321	TA-20	0.306	TA-30	0.229
<b>Min.</b>	<b>0.185</b>	<b>Min.</b>	<b>0.282</b>	<b>Min.</b>	<b>0.177</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.318</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.349</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.225</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.492</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.442</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.270</b>

Çizelge 4.16 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.318 ppm iken, 100-500 m’de 0.349 ppm değerine yükselmiş daha sonra 500-1000 m’de ise 0.225 ppm olarak bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Pb konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.009$ ,  $r = - 0.470$ ).

Çin (Hunan)’de bulunan Chenzhou maden atık alanında toprakların metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada, toprakların işleniş biçimine göre farklılık göstermekle birlikte, topraklarda yüksek düzeyde Pb miktarlarına rastlanmıştır (Liu ve Probst 2004). Kore’de bir Pb-Zn madeni çevresindeki çeltik tarlalarında yapılan bir çalışmada; tarla topraklarında, maden alanından yayılan atık materyal yüzünden, yüksek düzeyde Pb bulunduğu bildirilmiştir (Jung ve Thornton 1997).

#### 4.2.1.3.8. Cd

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cd (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cd (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cd (ppm)
TA-1	0.0576	TA-11	0.0253	TA-21	0.0291
TA-2	0.0190	TA-12	0.0202	TA-22	0.0313
TA-3	0.0260	TA-13	0.0171	TA-23	0.0208
TA-4	0.0248	TA-14	0.0168	TA-24	0.0219
TA-5	0.0477	TA-15	0.0242	TA-25	0.0189
TA-6	0.0660	TA-16	0.0263	TA-26	0.0170
TA-7	0.0242	TA-17	0.0244	TA-27	0.0193
TA-8	0.0210	TA-18	0.0248	TA-28	0.0149
TA-9	0.0211	TA-19	0.0191	TA-29	0.0166
TA-10	0.0216	TA-20	0.0193	TA-30	0.0187
<b>Min.</b>	<b>0.0190</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0168</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0149</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0329</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0217</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0209</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0660</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0263</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0313</b>

Çizelge 4.17 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.0329 ppm iken, 100-500 m’de 0.0217 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 0.0209 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Yürütülen bir çalışmada elementel kükürtün; topraktaki Cd çözünürlüğüne etkisini araştırmak amacıyla bir saksı denemesi kurulmuştur. Elementel kükürt (S) 2 farklı dozda 0 mmol kg<sup>-1</sup> (S<sub>0</sub>) ve 200 mmol kg<sup>-1</sup> (S<sub>200</sub>) olarak uygulanmıştır. Kükürt uygulaması sırasıyla; Cd, 0 (Cd<sub>0</sub>), 50 (Cd<sub>50</sub>), 100 (Cd<sub>100</sub>) mg kg<sup>-1</sup> toprak olmak üzere 3 farklı dozda ağır metal içeren topraklara yapılmıştır. Cd'nin çözünürlüğü önemli ölçüde artış göstermiştir (Cui vd 2004). Kadmiyum ile yapay olarak kirletilmiş bir toprağa, asitliği düşürmek amacıyla; kükürt çiçeği (kükürt buharı yoğunlaştığı zaman teşekkül eden açık sarı renkli toz kükürt) ve mikrobiyolojik üretilmiş hidrofilik elementel kükürt eklenmiştir. Toprak bahsi geçen materyallerle atmosfer koşullarındaki saksılarda inkübe edilmiştir. Zamana bağlı olarak; pH, sülfat ve kadmiyum çözünürlüğündeki değişimler kaydedilmiştir. Mikrobiyal yolla üretilen kükürtün asitliği düşürücü etkisi kükürt çiçeğinkine göre daha hızlı ve yüksek oranlarda gerçekleşmiştir. Deney boyunca kadmiyumun çözünürlüğünü etkileyen yegane faktör toprak pH'sı olmuştur (Tichý vd 1997).

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Cd konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir (p = 0.019, r = - 0.425). Çin (Hunan)'de bulunan Chenzhou maden atık alanında toprakların metal kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada, toprakların işleniş biçimine göre farklılık göstermekle birlikte, topraklarda yüksek düzeyde Cd miktarlarına rastlanmıştır (Liu ve Probst 2004). Kore'de bir Pb-Zn madeni çevresindeki çeltik tarlalarında yapılan bir çalışmada; tarla topraklarında, maden alanından yayılan atık materyal yüzünden, yüksek düzeyde Cd bulunduğu bildirilmiştir (Jung ve Thornton 1997).

Ağır metal kirliliği olan bir topraktaki Pb, Cd ve Zn mobilitesini tayin etmek amacıyla; redoks potansiyelinin ve pH'nın ağır metal çözünürlüğüne etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda hem redoks potansiyelinin hem de pH'nın ağır metal çözünürlüğü üzerinde büyük etkisi olduğu anlaşılmıştır. 21 gün boyunca sürekli olarak oksijenli havalandırmaya tabi tutulan toprak süspansiyonda redoks potansiyeli 290 'dan 440 mV 'ye yükselirken pH 'değeride 6.9 'dan 7.0 'a çıkmıştır. Çözünür Pb,

Cd ve Zn konsantrasyonları ise zamana bağılı olarak değişkenlik göstermekle birlikte 1 mg kg<sup>-1</sup> 'in altında bulunmuştur. Toprak süspansiyona azot gazı muamelesi yapıldığı zaman ise nihai redoks potansiyeli -140 mV olmuş ve pH değeri 7.1 olarak ölçülmüştür. Çözünebilir metal konsantrasyonları ise oksijenli havalandırmaya göre hafif bir artış göstermiştir. Ağır metallerin çözünürlük dengesi deneyleri farklı pH değerlerinde (3.3, 5.0, 8.0) ve farklı redoks potansiyellerinde (325, 0, -100 mV) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre alkalın koşullarda (pH = 8.0) metaller çok az çözünürken hafif asidik koşullarda (pH = 5.0) çözünürlükleri artmıştır. pH = 3.3 'e ayarlandığında ise metallerin çözünürlüğünde büyük bir artış meydana gelmiştir. Aynı pH değerlerinde yapılan çözünürlük karşılaştırmasında ise metallerin çözünürlüğünün azalan redoks potansiyeli ile birlikte arttığı tespit edilmiştir. Genel bir ifade ile asidik ve indirgen koşulların metallerin çözünürlüğü açısından en uygun koşullar olduğu ve pH'nın çözünürlüğe olan etkisinin redoks potansiyelinden daha önemli olduğu söylenebilir. Ağır metallerin çoğunlukla Fe-Mn oksihidroksitlere adsorbe olduğu düşünölmektedir. pH'ya bağlı metal adsorbsiyonu reaksiyonu ve indirgen koşullarda Fe-Mn oksihidroksitlerinin ayrışması topraklardaki ağır metal salınımını kontrol eden mekanizmalar olarak değerlendirilmektedir (Chuan vd 1995).

#### 4.2.1.3.9. Cr

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Tarımsal Alan Yüzey Toprağı Örneklerinde Örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cr (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cr (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cr (ppm)
TA-1	0.0143	TA-11	0.0080	TA-21	0.0046
TA-2	0.0050	TA-12	0.0053	TA-22	0.0053
TA-3	0.0028	TA-13	0.0036	TA-23	0.0064
TA-4	0.0073	TA-14	0.0037	TA-24	0.0056
TA-5	0.0083	TA-15	0.0069	TA-25	0.0058
TA-6	0.0037	TA-16	0.0043	TA-26	0.0056
TA-7	0.0084	TA-17	0.0136	TA-27	0.0054
TA-8	0.0067	TA-18	0.0057	TA-28	0.0050
TA-9	0.0036	TA-19	0.0038	TA-29	0.0053
TA-10	0.0066	TA-20	0.0062	TA-30	0.0024
<b>Min.</b>	<b>0.0028</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0036</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0024</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0067</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0061</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0051</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0143</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0136</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0064</b>

Çizelge 4.18 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0067 ppm iken, 100-500 m'de 0.0061 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise yine düşüş göstererek 0.0051 ppm olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Cr konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon çıkmamıştır ( $p = 0.208$ ,  $r = - 0.237$ ). Buna rağmen ortalama konsantrasyonların atık göletinden uzaklaştıkça azalış göstermiş olmasının; atık materyalin çevreye yayıldığını gösteren bir bulgu olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.1.3.10. Co

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.19 ‘da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Co (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Co (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Co (ppm)
TA-1	0.399	TA-11	0.233	TA-21	0.127
TA-2	0.018	TA-12	0.311	TA-22	0.069
TA-3	0.039	TA-13	0.149	TA-23	0.154
TA-4	0.213	TA-14	0.073	TA-24	0.091
TA-5	0.299	TA-15	0.164	TA-25	0.181
TA-6	0.100	TA-16	0.197	TA-26	0.132
TA-7	0.246	TA-17	0.395	TA-27	0.293
TA-8	0.206	TA-18	0.183	TA-28	0.037
TA-9	0.156	TA-19	0.160	TA-29	0.105
TA-10	0.171	TA-20	0.235	TA-30	0.006
<b>Min.</b>	<b>0.018</b>	<b>Min.</b>	<b>0.073</b>	<b>Min.</b>	<b>0.006</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.185</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.210</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.120</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.399</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.395</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.293</b>

Çizelge 4.19 ‘da görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.185 ppm iken, 100-500 m’de 0.210 ppm’e düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise yine düşüş göstererek 0.120 ppm olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı Co konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon çıkmamıştır ( $p = 0.153$ ,  $r = - 0.267$ ).



#### 4.2.1.4. Kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metaller

Bu bölümde; atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanına doğru ilerleyerek elde edilen yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinde gerçekleştirilen kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metallerin (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analiz sonuçları ve tartışması verilmektedir.

##### 4.2.1.4.1. Fe

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Fe konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Fe konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Fe (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Fe (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Fe (ppm)
TA-1	8721.8	TA-11	9980.3	TA-21	5865.5
TA-2	10444.1	TA-12	8759.2	TA-22	7112.6
TA-3	3871.4	TA-13	9358.4	TA-23	1192.4
TA-4	8993.5	TA-14	9557.6	TA-24	1695.4
TA-5	11078.8	TA-15	4961.8	TA-25	1512.2
TA-6	9848.7	TA-16	5744.1	TA-26	2898.4
TA-7	9071.2	TA-17	2420.9	TA-27	9552.7
TA-8	3598.6	TA-18	6656.4	TA-28	7105.9
TA-9	6574.6	TA-19	991.6	TA-29	3764.5
TA-10	8885.5	TA-20	2924.6	TA-30	5830.9
<b>Min.</b>	<b>3598.6</b>	<b>Min.</b>	<b>991.6</b>	<b>Min.</b>	<b>1192.4</b>
<b>Ort.</b>	<b>8108.8</b>	<b>Ort.</b>	<b>6135.5</b>	<b>Ort.</b>	<b>4653.1</b>
<b>Mak.</b>	<b>11078.8</b>	<b>Mak.</b>	<b>9980.3</b>	<b>Mak.</b>	<b>9552.7</b>

Çizelge 4.20 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 8108.8 ppm iken, 100-500 m'de 6135.5 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 4653.1 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) 'in bildirdiğine göre dünya topraklarının kral suyu toplam Fe konsantrasyonları ortalaması 32000 ppm 'dir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları toplam Fe içeriği ortalamaları dünya ortalamasının altında gerçekleşmiştir.

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Fe konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.012$ ,  $r = - 0.454$ ). Kanada'nın önemli bir metal üreticisi olan Sudbury, Ontario bölgesinde bulunan nikel-bakır maden fabrikası (izabe tesisi) çevresinden toplanan toprak örneklerinde toksik ağır metalleri analizi yapmışlardır. Fe konsantrasyonlarının bir yönde fabrikadan uzaklaştıkça 49.8 km boyunca azaldığını bildirmişlerdir. En çok kirlenmenin yüzey topraklarında olduğunu ve bu kirliliğin toprak profilinden aşağı doğru bir azalma gösterdiğini belirlemişlerdir (Hutchinson ve Whitby 1974).

#### **4.2.1.4.2. Al**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Al konsantrasyonlarındaki değişim çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Al konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Al (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Al (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Al (ppm)
TA-1	6034.6	TA-11	6697.5	TA-21	5174.2
TA-2	7338.7	TA-12	5613.0	TA-22	5161.4
TA-3	4913.0	TA-13	6000.2	TA-23	4368.8
TA-4	5956.9	TA-14	6274.5	TA-24	3356.0
TA-5	7110.1	TA-15	5092.0	TA-25	4094.4
TA-6	6458.0	TA-16	5249.2	TA-26	4551.4
TA-7	5951.2	TA-17	4544.8	TA-27	4265.5
TA-8	4927.0	TA-18	5136.1	TA-28	4351.8
TA-9	5804.4	TA-19	3710.6	TA-29	4955.1
TA-10	6178.2	TA-20	4437.7	TA-30	3852.7
<b>Min.</b>	<b>4913.0</b>	<b>Min.</b>	<b>3710.6</b>	<b>Min.</b>	<b>3356.0</b>
<b>Ort.</b>	<b>6067.2</b>	<b>Ort.</b>	<b>5275.6</b>	<b>Ort.</b>	<b>4413.1</b>
<b>Mak.</b>	<b>7338.7</b>	<b>Mak.</b>	<b>6697.5</b>	<b>Mak.</b>	<b>5174.2</b>

Çizelge 4.21 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 6067.2 ppm iken, 100-500 m'de 5275.6 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 4413.1 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; örnekleme aralıkları arasında belirlenen konsantrasyon ortalamalarındaki değışimin atık materyalin bölgedeki yayılımına işaret ettiği düşünölmektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Al konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.679$ ).

#### 4.2.1.4.3. Ni

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Ni konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Tarımsal Alan Yüzey Toprağı Örneklerinde Örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Ni konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Ni (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Ni (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Ni (ppm)
TA-1	149.3	TA-11	119.5	TA-21	113.9
TA-2	144.4	TA-12	87.0	TA-22	129.5
TA-3	100.5	TA-13	95.6	TA-23	99.5
TA-4	147.5	TA-14	104.6	TA-24	101.3
TA-5	204.3	TA-15	113.5	TA-25	90.4
TA-6	222.1	TA-16	98.5	TA-26	86.6
TA-7	114.7	TA-17	88.2	TA-27	83.3
TA-8	102.1	TA-18	93.6	TA-28	86.7
TA-9	113.7	TA-19	93.0	TA-29	87.5
TA-10	121.2	TA-20	90.3	TA-30	90.0
<b>Min.</b>	<b>100.5</b>	<b>Min.</b>	<b>87.0</b>	<b>Min.</b>	<b>83.3</b>
<b>Ort.</b>	<b>142.0</b>	<b>Ort.</b>	<b>98.4</b>	<b>Ort.</b>	<b>96.9</b>
<b>Mak.</b>	<b>222.1</b>	<b>Mak.</b>	<b>119.5</b>	<b>Mak.</b>	<b>129.5</b>

Çizelge 4.22 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 142.0 ppm iken, 100-500 m’de 98.4 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 96.9 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) ‘in bildirdiğine göre dünya topraklarının kral suyu toplam Ni konsantrasyonları 2-750 ppm aralığında değişirken ortalama olarak 34 ppm ‘dir. Görüldüğü gibi incelediğimiz örneklerde belirlenen konsantrasyonları ortalama konsantrasyonların üzerindedir. Wedepohl (1984) kirlenmemiş toprak örneklerinde toplam konsantrasyonlarının 5 - 50

ppm arasında bulunduğunu bildirmiştir. Görüldüğü gibi Keçiörsü tarımsal alan yüzey topraklarında tespit edilen toplam Ni konsantrasyonları kirlenmemiş topraklar için belirlenen sınır değerlerin çok üzerindedir.

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Ni konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.566$ ). Bu sonuç, atık alanından uzaklaştıkça yüzey toprağında toplam nikel konsantrasyonunun azaldığını göstermektedir. Kanada'nın önemli bir metal üreticisi olan Sudbury, Ontario bölgesinde bulunan nikel-bakır maden fabrikası (izabe tesisi) çevresinden toplanan toprak örneklerinde toksik ağır metalleri analizi yapmışlardır. Fabrikanın 1.1 km çevresinde 104 ppm olarak çok yüksek konsantrasyonda Ni tespit etmişlerdir En çok kirlenme yüzey topraklarında tespit edilmiş ve bu kirlilik toprak profilinden aşağı doğru bir azalma gözlenmiştir (Hutchinson ve Whitby 1974).

#### **4.2.1.4.4. Mn**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Mn konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Mn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Mn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Mn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Mn (ppm)
TA-1	323.4	TA-11	305.1	TA-21	276.5
TA-2	328.3	TA-12	272.5	TA-22	296.9
TA-3	295.7	TA-13	288.4	TA-23	282.8
TA-4	308.1	TA-14	282.7	TA-24	281.7
TA-5	330.5	TA-15	305.3	TA-25	277.7
TA-6	336.5	TA-16	291.0	TA-26	293.1
TA-7	310.5	TA-17	292.3	TA-27	237.6
TA-8	270.3	TA-18	302.2	TA-28	307.0
TA-9	265.2	TA-19	275.0	TA-29	290.0
TA-10	288.7	TA-20	267.8	TA-30	270.1
<b>Min.</b>	<b>265.2</b>	<b>Min.</b>	<b>267.8</b>	<b>Min.</b>	<b>237.6</b>
<b>Ort.</b>	<b>305.7</b>	<b>Ort.</b>	<b>288.2</b>	<b>Ort.</b>	<b>281.3</b>
<b>Mak.</b>	<b>336.5</b>	<b>Mak.</b>	<b>305.3</b>	<b>Mak.</b>	<b>307.0</b>

Çizelge 4.23 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Mn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 305.7 ppm iken, 100-500 m'de 288.2 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 281.3 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) 'in bildirdiğine göre dünya topraklarının kral suyu toplam Mn konsantrasyonları 20-10000 ppm aralığında değışirken ortalama olarak 760 ppm'dir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Mn içeriğı ortalamaları dünya ortalamasının altında bulunmaktadır. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Mn konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.010$ ,  $r = -0.466$ ).

#### 4.2.1.4.5. Cu

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Cu konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Tarımsal Alan Yüzey Toprağı Örneklerinde Örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Cu konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cu (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cu (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cu (ppm)
TA-1	69.2	TA-11	70.2	TA-21	68.7
TA-2	62.2	TA-12	59.5	TA-22	49.9
TA-3	64.6	TA-13	63.8	TA-23	53.0
TA-4	37.9	TA-14	60.9	TA-24	42.8
TA-5	75.1	TA-15	71.2	TA-25	56.9
TA-6	57.2	TA-16	53.8	TA-26	42.0
TA-7	77.7	TA-17	45.8	TA-27	62.2
TA-8	53.7	TA-18	68.9	TA-28	41.5
TA-9	71.2	TA-19	68.2	TA-29	37.7
TA-10	66.6	TA-20	56.9	TA-30	54.4
<b>Min.</b>	<b>37.9</b>	<b>Min.</b>	<b>45.8</b>	<b>Min.</b>	<b>37.7</b>
<b>Ort.</b>	<b>63.5</b>	<b>Ort.</b>	<b>61.9</b>	<b>Ort.</b>	<b>50.9</b>
<b>Mak.</b>	<b>77.7</b>	<b>Mak.</b>	<b>71.2</b>	<b>Mak.</b>	<b>68.7</b>

Çizelge 4.24 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Cu konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 63.5 ppm iken, 100-500 m’de 61.9 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 50.9 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) ‘in bildirdiğine göre dünya toprakları kral suyu toplam Cu konsantrasyonları 2-250 ppm arasında değişirken ortalama olarak 26 ppm’dir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Cu içeriği ortalamaları dünya ortalamasının üzerinde bulunmakta fakat yaygın konsantrasyonların arasında bulunmaktadır.

Wedepohl (1984) kirlenmemiş toprak örneklerinde Cu konsantrasyonlarının 2 - 40 ppm arasında bulunduğunu bildirmiştir. Görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey topraklarında tespit edilen Cu konsantrasyonları kirlenmemiş topraklar için belirlenen sınır değerlerin çok üzerindedir.

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Cu konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.010$ ,  $r = - 0.460$ ). San Luis Potosí (Mexico) 'da bulunan ve günümüzde hala işletilmekte olan 105 km<sup>2</sup> 'lik tarihi bir madencilik alanında yapılan toprak örnekleme sonucu; 15–7200 ppm Cu tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu sonucun kirlilik kaynağından su ve rüzgar yoluyla gerçekleşen ağır metal taşınımına bağlı olduğu bildirilmiştir (Razo ve Carrizales 2003). Kore'nin Pb-Zn madencilik bölgesinde yürütülen bir çalışmada; madencilik atıkları, bahçe toprakları ve işlenmeyen topraklarda örnekleme yapılmıştır. Elde edilen toprak örneklerinde; Cu konsantrasyonları, su erozyonu ve topoğrafyaya bağlı olarak, atık alanından uzaklaştıkça belirgin bir azalma göstermiştir (Jung ve Thornton 1999).

#### **4.2.1.4.6. Zn**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Zn konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.25'de verilmiştir.



Çizelge 4.25. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Zn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Zn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Zn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Zn (ppm)
TA-1	43.9	TA-11	48.3	TA-21	42.4
TA-2	51.1	TA-12	39.6	TA-22	39.2
TA-3	43.2	TA-13	44.1	TA-23	32.8
TA-4	41.6	TA-14	47.6	TA-24	32.5
TA-5	57.8	TA-15	50.0	TA-25	34.5
TA-6	54.5	TA-16	46.0	TA-26	30.5
TA-7	48.9	TA-17	38.1	TA-27	28.1
TA-8	41.0	TA-18	42.7	TA-28	28.3
TA-9	45.7	TA-19	40.1	TA-29	28.2
TA-10	94.7	TA-20	38.5	TA-30	42.1
<b>Min.</b>	<b>41.0</b>	<b>Min.</b>	<b>38.1</b>	<b>Min.</b>	<b>28.1</b>
<b>Ort.</b>	<b>52.2</b>	<b>Ort.</b>	<b>43.5</b>	<b>Ort.</b>	<b>33.9</b>
<b>Mak.</b>	<b>94.7</b>	<b>Mak.</b>	<b>50.0</b>	<b>Mak.</b>	<b>42.4</b>

Çizelge 4.25 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 52.2 ppm iken, 100-500 m’de 43.5 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 33.9 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) tarafından bildirildiğine göre dünya toprakları kral suyu toplam Zn konsantrasyonları 1-900 ppm aralığında değışim gösterirken ortalama olarak 60 ppm’dir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Zn içeriğı ortalamları dünya ortalamasının altında bulunmaktadır.

San Luis Potosí (Mexico) ‘da bulunan ve günümüzde hala işletilmekte olan 105 km<sup>2</sup> ’lik tarihi bir madencilik alanında yapılan toprak örnekleme sonucu; 26–6270 ppm Zn tespit edilmiş. Ortaya çıkan bu sonucun kirlilik kaynağından su ve rüzgar

yoluyla gerekleŒen ağır metal taŒınımına bağlı olduğu bildirilmiŒtir (Razo ve Carrizales 2003).

Yapılan korelasyon analizi sonucu yzey toprağı toplam Zn konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiŒtir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.618$ ). Kore'de bulunan kapatılmıŒ bir metal madeninin çevresinden yapılan bir alıŒmada bzlgedeki atıklardan kaynaklanan metallerin arazinin aŒađı doğru eğimli ynlere doğru, ruzgar ve suyun hareketiyle, srekli bir yayılım gsterdiği tespit edilmiŒtir. Bzylece arazinin bahsedilen ynllerinde atık alanından 3.3 km uzaklığa kadar sularda ve sedimentlerde belirgin konsantrasyonlarda ağır metal değerlerine rastlamıŒ; bu değerlerin zellikle Zn elementinde dikkat çekici dzeyde olduğu belirlenmiŒtir (Lee ve Chon 2001). Kore'nin Pb-Zn madencilik bzlgesinde yzrtülen bir alıŒmada; madencilik atıkları, bahçe toprakları ve iŒlenmeyen topraklarda rnekleme yapılmıŒtır. Elde edilen toprak rneklerinde; Zn konsantrasyonları, su erozyonu ve topoğrafyaya bağlı olarak, atık alanından uzaklaŒtıđıca belirgin bir azalma gstermiŒtir (Jung ve Thornton 1999).

#### **4.2.1.4.7. Pb**

Atık gletinden baŒlayarak ilçenin tarımsal alanı ynznde ilerledikçe yzey toprağı rneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Pb konsantrasyonlarındaki deđiŒim izelge 4.26'da verilmiŒtir.

Çizelge 4.26. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Pb konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Pb (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Pb (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Pb (ppm)
TA-1	27.9	TA-11	34.1	TA-21	29.4
TA-2	11.7	TA-12	15.0	TA-22	25.5
TA-3	17.0	TA-13	16.3	TA-23	10.1
TA-4	27.7	TA-14	21.2	TA-24	11.3
TA-5	24.7	TA-15	23.7	TA-25	8.5
TA-6	28.8	TA-16	13.8	TA-26	31.4
TA-7	35.6	TA-17	30.5	TA-27	5.3
TA-8	14.2	TA-18	15.7	TA-28	27.4
TA-9	11.7	TA-19	9.2	TA-29	14.8
TA-10	31.9	TA-20	8.6	TA-30	17.9
<b>Min.</b>	<b>11.7</b>	<b>Min.</b>	<b>8.6</b>	<b>Min.</b>	<b>5.3</b>
<b>Ort.</b>	<b>23.1</b>	<b>Ort.</b>	<b>18.8</b>	<b>Ort.</b>	<b>18.2</b>
<b>Mak.</b>	<b>35.6</b>	<b>Mak.</b>	<b>34.1</b>	<b>Mak.</b>	<b>31.4</b>

Çizelge 4.26 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 23.1 ppm iken, 100-500 m’de 18.8 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 18.2 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) tarafından bildirildiğine göre dünya toprakları kral suyu toplam Pb konsantrasyonları 2-300 ppm aralığında değışirken ortalama olarak 29 ppm’dir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Pb içeriğı ortalamaları dünya ortalamasının hemen altında bulunmaktadır.

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Pb konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.221$ ,  $r = - 0.230$ ). San Luis Potosí (Mexico) ‘da bulunan ve günümüzde hala işletilmekte olan 105 km<sup>2</sup> ‘lik tarihi bir madencilik alanında yapılan toprak örnekleme sonucu; 31–3450 ppm Pb

tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu sonucun kirlilik kaynağından su ve rüzgar yoluyla gerçekleşen ağır metal taşınımına bağlı olduğu bildirilmiştir (Razo ve Carrizales 2003).

#### 4.2.1.4.8. Cd

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Cd konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Cd konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cd (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cd (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cd (ppm)
TA-1	1.2	TA-11	0.7	TA-21	0.9
TA-2	1.0	TA-12	1.1	TA-22	0.6
TA-3	0.4	TA-13	0.3	TA-23	0.2
TA-4	0.7	TA-14	0.5	TA-24	0.4
TA-5	1.0	TA-15	1.0	TA-25	0.1
TA-6	1.0	TA-16	0.7	TA-26	0.2
TA-7	0.8	TA-17	0.7	TA-27	0.4
TA-8	0.9	TA-18	0.8	TA-28	0.5
TA-9	0.8	TA-19	0.4	TA-29	0.7
TA-10	1.0	TA-20	0.6	TA-30	1.0
<b>Min.</b>	<b>0.4</b>	<b>Min.</b>	<b>0.3</b>	<b>Min.</b>	<b>0.1</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.9</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.7</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.5</b>
<b>Mak.</b>	<b>1.2</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.1</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.0</b>

Çizelge 4.27 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.9 ppm iken, 100-500 m’de 0.7 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise

0.5 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) tarafından bildirildiğine dünya toprakları kral suyu toplam Cd konsantrasyonları 0.01 - 2.0 ppm aralığında değişirken ortalama olarak 0.62 ppm'dir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Cd içeriği ortalamaları dünya ortalamasına yakın konsantrasyonlarda bulunmaktadır.

Wedepohl (1984) kirlenmemiş toprak örneklerinde Cd konsantrasyonlarının 0.1 - 0.5 ppm arasında bulunduğunu bildirmiştir. Görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey topraklarında tespit edilen Cd konsantrasyonları kirlenmemiş topraklar için belirlenen sınır değerlerin çok üzerindedir.

Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Cd konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.556$ ). Kore'de bulunan kapatılmış bir metal madenin çevresinden yapılan bir çalışmada bölgedeki atıklardan kaynaklanan metallerin arazinin aşağı doğru eğimli yönlerine doğru, rüzgar ve suyun hareketiyle, sürekli bir yayılım gösterdiği tespit edilmiştir. Böylece arazinin bahsedilen yönlerinde atık alanından 3.3 km uzaklığa kadar sularda ve sedimentlerde belirgin konsantrasyonlarda ağır metal değerlerine rastlamış; bu değerlerin özellikle Cd elementinde dikkat çekici düzeyde olduğu belirlenmiştir (Lee ve Chon 2001).

#### **4.2.1.4.9. Cr**

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Cr konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cr konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cr (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cr (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cr (ppm)
TA-1	44.5	TA-11	40.9	TA-21	32.0
TA-2	48.2	TA-12	31.1	TA-22	39.0
TA-3	29.9	TA-13	34.3	TA-23	20.9
TA-4	43.8	TA-14	35.7	TA-24	17.8
TA-5	57.1	TA-15	30.6	TA-25	20.8
TA-6	43.0	TA-16	30.9	TA-26	22.7
TA-7	38.1	TA-17	22.9	TA-27	30.0
TA-8	26.5	TA-18	32.1	TA-28	31.2
TA-9	37.2	TA-19	19.1	TA-29	26.4
TA-10	40.2	TA-20	26.1	TA-30	26.3
<b>Min.</b>	<b>26.5</b>	<b>Min.</b>	<b>19.1</b>	<b>Min.</b>	<b>17.8</b>
<b>Ort.</b>	<b>40.9</b>	<b>Ort.</b>	<b>30.4</b>	<b>Ort.</b>	<b>26.7</b>
<b>Mak.</b>	<b>57.1</b>	<b>Mak.</b>	<b>40.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>39.0</b>

Çizelge 4.28 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 40.9 ppm iken, 100-500 m’de 30.4 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 26.7 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) tarafından bildirildiğine göre dünya topraklarında kral suyu toplam Cr konsantrasyonları yaygın olarak 5-1500 ppm arasındadır. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Cr içeriğı ortalamaları yaygın konsantrasyonların arasında bulunmaktadır. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Cr konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.632$ ).

#### 4.2.1.4.10. Co

Atık göletinden başlayarak ilçenin tarımsal alanı yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam Co konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Tarımsal alan yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Co konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Co (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Co (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Co (ppm)
TA-1	14.1	TA-11	13.6	TA-21	5.4
TA-2	13.9	TA-12	10.7	TA-22	2.5
TA-3	10.0	TA-13	8.3	TA-23	5.3
TA-4	12.0	TA-14	10.0	TA-24	4.9
TA-5	18.5	TA-15	12.6	TA-25	6.2
TA-6	16.8	TA-16	9.5	TA-26	4.1
TA-7	12.6	TA-17	8.4	TA-27	0.5
TA-8	7.0	TA-18	7.3	TA-28	1.6
TA-9	9.2	TA-19	6.9	TA-29	3.6
TA-10	12.1	TA-20	8.1	TA-30	2.5
<b>Min.</b>	<b>7.0</b>	<b>Min.</b>	<b>6.9</b>	<b>Min.</b>	<b>0.5</b>
<b>Ort.</b>	<b>12.6</b>	<b>Ort.</b>	<b>9.5</b>	<b>Ort.</b>	<b>3.7</b>
<b>Mak.</b>	<b>18.5</b>	<b>Mak.</b>	<b>13.6</b>	<b>Mak.</b>	<b>6.2</b>

Çizelge 4.29 ‘de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu çözünebilir toplam Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 12.6 ppm iken, 100-500 m’de 9.5 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m’de ise 3,7 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Alloway B.J. (1995) tarafından bildirildiğine göre dünya toprakları kral suyu toplam Co konsantrasyonları 0.5-65 ppm

arasında değişirken ortalama olarak 12 ppm'dir. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu tarımsal alan yüzey toprakları Co içeriği ortalamaları dünya ortalamasına yakın ya da altında konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Co konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.821$ ).

#### **4.2.2. İlçe merkezi yönünde toplanan yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinin analiz sonuçları ve tartişması**

Bu bölümde; atık göletinden başlayarak ilçenin yerleşim alanına (ilçe merkezi) doğru ilerleyerek elde edilen yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinde gerçekteştirilen analiz sonuçları ve tartişması verilmektedir.

##### **4.2.2.1. pH ve EC**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde belirlenen pH ve EC değişimi Çizelge 4.30'da verilmiştir.



Çizelge 4.30. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen pH ve EC değerleri

Örnek No (0-100 m)	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Örnek No (100-500 m)	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Örnek No (500-1000 m)	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
İM-1	7.02	286.9	İM-11	7.42	196.4	İM-21	7.71	158.7
İM-2	7.14	208.0	İM-12	7.50	163.4	İM-22	7.74	205.2
İM-3	7.19	195.3	İM-13	7.37	192.9	İM-23	7.54	183.7
İM-4	7.32	200.5	İM-14	7.53	152.7	İM-24	7.28	221.0
İM-5	7.69	154.1	İM-15	7.42	161.9	İM-25	7.64	202.8
İM-6	7.28	199.4	İM-16	7.82	126.4	İM-26	7.57	151.2
İM-7	7.24	230.2	İM-17	7.48	161.5	İM-27	7.48	143.0
İM-8	7.53	187.1	İM-18	7.67	179.3	İM-28	7.63	162.4
İM-9	7.62	140.7	İM-19	7.35	189.8	İM-29	7.48	210.0
İM-10	7.28	160.3	İM-20	7.59	209.1	İM-30	7.66	146.6
<b>Min.</b>	<b>7.02</b>	<b>140.7</b>	<b>Min.</b>	<b>7.35</b>	<b>126.4</b>	<b>Min.</b>	<b>7.28</b>	<b>143.0</b>
<b>Ort.</b>	<b>7.30</b>	<b>191.2</b>	<b>Ort.</b>	<b>7.50</b>	<b>169.1</b>	<b>Ort.</b>	<b>7.55</b>	<b>175.2</b>
<b>Mak.</b>	<b>7.69</b>	<b>286.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>7.82</b>	<b>209.1</b>	<b>Mak.</b>	<b>7.74</b>	<b>221.0</b>

İM (İlçe Merkezi)

Çizelge 4.30 ‘da görüldüğü gibi, ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında pH değerleri ortalaması 0-100 m’de 7.30 iken, 100-500 m’de 7.50 ve 500-1000 m’de ise 7.55 olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi ortalama değerler arasında atık göletinden uzaklaştıkça belirgin bir artış bulunmaktadır. Atık göletinden uzaklıkla ilçe merkezi alan yönündeki yüzey topraklarının pH’sı arasında yapılan korelasyon analizinde; uzaklık ile pH arasında pozitif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.003$ ,  $r = 0.517$ ).

Minimum ve maksimum değerlere bakıldığında ise; 0-100 m uzaklık aralığında 7.02 ile 7.69; 100 – 500 m uzaklık aralığında 7.35 ile 7.82; 500-1000 uzaklık aralığında

ise 7.28 ile 7.74 arasında değişim göstermiştir. En küçük pH değerinin 0-100 m uzaklık aralığında bulunmuş olması da bu örnekleme alanının su ve rüzgar erozyonu etkisiyle en fazla düzeyde atık alanından etkilendiğini göstermektedir. Keçiborlu toprağının pH'sına göre atık materyalinin pH'sının çok düşük olduğuna dikkat çekmek gerekir. Nitekim atık alanına en yakın örneklemede (1 no'lu örnek) ölçülen en düşük pH değeri 7.02 olarak belirlenmiştir.

EC değerleri ortalaması ise; 0-100 m'de  $191.2 \mu\text{S cm}^{-1}$  iken, 100-500 m'de  $169.1 \mu\text{S cm}^{-1}$  ve 500-1000 m'de  $175.2 \mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek EC değeri 0-100 m 'de tespit edilmiştir. 100-500 m uzaklık aralığında bu değer belirgin bir azalış gösterirken 500-1000 m uzaklık aralığında küçük bir artış göstermiştir. Nitekim; atık göletinden uzaklıkla ilçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının EC 'si arasında yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile EC önemli bir korelasyon belirlenmemiştir ( $p = 0.237$ ,  $r = - 0.222$ ).

Minimum ve maksimum değerlere bakıldığında ise; 0-100 m uzaklık aralığında  $140.7 \mu\text{S cm}^{-1}$  ile  $286.9 \mu\text{S cm}^{-1}$ ; 100 – 500 m uzaklık aralığında  $126.4 \mu\text{S cm}^{-1}$  ile  $209.1 \mu\text{S cm}^{-1}$ ; 500-1000 m uzaklık aralığında ise  $143.0 \mu\text{S cm}^{-1}$  ile  $221.0 \mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Görüldüğü gibi; uzaklıklar arasında en büyük maksimum değer 0-100 m uzaklık aralığından elde edilmiştir (1 No'lu örnek).

#### **4.2.2.2. Kükürt ( $\text{SO}_4^{-2}\text{-S}$ )**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen  $\text{SO}_4^{-2}\text{-S}$  konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S (ppm)	Örnek No (100-500 m)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S (ppm)
İM-1	317.1	İM-11	107.1	İM-21	57.5
İM-2	368.4	İM-12	114.9	İM-22	61.3
İM-3	261.7	İM-13	93.2	İM-23	65.0
İM-4	90.3	İM-14	70.7	İM-24	52.7
İM-5	75.4	İM-15	82.4	İM-25	64.9
İM-6	147.6	İM-16	88.3	İM-26	68.8
İM-7	83.5	İM-17	96.7	İM-27	72.3
İM-8	77.2	İM-18	100.1	İM-28	75.8
İM-9	89.1	İM-19	61.4	İM-29	88.5
İM-10	97.3	İM-20	55.3	İM-30	52.6
<b>Min.</b>	<b>75.4</b>	<b>Min.</b>	<b>55.3</b>	<b>Min.</b>	<b>52.6</b>
<b>Ort.</b>	<b>153.0</b>	<b>Ort.</b>	<b>84.1</b>	<b>Ort.</b>	<b>64.7</b>
<b>Mak.</b>	<b>368.4</b>	<b>Mak.</b>	<b>114.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>88.5</b>

Çizelge 4.31’de görüldüğü gibi alınabilir kükürt (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S) konsantrasyonu ortalamaları arasında belirgin bir azalma olmuş; ayrıca bu azalma minimum ve maksimum konsantrasyonlara da yansımıştır. Görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S konsantrasyonları ortalamaları 0-100 m’de 153.0 ppm iken, 100-500 m’de 84.1 ppm ve 500-1000 m’de 64.7 ppm olarak; atık alanından uzaklaştıkça belirgin bir azalış göstermiştir.

Türkiye’nin değışik yörelerinden ve 18 büyük toprak grubundan aldıkları toplam 1442 toprak örneğinde (Ülgen vd 1989) ekstrakte edilebilir SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S miktarını türbidimetrik yöntem ile belirlemişlerdir. Uygulanan yöntemde bitki besleme açısından kritik düzey olarak toprakta 10 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – S kg<sup>-1</sup> kabul edilmiştir. Araştırma sonuçların

göre Türkiye topraklarının yalnızca %11.5'inde  $\text{SO}_4^{-2}$  – S miktarı  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  (10 ppm) kritik düzeyinin altında bulunmuştur. Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu ilçe merkezi yüzey toprakları  $\text{SO}_4^{-2}$  – S içeriği ortalamaları Türkiye ortalamasının oldukça üstünde bulunmaktadır.

İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının  $\text{SO}_4^{-2}$ -S konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile  $\text{SO}_4^{-2}$ -S konsantrasyonları arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.003$ ,  $r = -0.520$ ). Bunun nedeni atık materyalinin  $\text{SO}_4^{-2}$ -S içeriğinin toprağa göre çok yüksek olmasıdır (Çizelge 4.1.). Su ve rüzgar erozyonu ile taşınan materyal yüzey toprağının  $\text{SO}_4^{-2}$ -S içeriğine etkisi belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır.

#### **4.2.2.3. DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metaller**

Bu bölümde; atık göletinden başlayarak ve ilçenin ilçe merkezi yönüne doğru ilerleyerek, elde edilen yüzey toprağı (0-3cm) örneklerinde gerçekleştirilen DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerin (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analiz sonuçları ve tartışması verilmektedir.

##### **4.2.2.3.1. Fe**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Fe (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Fe (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Fe (ppm)
İM-1	2.890	İM-11	1.237	İM-21	2.784
İM-2	2.012	İM-12	2.086	İM-22	1.793
İM-3	5.955	İM-13	4.006	İM-23	3.386
İM-4	2.758	İM-14	2.772	İM-24	4.257
İM-5	1.851	İM-15	3.890	İM-25	2.553
İM-6	3.276	İM-16	1.920	İM-26	1.809
İM-7	1.812	İM-17	3.397	İM-27	1.317
İM-8	2.189	İM-18	2.624	İM-28	1.968
İM-9	1.629	İM-19	2.428	İM-29	2.632
İM-10	1.997	İM-20	2.836	İM-30	2.826
<b>Min.</b>	<b>1.629</b>	<b>Min.</b>	<b>1.237</b>	<b>Min.</b>	<b>1.317</b>
<b>Ort.</b>	<b>2.637</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.720</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.533</b>
<b>Mak.</b>	<b>5.955</b>	<b>Mak.</b>	<b>4.006</b>	<b>Mak.</b>	<b>4.257</b>

Çizelge 4.32’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 2.637 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 2.720 ppm; 500-1000 aralığında ise 2.533 ppm olarak belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.1 no’lu bölüm).

Atığın yüksek demir içeriğı nedeniyle teorik olarak beklenilmesine rağmen, atık alanına yakın örneklerde DTPA ile ekstrakte edilebilir demir değerlerinin yüksek çıkmaması, uzaklıkla ilişkili olarak önemli bir korelasyonun da belirlenmemiş olması ( $p = 0.819$ ,  $r = - 0.044$ ) dikkat çekicidir. Bu sonuç DTPA ile ekstrakte edilebilir demirin araştırma alanı toprağının yüksek kireç içeriğı ve pH’sından etkileniyor ve şehir yönündeki yayılımın tarımsal alana göre daha düşük seviyede gerçekleşmesiyle açıklanabilir.

#### 4.2.2.3.2. Al

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Al (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Al (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Al (ppm)
İM-1	0.041	İM-11	0.116	İM-21	0.188
İM-2	0.261	İM-12	0.218	İM-22	0.039
İM-3	0.013	İM-13	0.075	İM-23	0.079
İM-4	0.198	İM-14	0.070	İM-24	0.089
İM-5	0.071	İM-15	0.130	İM-25	0.097
İM-6	0.163	İM-16	0.041	İM-26	0.147
İM-7	0.153	İM-17	0.314	İM-27	0.016
İM-8	0.074	İM-18	0.085	İM-28	0.179
İM-9	0.158	İM-19	0.200	İM-29	0.062
İM-10	0.015	İM-20	0.156	İM-30	0.079
<b>Min.</b>	<b>0.013</b>	<b>Min.</b>	<b>0.041</b>	<b>Min.</b>	<b>0.016</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.115</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.140</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.097</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.261</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.314</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.188</b>

Çizelge 4.33’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 0.115 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 0.140 ppm olarak belirgin bir artış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 0.097 ppm olarak bir belirgin düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.2 no’lu bölüm).

İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Al konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Al konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.618$ ,  $r = -0.095$ ).

#### 4.2.2.3.3. Ni

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.34. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Ni (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Ni (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Ni (ppm)
İM-1	1.534	İM-11	2.097	İM-21	3.533
İM-2	2.149	İM-12	4.810	İM-22	1.292
İM-3	4.211	İM-13	7.643	İM-23	3.624
İM-4	2.046	İM-14	5.864	İM-24	3.657
İM-5	1.078	İM-15	2.882	İM-25	3.109
İM-6	6.937	İM-16	4.007	İM-26	2.794
İM-7	3.974	İM-17	6.104	İM-27	2.432
İM-8	2.671	İM-18	2.034	İM-28	3.232
İM-9	1.475	İM-19	4.395	İM-29	3.962
İM-10	4.191	İM-20	6.138	İM-30	4.448
<b>Min.</b>	<b>1.078</b>	<b>Min.</b>	<b>2.034</b>	<b>Min.</b>	<b>1.292</b>
<b>Ort.</b>	<b>3.027</b>	<b>Ort.</b>	<b>4.597</b>	<b>Ort.</b>	<b>3.208</b>
<b>Mak.</b>	<b>6.937</b>	<b>Mak.</b>	<b>7.643</b>	<b>Mak.</b>	<b>4.448</b>

Çizelge 4.34'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 3.027 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 4.597 ppm olarak belirgin bir artış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 3.208 ppm olarak bir belirgin düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.3 no'lu bölüm).

İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Ni konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Ni konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.815$ ,  $r = 0.045$ ).

#### **4.2.2.3.4. Mn**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.35'de verilmiştir.



Çizelge 4.35. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Mn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Mn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Mn (ppm)
İM-1	10.394	İM-11	9.634	İM-21	12.778
İM-2	14.701	İM-12	16.809	İM-22	9.367
İM-3	17.652	İM-13	28.868	İM-23	10.572
İM-4	9.562	İM-14	24.524	İM-24	12.029
İM-5	5.823	İM-15	10.027	İM-25	4.115
İM-6	11.529	İM-16	1.000	İM-26	10.059
İM-7	15.399	İM-17	24.871	İM-27	12.080
İM-8	12.993	İM-18	2.815	İM-28	14.522
İM-9	8.906	İM-19	9.885	İM-29	13.674
İM-10	20.295	İM-20	6.380	İM-30	15.601
<b>Min.</b>	<b>5.823</b>	<b>Min.</b>	<b>1.000</b>	<b>Min.</b>	<b>4.115</b>
<b>Ort.</b>	<b>12.726</b>	<b>Ort.</b>	<b>13.481</b>	<b>Ort.</b>	<b>11.480</b>
<b>Mak.</b>	<b>20.295</b>	<b>Mak.</b>	<b>28.868</b>	<b>Mak.</b>	<b>15.601</b>

Çizelge 4.35’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 12.726 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 13.481 ppm olarak küçük bir artış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 11.480 ppm olarak küçük bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.4 no’lu bölüm).

İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Mn değerleri ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Mn konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.666$ ,  $r = -0.082$ ).

#### 4.2.2.3.5. Cu

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.36. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cu (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cu (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cu (ppm)
İM-1	0.877	İM-11	1.087	İM-21	1.680
İM-2	0.827	İM-12	2.185	İM-22	0.798
İM-3	2.209	İM-13	1.133	İM-23	1.524
İM-4	1.771	İM-14	1.251	İM-24	2.363
İM-5	0.608	İM-15	1.366	İM-25	1.353
İM-6	1.338	İM-16	0.871	İM-26	1.233
İM-7	1.038	İM-17	0.865	İM-27	1.404
İM-8	0.850	İM-18	0.594	İM-28	2.341
İM-9	0.580	İM-19	1.061	İM-29	0.817
İM-10	0.923	İM-20	1.228	İM-30	0.903
<b>Min.</b>	<b>0.580</b>	<b>Min.</b>	<b>0.594</b>	<b>Min.</b>	<b>0.798</b>
<b>Ort.</b>	<b>1.102</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.164</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.442</b>
<b>Mak.</b>	<b>2.209</b>	<b>Mak.</b>	<b>2.185</b>	<b>Mak.</b>	<b>2.363</b>

Çizelge 4.36’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 1.102 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 1.164 ppm olarak küçük bir artış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 1.442 ppm olarak bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.5 no’lu bölüm).

İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Cu konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Cu konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.141$ ,  $r = 0.275$ ).

#### 4.2.2.3.6. Zn

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Zn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Zn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Zn (ppm)
İM-1	1.682	İM-11	0.581	İM-21	0.767
İM-2	2.680	İM-12	1.129	İM-22	0.692
İM-3	1.928	İM-13	1.293	İM-23	1.643
İM-4	1.728	İM-14	0.643	İM-24	4.728
İM-5	0.192	İM-15	0.604	İM-25	0.642
İM-6	4.046	İM-16	3.732	İM-26	0.432
İM-7	0.764	İM-17	1.035	İM-27	0.429
İM-8	0.534	İM-18	0.385	İM-28	0.870
İM-9	0.393	İM-19	1.350	İM-29	0.401
İM-10	0.804	İM-20	1.300	İM-30	0.458
<b>Min.</b>	<b>0.192</b>	<b>Min.</b>	<b>0.385</b>	<b>Min.</b>	<b>0.401</b>
<b>Ort.</b>	<b>1.475</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.205</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.106</b>
<b>Mak.</b>	<b>4.046</b>	<b>Mak.</b>	<b>3.732</b>	<b>Mak.</b>	<b>4.728</b>

Çizelge 4.37’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 1.475 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 1.205 ppm olarak bir azalış göstermiş; 500-1000 aralısında ise 1.106 ppm olarak yine bir azalış gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.6 no’lu bölüm).

İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Zn konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Zn konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.479$ ,  $r = -0.134$ ).

#### **4.2.2.3.7. Pb**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.38. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Pb (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Pb (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Pb (ppm)
İM-1	0.382	İM-11	0.180	İM-21	0.284
İM-2	0.625	İM-12	0.298	İM-22	0.261
İM-3	0.913	İM-13	0.161	İM-23	0.319
İM-4	0.769	İM-14	0.206	İM-24	0.456
İM-5	0.212	İM-15	0.229	İM-25	0.250
İM-6	0.298	İM-16	0.271	İM-26	0.239
İM-7	0.164	İM-17	0.203	İM-27	0.286
İM-8	0.254	İM-18	0.133	İM-28	0.290
İM-9	0.139	İM-19	0.158	İM-29	0.155
İM-10	0.194	İM-20	0.225	İM-30	0.160
<b>Min.</b>	<b>0.139</b>	<b>Min.</b>	<b>0.133</b>	<b>Min.</b>	<b>0.155</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.395</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.206</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.270</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.913</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.298</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.456</b>

Çizelge 4.38’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 0.395 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 0.206 ppm olarak belirgin bir azalış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 0.270 ppm olarak bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.7 no’lu bölüm). İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Pb konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Pb konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.126$ ,  $r = - 0.286$ ).

#### 4.2.2.3.8. Cd

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.39. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cd (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cd (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cd (ppm)
İM-1	0.0202	İM-11	0.0138	İM-21	0.0250
İM-2	0.0249	İM-12	0.0290	İM-22	0.0147
İM-3	0.0432	İM-13	0.0309	İM-23	0.0310
İM-4	0.0322	İM-14	0.0305	İM-24	0.0342
İM-5	0.0070	İM-15	0.0218	İM-25	0.0214
İM-6	0.0184	İM-16	0.0052	İM-26	0.0279
İM-7	0.0110	İM-17	0.0332	İM-27	0.0246
İM-8	0.0126	İM-18	0.0164	İM-28	0.0259
İM-9	0.0097	İM-19	0.0306	İM-29	0.0273
İM-10	0.0264	İM-20	0.0362	İM-30	0.0314
<b>Min.</b>	<b>0.0070</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0052</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0147</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0205</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0247</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0263</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0432</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0362</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0342</b>

Çizelge 4.39’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 0.0205 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 0.0247 ppm olarak bir artış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 0.0263 ppm olarak bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.8 no’lu bölüm). İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Cd konsantrasyonları ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan

korelasyon analizinde uzaklık ile Cd konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.170$ ,  $r = 0.257$ ).

#### 4.2.2.3.9. Cr

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.40. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cr (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cr (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cr (ppm)
İM-1	0.0256	İM-11	0.0074	İM-21	0.0078
İM-2	0.0135	İM-12	0.0078	İM-22	0.0072
İM-3	0.0132	İM-13	0.0149	İM-23	0.0070
İM-4	0.0094	İM-14	0.0099	İM-24	0.0073
İM-5	0.0076	İM-15	0.0070	İM-25	0.0056
İM-6	0.0105	İM-16	0.0106	İM-26	0.0049
İM-7	0.0073	İM-17	0.0124	İM-27	0.0051
İM-8	0.0093	İM-18	0.0047	İM-28	0.0053
İM-9	0.0067	İM-19	0.0067	İM-29	0.0080
İM-10	0.0069	İM-20	0.0031	İM-30	0.0094
<b>Min.</b>	<b>0.0067</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0031</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0049</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0110</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0085</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0068</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0256</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0149</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0094</b>

Çizelge 4.40'da görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 0.0110 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 0.0085 ppm olarak bir azalış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 0.0068 ppm olarak yine bir azalış gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.9 no'lu bölüm). İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Cr değerleri ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Cr konsantrasyonları arasında bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.021$ ,  $r = - 0.419$ ).

#### **4.2.2.3.10. Co**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.41'de verilmiştir.



Çizelge 4.41. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Co (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Co (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Co (ppm)
İM-1	0.166	İM-11	0.155	İM-21	0.174
İM-2	0.220	İM-12	0.238	İM-22	0.136
İM-3	0.297	İM-13	0.550	İM-23	0.155
İM-4	0.171	İM-14	0.393	İM-24	0.165
İM-5	0.094	İM-15	0.102	İM-25	0.039
İM-6	0.245	İM-16	0.082	İM-26	0.165
İM-7	0.243	İM-17	0.535	İM-27	0.202
İM-8	0.229	İM-18	0.038	İM-28	0.226
İM-9	0.145	İM-19	0.125	İM-29	0.203
İM-10	0.396	İM-20	0.063	İM-30	0.229
<b>Min.</b>	<b>0.094</b>	<b>Min.</b>	<b>0.038</b>	<b>Min.</b>	<b>0.039</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.221</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.228</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.169</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.396</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.550</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.229</b>

Çizelge 4.41’de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 0.221 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 0.228 ppm olarak küçük artış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 0.169 ppm olarak belirgin bir azalış gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.3.10 no’lu bölüm). İlçe merkezi yönündeki yüzey topraklarının Co değerleri ile uzaklık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan korelasyon analizinde uzaklık ile Co konsantrasyonları arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.370$ ,  $r = - 0.170$ ).

Görüldüğü gibi atık materyalin yayılım etkisi ilçe merkezi yüzey toprakları DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallere sadece Cr’ de görülmüştür.

#### 4.2.2.4. Kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metaller

Bu bölümde; atık göletinden başlayarak ve ilçenin ilçe merkezi yönüne doğru ilerleyerek, elde edilen yüzey toprağı (0-3 cm) örneklerinde gerçekleştirilen kral suyu ile çözünebilir toplam ağır metallerin (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analiz sonuçları ve tartışması verilmektedir.

##### 4.2.2.4.1. Fe

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Fe konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Çizelge 4.42. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Fe konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Fe (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Fe (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Fe (ppm)
İM-1	7294.3	İM-11	8215.9	İM-21	12125.1
İM-2	6961.1	İM-12	8972.1	İM-22	9713.4
İM-3	11519.2	İM-13	13324.8	İM-23	11660.2
İM-4	8786.9	İM-14	9800.5	İM-24	10732.4
İM-5	10361.4	İM-15	4992.7	İM-25	8810.1
İM-6	8342.2	İM-16	16121.9	İM-26	11134.2
İM-7	8626.5	İM-17	11898.7	İM-27	5686.2
İM-8	8942.1	İM-18	9849.1	İM-28	12215.1
İM-9	10818.7	İM-19	15792.6	İM-29	18275.4
İM-10	10891.6	İM-20	15751.0	İM-30	11075.7
<b>Min.</b>	<b>6961.1</b>	<b>Min.</b>	<b>4992.7</b>	<b>Min.</b>	<b>5686.2</b>
<b>Ort.</b>	<b>9254.4</b>	<b>Ort.</b>	<b>11471.9</b>	<b>Ort.</b>	<b>11142.8</b>
<b>Mak.</b>	<b>11519.2</b>	<b>Mak.</b>	<b>16121.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>18275.4</b>

Çizelge 4.42 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 9254.4 ppm iken, 100-500 m'de 11471.9 ppm'e yükselmiş daha sonra 500-1000 m'de ise 11142.8 ppm olarak bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.1 no'lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Fe konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.169$ ,  $r = 0.258$ ).

#### 4.2.2.4.2. Al

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Al konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.43'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Al konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Al (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Al (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Al (ppm)
İM-1	4269.8	İM-11	4843.1	İM-21	6179.7
İM-2	4385.9	İM-12	6095.5	İM-22	5675.0
İM-3	6368.7	İM-13	5794.0	İM-23	5211.0
İM-4	4342.3	İM-14	5872.4	İM-24	6070.9
İM-5	4867.5	İM-15	4986.5	İM-25	6301.3
İM-6	6774.6	İM-16	6725.6	İM-26	6714.1
İM-7	5383.9	İM-17	5057.7	İM-27	6949.9
İM-8	4892.8	İM-18	4373.0	İM-28	6778.9
İM-9	5092.9	İM-19	6653.0	İM-29	6449.7
İM-10	5454.2	İM-20	6637.0	İM-30	4541.8
<b>Min.</b>	<b>4269.8</b>	<b>Min.</b>	<b>4373.0</b>	<b>Min.</b>	<b>4541.8</b>
<b>Ort.</b>	<b>5183.3</b>	<b>Ort.</b>	<b>5703.8</b>	<b>Ort.</b>	<b>6087.2</b>
<b>Mak.</b>	<b>6774.6</b>	<b>Mak.</b>	<b>6725.6</b>	<b>Mak.</b>	<b>6949.9</b>

Çizelge 4.43 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 5183.3 ppm iken, 100-500 m'de 5703.8 ppm'e yükselmiş daha sonra 500-1000 m'de yine 6087.2 ppm olarak bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.2 no'lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Al konsantrasyonu ile uzaklık arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.018$ ,  $r = 0.430$ ).

#### 4.2.2.4.3. Ni

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Ni konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.44'de verilmiştir.

Çizelge 4.44. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Ni konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Ni (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Ni (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Ni (ppm)
İM-1	132.0	İM-11	294.6	İM-21	228.1
İM-2	159.9	İM-12	282.5	İM-22	173.8
İM-3	234.4	İM-13	353.5	İM-23	229.4
İM-4	218.9	İM-14	316.8	İM-24	165.2
İM-5	336.9	İM-15	287.4	İM-25	321.3
İM-6	330.0	İM-16	510.9	İM-26	240.4
İM-7	355.0	İM-17	293.1	İM-27	245.2
İM-8	308.0	İM-18	358.8	İM-28	215.7
İM-9	363.9	İM-19	359.7	İM-29	388.1
İM-10	331.5	İM-20	306.6	İM-30	362.7
<b>Min.</b>	<b>132.0</b>	<b>Min.</b>	<b>282.5</b>	<b>Min.</b>	<b>165.2</b>
<b>Ort.</b>	<b>277.0</b>	<b>Ort.</b>	<b>336.4</b>	<b>Ort.</b>	<b>257.0</b>
<b>Mak.</b>	<b>363.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>510.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>388.1</b>

Çizelge 4.44 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 277.0 ppm iken, 100-500 m'de 336.4 ppm'e yükselmiş daha sonra 500-1000 m'de 257.0 ppm değerine düştüğü belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.3 no'lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Ni konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.590$ ,  $r = -0.102$ ).

#### 4.2.2.4.4. Mn

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Mn konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.45'de verilmiştir.

Çizelge 4.45. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağlı olarak değişen toplam Mn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Mn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Mn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Mn (ppm)
İM-1	209.5	İM-11	340.2	İM-21	298.2
İM-2	267.2	İM-12	354.7	İM-22	264.0
İM-3	311.7	İM-13	348.3	İM-23	280.9
İM-4	249.6	İM-14	365.3	İM-24	298.6
İM-5	308.5	İM-15	343.2	İM-25	363.3
İM-6	304.3	İM-16	298.9	İM-26	317.6
İM-7	371.9	İM-17	301.6	İM-27	386.6
İM-8	329.7	İM-18	314.1	İM-28	319.7
İM-9	342.8	İM-19	374.8	İM-29	353.2
İM-10	348.3	İM-20	348.3	İM-30	282.2
<b>Min.</b>	<b>209.5</b>	<b>Min.</b>	<b>298.9</b>	<b>Min.</b>	<b>264.0</b>
<b>Ort.</b>	<b>304.4</b>	<b>Ort.</b>	<b>338.9</b>	<b>Ort.</b>	<b>316.4</b>
<b>Mak.</b>	<b>371.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>374.8</b>	<b>Mak.</b>	<b>386.6</b>

Çizelge 4.45 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Mn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 304.4 ppm iken, 100-500 m'de 338.9 ppm değerine yükselmiş daha sonra 500-1000 m'de 316.4 ppm değerine düştüğü belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.4 no'lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Mn konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.519$ ,  $r = 0.122$ ). Atık göletinden çevreye yayılan atık materyalin içindeki ağır metallerin topraklara yayılan miktarı, aldığımız toprak örneğindeki miktar içindeki payı çok düşüktür. Ayrıca toprağın içindeki Mn miktarlarının hali hazırdaki konsantrasyonlarının oldukça yeterli olması ile açıklanabilir.

#### **4.2.2.4.5. Cu**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Cu konsantrasyonlarındaki değişim Çizelge 4.46'de verilmiştir.

Çizelge 4.46. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cu konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cu (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cu (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cu (ppm)
İM-1	52.3	İM-11	53.0	İM-21	52.7
İM-2	49.8	İM-12	47.6	İM-22	59.0
İM-3	70.5	İM-13	48.6	İM-23	49.7
İM-4	48.7	İM-14	56.7	İM-24	51.4
İM-5	47.5	İM-15	57.5	İM-25	58.9
İM-6	72.2	İM-16	71.3	İM-26	44.4
İM-7	46.3	İM-17	45.1	İM-27	60.4
İM-8	42.4	İM-18	60.4	İM-28	49.0
İM-9	48.2	İM-19	45.8	İM-29	52.6
İM-10	47.0	İM-20	59.6	İM-30	34.8
<b>Min.</b>	<b>42.4</b>	<b>Min.</b>	<b>45.1</b>	<b>Min.</b>	<b>34.8</b>
<b>Ort.</b>	<b>52.5</b>	<b>Ort.</b>	<b>54.6</b>	<b>Ort.</b>	<b>51.3</b>
<b>Mak.</b>	<b>72.2</b>	<b>Mak.</b>	<b>71.3</b>	<b>Mak.</b>	<b>60.4</b>

Çizelge 4.46 ‘de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Cu konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 52.5 ppm iken, 100-500 m’de 54.6 ppm’e yükselmiş daha sonra 500-1000 m’de 51.3 ppm’e düştüğü belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.5 no’lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Cu konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.762$ ,  $r = - 0.058$ ).

#### 4.2.2.4.6. Zn

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Zn konsantrasyonlarındaki değışim Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Çizelge 4.47. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Zn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Zn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Zn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Zn (ppm)
İM-1	53.2	İM-11	41.1	İM-21	44.8
İM-2	46.6	İM-12	47.1	İM-22	38.4
İM-3	61.6	İM-13	46.1	İM-23	60.4
İM-4	44.2	İM-14	41.5	İM-24	60.2
İM-5	36.5	İM-15	46.4	İM-25	47.1
İM-6	81.6	İM-16	83.4	İM-26	50.3
İM-7	41.0	İM-17	37.5	İM-27	56.8
İM-8	37.1	İM-18	45.8	İM-28	45.1
İM-9	38.3	İM-19	46.5	İM-29	39.8
İM-10	41.7	İM-20	43.7	İM-30	35.6
<b>Min.</b>	<b>36.5</b>	<b>Min.</b>	<b>37.5</b>	<b>Min.</b>	<b>35.6</b>
<b>Ort.</b>	<b>48.2</b>	<b>Ort.</b>	<b>47.9</b>	<b>Ort.</b>	<b>47.8</b>
<b>Mak.</b>	<b>81.6</b>	<b>Mak.</b>	<b>83.4</b>	<b>Mak.</b>	<b>60.4</b>

Çizelge 4.47 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 48.2 ppm iken, 100-500 m'de 47.9 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de yine bir düşüş göstererek 47.8 ppm olarak belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.6 no'lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Zn konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.947$ ,  $r = - 0.013$ ).

#### 4.2.2.4.7. Pb

Atık göletinden başlayarak İlçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Pb konsantrasyonlarındaki değışim Çizelge 4.48'de verilmiştir.



Çizelge 4.48. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Pb konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Pb (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Pb (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Pb (ppm)
İM-1	24.1	İM-11	30.8	İM-21	19.6
İM-2	38.3	İM-12	24.3	İM-22	8.2
İM-3	21.7	İM-13	25.0	İM-23	33.9
İM-4	15.1	İM-14	18.5	İM-24	20.4
İM-5	13.2	İM-15	20.8	İM-25	31.1
İM-6	22.2	İM-16	30.9	İM-26	17.4
İM-7	53.9	İM-17	11.7	İM-27	33.1
İM-8	19.0	İM-18	35.5	İM-28	2.7
İM-9	10.4	İM-19	25.8	İM-29	7.8
İM-10	31.5	İM-20	22.4	İM-30	32.8
<b>Min.</b>	<b>10.4</b>	<b>Min.</b>	<b>11.7</b>	<b>Min.</b>	<b>2.7</b>
<b>Ort.</b>	<b>24.9</b>	<b>Ort.</b>	<b>24.6</b>	<b>Ort.</b>	<b>20.7</b>
<b>Mak.</b>	<b>53.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>35.5</b>	<b>Mak.</b>	<b>33.9</b>

Çizelge 4.48 ‘de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 24.9 ppm iken, 100-500 m’de 24.6 ppm’e düşmüş daha sonra 500-1000 m’de 20.7 ppm’e düştüğü belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.7 no’lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Pb konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.385$ ,  $r = - 0.164$ ).

#### 4.2.2.4.8. Cd

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Cd konsantrasyonlarındaki değışim Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.49. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cd konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cd (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cd (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cd (ppm)
İM-1	0.8	İM-11	0.6	İM-21	1.0
İM-2	1.4	İM-12	0.4	İM-22	0.3
İM-3	1.5	İM-13	0.6	İM-23	0.7
İM-4	1.0	İM-14	0.8	İM-24	0.6
İM-5	1.2	İM-15	0.8	İM-25	0.5
İM-6	0.7	İM-16	0.6	İM-26	0.4
İM-7	1.4	İM-17	0.4	İM-27	0.4
İM-8	1.5	İM-18	0.6	İM-28	0.9
İM-9	1.4	İM-19	0.9	İM-29	1.2
İM-10	0.5	İM-20	0.7	İM-30	0.1
<b>Min.</b>	<b>0.5</b>	<b>Min.</b>	<b>0.4</b>	<b>Min.</b>	<b>0.1</b>
<b>Ort.</b>	<b>1.1</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.6</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.6</b>
<b>Mak.</b>	<b>1.5</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.9</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.2</b>

Çizelge 4.49 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 1.1 ppm iken, 100-500 m'de 0.6 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m'de yine 0.6 ppm olarak belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.8 no'lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Cd konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.577$ ).

#### 4.2.2.4.9. Cr

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Cr konsantrasyonlarındaki değışim Çizelge 4.50'de verilmiştir.

Çizelge 4.50. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Cr konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cr (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cr (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cr (ppm)
İM-1	43.0	İM-11	69.9	İM-21	65.2
İM-2	43.8	İM-12	62.9	İM-22	46.2
İM-3	61.1	İM-13	87.7	İM-23	62.5
İM-4	58.5	İM-14	78.7	İM-24	48.2
İM-5	96.0	İM-15	57.1	İM-25	69.2
İM-6	71.5	İM-16	89.0	İM-26	56.2
İM-7	73.1	İM-17	78.8	İM-27	51.8
İM-8	74.4	İM-18	90.7	İM-28	57.2
İM-9	91.0	İM-19	92.6	İM-29	99.7
İM-10	79.2	İM-20	79.6	İM-30	90.9
<b>Min.</b>	<b>43.0</b>	<b>Min.</b>	<b>57.1</b>	<b>Min.</b>	<b>46.2</b>
<b>Ort.</b>	<b>69.1</b>	<b>Ort.</b>	<b>78.7</b>	<b>Ort.</b>	<b>64.7</b>
<b>Mak.</b>	<b>96.0</b>	<b>Mak.</b>	<b>92.6</b>	<b>Mak.</b>	<b>99.7</b>

Çizelge 4.50 ‘de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 69.1 ppm iken, 100-500 m’de 78.7 ppm’e yükselmiş daha sonra 500-1000 m’de 64.7 ppm olarak bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.9 no’lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Cr konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon tespit edilmemiştir ( $p = 0.561$ ,  $r = - 0.110$ ).

#### 4.2.2.4.10. Co

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey toprağı örneklerinde tespit edilen kral suyu toplam çözünebilir Co konsantrasyonlarındaki değışim Çizelge 4.51’de verilmiştir.

Çizelge 4.51. İlçe merkezi yüzey toprağı örneklerinde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklığına bağılı olarak değışen toplam Co konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Co (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Co (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Co (ppm)
İM-1	6.8	İM-11	9.6	İM-21	5.8
İM-2	11.5	İM-12	11.5	İM-22	3.2
İM-3	19.9	İM-13	6.7	İM-23	6.3
İM-4	14.8	İM-14	11.9	İM-24	3.0
İM-5	19.4	İM-15	12.0	İM-25	12.4
İM-6	17.4	İM-16	12.7	İM-26	7.7
İM-7	20.4	İM-17	7.9	İM-27	10.4
İM-8	19.4	İM-18	10.2	İM-28	5.2
İM-9	22.6	İM-19	14.2	İM-29	10.0
İM-10	22.0	İM-20	10.0	İM-30	9.5
<b>Min.</b>	<b>6.8</b>	<b>Min.</b>	<b>6.7</b>	<b>Min.</b>	<b>3.0</b>
<b>Ort.</b>	<b>17.4</b>	<b>Ort.</b>	<b>10.7</b>	<b>Ort.</b>	<b>7.3</b>
<b>Mak.</b>	<b>22.6</b>	<b>Mak.</b>	<b>14.2</b>	<b>Mak.</b>	<b>12.4</b>

Çizelge 4.51 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam çözünebilir Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 17.4 ppm iken, 100-500 m'de 10.7 ppm değerine düşmüş daha sonra 500-1000 m'de 7.3 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Bkz 4.2.1.4.10 no'lu bölüm). Yapılan korelasyon analizi sonucu yüzey toprağı toplam Co konsantrasyonu ile uzaklık arasında kuvvetli bir negatif korelasyon tespit edilmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.755$ ).

Görüldüğü gibi atık materyalin yayılım etkisi ilçe merkezi yüzey toprakları kral suyu toplam ağır metallere sadece Cd ve Co' da görülmüştür. Ağır metaller; atmosferik taşınım, biyolojik arıtım çamurlarının boşaltımı, hayvan dışkıları ile evsel atıklarının uzaklaştırılması gibi prosesler sonucunda toprağı karışmaktadır. Toprakların ağır metallere kirlenmesi. endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu olabildiği gibi ağır

metal içeren kayaçların çeşitli nedenlerle çözünerek su ve toprak ortamına taşınması ile de ortaya çıkabilmektedir (Vanlı ve Yazgan 2006).

### **4.3. Yaprak Yıkama Çözeltilerinin Analiz Sonuçları ve Tartışması**

#### **4.3.1. Tarımsal alan yönünde toplanan yaprak örneklerinin yıkama çözeltisi ile muamelesi sonucu elde edilen süzüklerin analizi sonuçları ve tartışması**

Bu bölümde atık göletinden başlanarak tarımsal alan (TA) yönünde toplanan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen elementel S ve ağır metal (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analiz sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

##### **4.3.1.1. Kükürt**

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen elementel kükürt (S) konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.52. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen S konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	S (ppm)	Örnek No (100-500 m)	S (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	S (ppm)
TA-1	68.88	TA-11	20.14	TA-21	11.81
TA-2	84.13	TA-12	13.41	TA-22	7.58
TA-3	15.26	TA-13	7.41	TA-23	11.50
TA-4	51.26	TA-14	10.25	TA-24	20.34
TA-5	12.17	TA-15	8.89	TA-25	11.29
TA-6	28.98	TA-16	18.20	TA-26	9.10
TA-7	26.32	TA-17	19.43	TA-27	10.80
TA-8	22.42	TA-18	9.67	TA-28	17.76
TA-9	37.41	TA-19	12.76	TA-29	15.76
TA-10	32.57	TA-20	14.19	TA-30	11.54
<b>Min.</b>	<b>12.17</b>	<b>Min.</b>	<b>7.41</b>	<b>Min.</b>	<b>7.58</b>
<b>Ort.</b>	<b>35.60</b>	<b>Ort.</b>	<b>12.89</b>	<b>Ort.</b>	<b>12.28</b>
<b>Mak.</b>	<b>84.13</b>	<b>Mak.</b>	<b>20.14</b>	<b>Mak.</b>	<b>20.34</b>

Çizelge 4.52 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzükte elementel S konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 35.60 ppm iken, 100-500 m'de 12.89 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 12.28 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği S konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça azalış göstermektedir. 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen S konsantrasyonu ortalaması (35.60 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu S konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.582$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; S

konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.1.2. Ağır metaller**

##### **4.3.1.2.1. Fe**

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama zeltelerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Fe konsantrasyonları değişimi izelge 4.53’de verilmiştir.

Çizelge 4.53. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Fe konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Fe (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Fe (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Fe (ppm)
TA-1	7.66	TA-11	3.08	TA-21	1.74
TA-2	7.13	TA-12	1.98	TA-22	1.62
TA-3	3.04	TA-13	2.69	TA-23	1.89
TA-4	6.60	TA-14	2.26	TA-24	3.77
TA-5	2.03	TA-15	1.17	TA-25	2.12
TA-6	4.36	TA-16	3.13	TA-26	1.98
TA-7	3.14	TA-17	2.82	TA-27	1.83
TA-8	4.77	TA-18	2.15	TA-28	5.30
TA-9	13.44	TA-19	2.49	TA-29	3.19
TA-10	5.81	TA-20	2.99	TA-30	2.88
<b>Min.</b>	<b>2.03</b>	<b>Min.</b>	<b>1.17</b>	<b>Min.</b>	<b>1.62</b>
<b>Ort.</b>	<b>5.45</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.48</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.54</b>
<b>Mak.</b>	<b>13.44</b>	<b>Mak.</b>	<b>3.13</b>	<b>Mak.</b>	<b>5.30</b>

Çizelge 4.53 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzüklerde Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 5.45 ppm iken 100-500 m'de 2.48 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 2.54 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Fe konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça azalış göstermektedir. 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Fe konsantrasyonu ortalaması (5.45 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Fe konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.003$ ,  $r = - 0.524$ ). Çizelgede



görüldüğü gibi; Fe konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.1.2.2. Al

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Al konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.54’de verilmiştir.

Çizelge 4.54. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Al konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Al (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Al (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Al (ppm)
TA-1	7.25	TA-11	3.09	TA-21	1.85
TA-2	7.20	TA-12	1.81	TA-22	1.45
TA-3	3.06	TA-13	2.33	TA-23	1.57
TA-4	6.74	TA-14	2.16	TA-24	3.53
TA-5	2.17	TA-15	1.27	TA-25	2.07
TA-6	4.20	TA-16	3.11	TA-26	2.00
TA-7	3.30	TA-17	2.70	TA-27	1.70
TA-8	5.16	TA-18	1.89	TA-28	5.27
TA-9	11.74	TA-19	2.73	TA-29	3.00
TA-10	5.38	TA-20	2.77	TA-30	2.73
<b>Min.</b>	<b>2.17</b>	<b>Min.</b>	<b>1.27</b>	<b>Min.</b>	<b>1.45</b>
<b>Ort.</b>	<b>5.30</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.38</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.42</b>
<b>Mak.</b>	<b>11.74</b>	<b>Mak.</b>	<b>3.11</b>	<b>Mak.</b>	<b>5.27</b>

Çizelge 4.54 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 5.30 ppm iken 100-500 m'de 2.38 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 2.42 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Al konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça düzenli bir azalış göstermemekle birlikte; 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Al konsantrasyonu ortalaması (5.30 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Al konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.561$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Al konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.1.2.3. Ni**

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Ni konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.55'de verilmiştir.

Çizelge 4.55. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Ni konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Ni (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Ni (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Ni (ppm)
TA-1	0.176	TA-11	0.087	TA-21	0.051
TA-2	0.245	TA-12	0.072	TA-22	0.026
TA-3	0.062	TA-13	0.056	TA-23	0.038
TA-4	0.15	TA-14	0.044	TA-24	0.114
TA-5	0.07	TA-15	0.032	TA-25	0.049
TA-6	0.073	TA-16	0.108	TA-26	0.048
TA-7	0.064	TA-17	0.058	TA-27	0.09
TA-8	0.11	TA-18	0.06	TA-28	0.112
TA-9	0.399	TA-19	0.07	TA-29	0.113
TA-10	0.136	TA-20	0.049	TA-30	0.096
<b>Min.</b>	<b>0.062</b>	<b>Min.</b>	<b>0.032</b>	<b>Min.</b>	<b>0.026</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.141</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.064</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.069</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.399</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.108</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.114</b>

Çizelge 4.55 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.141 ppm iken 100-500 m'de 0.064 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.069 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Ni konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça düzenli bir azalış göstermemekle birlikte; 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Ni konsantrasyonu ortalaması (0.141 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Ni konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.021$ ,  $r = -0.419$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Ni konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına

bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.1.2.4. Mn

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Mn konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.56’de verilmiştir.

Çizelge 4.56. Tarımsal Alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Mn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Mn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Mn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Mn (ppm)
TA-1	1.23	TA-11	0.58	TA-21	0.44
TA-2	0.94	TA-12	0.61	TA-22	2.32
TA-3	0.73	TA-13	0.24	TA-23	0.30
TA-4	1.53	TA-14	0.68	TA-24	0.93
TA-5	0.56	TA-15	1.36	TA-25	0.56
TA-6	0.45	TA-16	0.69	TA-26	0.33
TA-7	0.51	TA-17	0.56	TA-27	0.39
TA-8	3.15	TA-18	0.51	TA-28	1.69
TA-9	3.54	TA-19	0.56	TA-29	0.87
TA-10	1.16	TA-20	1.50	TA-30	1.21
<b>Min.</b>	<b>0.45</b>	<b>Min.</b>	<b>0.24</b>	<b>Min.</b>	<b>0.30</b>
<b>Ort.</b>	<b>1.29</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.73</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.85</b>
<b>Mak.</b>	<b>3.54</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.50</b>	<b>Mak.</b>	<b>2.32</b>

Çizelge 4.56 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzüklerde Mn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 1.29 ppm iken 100-500 m'de 0.73 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.85 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Mn konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça düzenli bir azalış göstermemekle birlikte; 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Mn konsantrasyonu ortalaması (1.29 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Mn konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon belirlenmemiştir ( $p = 0.188$ ,  $r = - 0.247$ ).

#### **4.3.1.2.5. Zn**

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Zn konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.57'de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Zn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Zn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Zn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Zn (ppm)
TA-1	0.30	TA-11	0.26	TA-21	0.17
TA-2	0.48	TA-12	0.19	TA-22	0.13
TA-3	0.28	TA-13	0.22	TA-23	0.25
TA-4	0.33	TA-14	0.17	TA-24	0.42
TA-5	0.37	TA-15	0.16	TA-25	0.19
TA-6	1.29	TA-16	0.30	TA-26	0.23
TA-7	0.19	TA-17	0.19	TA-27	0.18
TA-8	1.37	TA-18	0.23	TA-28	0.36
TA-9	0.28	TA-19	0.26	TA-29	0.29
TA-10	0.36	TA-20	0.26	TA-30	0.20
<b>Min.</b>	<b>0.19</b>	<b>Min.</b>	<b>0.16</b>	<b>Min.</b>	<b>0.13</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.49</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.22</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.23</b>
<b>Mak.</b>	<b>1.37</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.30</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.42</b>

Çizelge 4.57 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeyleindeki tozu içeren süzükte Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.49 ppm iken 100-500 m'de 0.22 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.23 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Zn konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça düzenli bir azalış göstermemekle birlikte; 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Zn konsantrasyonu ortalaması (0.49 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Zn konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.024$ ,  $r = - 0.411$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Zn konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak

gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.1.2.6. Pb

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Pb konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.58’de verilmiştir.

Çizelge 4.58. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Pb konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Pb (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Pb (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Pb (ppm)
TA-1	0.078	TA-11	0.059	TA-21	0.047
TA-2	0.089	TA-12	0.03	TA-22	0.026
TA-3	0.049	TA-13	0.061	TA-23	0.038
TA-4	0.072	TA-14	0.043	TA-24	0.059
TA-5	0.053	TA-15	0.043	TA-25	0.052
TA-6	0.051	TA-16	0.052	TA-26	0.044
TA-7	0.052	TA-17	0.054	TA-27	0.053
TA-8	0.109	TA-18	0.043	TA-28	0.059
TA-9	0.079	TA-19	0.067	TA-29	0.053
TA-10	0.079	TA-20	0.042	TA-30	0.046
<b>Min.</b>	<b>0.049</b>	<b>Min.</b>	<b>0.030</b>	<b>Min.</b>	<b>0.026</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.069</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.049</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.046</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.109</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.067</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.059</b>

Çizelge 4.58 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.069 ppm iken 100-500 m'de 0.049 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.046 ppm olarak yine küçük bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Pb konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Pb konsantrasyonu ortalaması (0.069 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Pb konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.002$ ,  $r = - 0.555$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Pb konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.1.2.7. Cd**

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Cd konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.59'de verilmiştir.



Çizelge 4.59. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Cd konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cd (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cd (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cd (ppm)
TA-1	0.0047	TA-11	0.0036	TA-21	0.0019
TA-2	0.0042	TA-12	0.0019	TA-22	0.0009
TA-3	0.0021	TA-13	0.0059	TA-23	0.0010
TA-4	0.0039	TA-14	0.0016	TA-24	0.0043
TA-5	0.0081	TA-15	0.0028	TA-25	0.0024
TA-6	0.0039	TA-16	0.0038	TA-26	0.0027
TA-7	0.0014	TA-17	0.0021	TA-27	0.0018
TA-8	0.0036	TA-18	0.0019	TA-28	0.0021
TA-9	0.0024	TA-19	0.0033	TA-29	0.0021
TA-10	0.0053	TA-20	0.0019	TA-30	0.0023
<b>Min.</b>	<b>0.0014</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0016</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0009</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0037</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0029</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0020</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0081</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0059</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0043</b>

Çizelge 4.59 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0037 ppm iken 100-500 m'de 0.0029 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.0020 ppm olarak bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Cd konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Cd konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.008$ ,  $r = - 0.474$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Cd konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.1.2.8. Cr

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Cr konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.60’da verilmiştir.

Çizelge 4.60. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Cr konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cr (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cr (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cr (ppm)
TA-1	0.051	TA-11	0.020	TA-21	0.011
TA-2	0.052	TA-12	0.013	TA-22	0.010
TA-3	0.018	TA-13	0.013	TA-23	0.016
TA-4	0.044	TA-14	0.012	TA-24	0.022
TA-5	0.014	TA-15	0.010	TA-25	0.015
TA-6	0.029	TA-16	0.017	TA-26	0.012
TA-7	0.023	TA-17	0.017	TA-27	0.013
TA-8	0.041	TA-18	0.012	TA-28	0.031
TA-9	0.064	TA-19	0.016	TA-29	0.020
TA-10	0.037	TA-20	0.018	TA-30	0.015
<b>Min.</b>	<b>0.014</b>	<b>Min.</b>	<b>0.010</b>	<b>Min.</b>	<b>0.010</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.035</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.015</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.016</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.064</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.020</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.031</b>

Çizelge 4.60 ‘da görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.035 ppm iken 100-500 m’de 0.015 ppm’e düşmüş, 500-1000 m’de ise 0.016 ppm olarak belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının

içerdiği Cr konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça düzenli bir azalış göstermemekle birlikte; 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Cr konsantrasyonu ortalaması (0.035 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Cr konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.602$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Cr konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.1.2.9. Co**

Atık göletinden başlayarak tarımsal alan yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Co konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.61’de verilmiştir.

Çizelge 4.61. Tarımsal alan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Co konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Co (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Co (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Co (ppm)
TA-1	0.0252	TA-11	0.0104	TA-21	0.0052
TA-2	0.0204	TA-12	0.0062	TA-22	0.0042
TA-3	0.0083	TA-13	0.0064	TA-23	0.0073
TA-4	0.0208	TA-14	0.0090	TA-24	0.0162
TA-5	0.0098	TA-15	0.0070	TA-25	0.0057
TA-6	0.0131	TA-16	0.0170	TA-26	0.0032
TA-7	0.0106	TA-17	0.0097	TA-27	0.0032
TA-8	0.0199	TA-18	0.0118	TA-28	0.0211
TA-9	0.0641	TA-19	0.0106	TA-29	0.0099
TA-10	0.0178	TA-20	0.0098	TA-30	0.0113
<b>Min.</b>	<b>0.0083</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0062</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0032</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0198</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0098</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0082</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0641</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0170</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0211</b>

Çizelge 4.61 'de görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0198 ppm iken 100-500 m'de 0.0098 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.0082 ppm'e düştüğü belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Co konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Co konsantrasyonu ortalaması (0.0198 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Co konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.012$ ,  $r = - 0.452$ ). Çizelgede

görüldüğü gibi; Co konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.2. İlçe merkezi yönünde toplanan yaprak örneklerinin yıkama çözeltisi ile muamelesi sonucu elde edilen süzüklerin analizi sonuçları ve tartışması**

Bu bölümde atık göletinden başlanarak ilçe merkezi (İM) yönünde toplanan yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen elementel S ve ağır metal (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analiz sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

##### **4.3.2.1. Kükürt**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen elementel kükürt (S) konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.62'de verilmiştir.

Çizelge 4.62. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen S konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	S (ppm)	Örnek No (100-500 m)	S (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	S (ppm)
İM-1	14.86	İM-11	12.78	İM-21	11.18
İM-2	15.64	İM-12	21.43	İM-22	12.26
İM-3	20.86	İM-13	16.14	İM-23	13.30
İM-4	43.25	İM-14	17.99	İM-24	6.31
İM-5	23.65	İM-15	16.72	İM-25	12.09
İM-6	34.32	İM-16	17.09	İM-26	14.24
İM-7	35.10	İM-17	12.32	İM-27	8.50
İM-8	32.44	İM-18	34.27	İM-28	8.79
İM-9	26.86	İM-19	29.06	İM-29	9.03
İM-10	26.66	İM-20	11.08	İM-30	12.60
<b>Min.</b>	<b>14.86</b>	<b>Min.</b>	<b>11.08</b>	<b>Min.</b>	<b>6.31</b>
<b>Ort.</b>	<b>26.23</b>	<b>Ort.</b>	<b>18.18</b>	<b>Ort.</b>	<b>10.42</b>
<b>Mak.</b>	<b>43.25</b>	<b>Mak.</b>	<b>34.27</b>	<b>Mak.</b>	<b>14.24</b>

Çizelge 4.62 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeyleindeki tozu içeren süzükte S konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 26.23 ppm iken, 100-500 m'de 18.18 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 10.42 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği S konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu S konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.716$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; S konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.2.2. Ağır metaller

##### 4.3.2.2.1. Fe

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Fe konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.63’de verilmiştir.

Çizelge 4.63. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Fe konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Fe (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Fe (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Fe (ppm)
İM-1	2.27	İM-11	1.90	İM-21	2.29
İM-2	1.69	İM-12	2.27	İM-22	2.57
İM-3	0.14	İM-13	2.31	İM-23	1.80
İM-4	6.04	İM-14	2.23	İM-24	1.15
İM-5	7.45	İM-15	2.17	İM-25	1.63
İM-6	4.29	İM-16	2.67	İM-26	1.65
İM-7	2.94	İM-17	2.61	İM-27	1.84
İM-8	3.97	İM-18	6.15	İM-28	1.31
İM-9	2.26	İM-19	3.28	İM-29	2.17
İM-10	4.84	İM-20	2.99	İM-30	2.61
<b>Min.</b>	<b>0.14</b>	<b>Min.</b>	<b>1.90</b>	<b>Min.</b>	<b>1.15</b>
<b>Ort.</b>	<b>3.28</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.77</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.83</b>
<b>Mak.</b>	<b>7.45</b>	<b>Mak.</b>	<b>6.15</b>	<b>Mak.</b>	<b>2.61</b>

Çizelge 4.63 ‘de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100

m'de 3.28 ppm iken 100-500 m'de 2.77 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 1.83 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Fe konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Fe konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.014$ ,  $r = - 0.443$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Fe konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.2.2.2. Al**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Al konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.64'de verilmiştir.



Çizelge 4.64. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Al konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Al (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Al (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Al (ppm)
İM-1	2.27	İM-11	2.11	İM-21	2.11
İM-2	1.78	İM-12	2.45	İM-22	2.68
İM-3	0.09	İM-13	2.41	İM-23	1.92
İM-4	5.86	İM-14	2.48	İM-24	1.35
İM-5	7.58	İM-15	2.21	İM-25	1.52
İM-6	4.47	İM-16	2.47	İM-26	1.44
İM-7	3.31	İM-17	2.66	İM-27	1.87
İM-8	3.80	İM-18	6.59	İM-28	1.31
İM-9	2.54	İM-19	2.92	İM-29	1.83
İM-10	2.27	İM-20	2.43	İM-30	2.80
<b>Min.</b>	<b>0.09</b>	<b>Min.</b>	<b>2.11</b>	<b>Min.</b>	<b>1.31</b>
<b>Ort.</b>	<b>3.10</b>	<b>Ort.</b>	<b>2.80</b>	<b>Ort.</b>	<b>1.83</b>
<b>Mak.</b>	<b>7.58</b>	<b>Mak.</b>	<b>6.59</b>	<b>Mak.</b>	<b>2.80</b>

Çizelge 4.64 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 3.10 ppm iken 100-500 m'de 2.80 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 1.83 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Al konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Al konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.029$ ,  $r = - 0.399$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Al konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.2.2.3. Ni

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Ni konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.65’de verilmiştir.

Çizelge 4.65. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Ni konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Ni (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Ni (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Ni (ppm)
İM-1	0.082	İM-11	0.038	İM-21	0.04
İM-2	0.063	İM-12	0.054	İM-22	0.042
İM-3	0.101	İM-13	0.111	İM-23	0.035
İM-4	0.142	İM-14	0.09	İM-24	0.022
İM-5	0.218	İM-15	0.04	İM-25	0.063
İM-6	0.102	İM-16	0.054	İM-26	0.078
İM-7	0.073	İM-17	0.053	İM-27	0.045
İM-8	0.129	İM-18	0.187	İM-28	0.024
İM-9	0.057	İM-19	0.194	İM-29	0.049
İM-10	0.1	İM-20	0.047	İM-30	0.061
<b>Min.</b>	<b>0.057</b>	<b>Min.</b>	<b>0.038</b>	<b>Min.</b>	<b>0.022</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.102</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.082</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.044</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.218</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.194</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.078</b>

Çizelge 4.65 ‘de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.102 ppm iken 100-500 m’de 0.082 ppm’e düşmüş, 500-1000 m’de ise 0.044 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi;

yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Ni konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Ni konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.005$ ,  $r = - 0.500$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Ni konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.2.2.4. Mn**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Mn konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.66'de verilmiştir.

Çizelge 4.66. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Mn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Mn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Mn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Mn (ppm)
İM-1	0.44	İM-11	0.59	İM-21	0.27
İM-2	0.45	İM-12	0.66	İM-22	1.32
İM-3	1.13	İM-13	0.49	İM-23	0.58
İM-4	1.45	İM-14	0.63	İM-24	0.28
İM-5	2.57	İM-15	1.05	İM-25	0.36
İM-6	1.11	İM-16	1.39	İM-26	0.69
İM-7	1.35	İM-17	0.67	İM-27	0.47
İM-8	0.97	İM-18	2.68	İM-28	0.39
İM-9	0.57	İM-19	1.00	İM-29	1.63
İM-10	0.72	İM-20	0.34	İM-30	0.59
<b>Min.</b>	<b>0.44</b>	<b>Min.</b>	<b>0.34</b>	<b>Min.</b>	<b>0.27</b>
<b>Ort.</b>	<b>1.02</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.89</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.62</b>
<b>Mak.</b>	<b>2.57</b>	<b>Mak.</b>	<b>2.68</b>	<b>Mak.</b>	<b>1.63</b>

Çizelge 4.66 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Mn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 1.02 ppm iken 100-500 m'de 0.89 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.62 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Mn konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir fakat yapılan korelasyon analizi sonucu Mn konsantrasyonu ile uzaklık arasında önemli bir korelasyon belirlenmemiştir ( $p = 0.122$ ,  $r = - 0.289$ ).

#### 4.3.2.2.5. Zn

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Zn konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.67’de verilmiştir.

Çizelge 4.67. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Zn konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Zn (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Zn (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Zn (ppm)
İM-1	0.42	İM-11	0.18	İM-21	0.20
İM-2	0.50	İM-12	0.28	İM-22	0.23
İM-3	0.43	İM-13	0.36	İM-23	0.16
İM-4	0.33	İM-14	0.28	İM-24	0.10
İM-5	0.18	İM-15	0.16	İM-25	0.23
İM-6	0.27	İM-16	0.20	İM-26	0.17
İM-7	0.23	İM-17	0.19	İM-27	0.18
İM-8	0.45	İM-18	0.48	İM-28	0.13
İM-9	0.19	İM-19	0.48	İM-29	0.15
İM-10	0.99	İM-20	0.23	İM-30	0.43
<b>Min.</b>	<b>0.18</b>	<b>Min.</b>	<b>0.16</b>	<b>Min.</b>	<b>0.10</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.38</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.27</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.19</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.99</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.48</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.43</b>

Çizelge 4.67 ‘de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.38 ppm iken 100-500 m’de 0.27 ppm’e düşmüş, 500-1000 m’de ise 0.19 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi

tozlarının içerdiği Zn konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Zn konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.009$ ,  $r = - 0.471$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Zn konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.2.2.6. Pb**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Pb konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.68'de verilmiştir.

Çizelge 4.68. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Pb konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Pb (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Pb (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Pb (ppm)
İM-1	0.066	İM-11	0.036	İM-21	0.065
İM-2	0.078	İM-12	0.050	İM-22	0.053
İM-3	0.083	İM-13	0.072	İM-23	0.056
İM-4	0.054	İM-14	0.059	İM-24	0.049
İM-5	0.057	İM-15	0.051	İM-25	0.043
İM-6	0.058	İM-16	0.069	İM-26	0.031
İM-7	0.060	İM-17	0.060	İM-27	0.038
İM-8	0.071	İM-18	0.091	İM-28	0.037
İM-9	0.050	İM-19	0.059	İM-29	0.036
İM-10	0.048	İM-20	0.063	İM-30	0.073
<b>Min.</b>	<b>0.048</b>	<b>Min.</b>	<b>0.036</b>	<b>Min.</b>	<b>0.031</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.061</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.059</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.047</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.083</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.091</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.073</b>

Çizelge 4.68 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.061 ppm iken 100-500 m'de 0.059 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.047 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Pb konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Pb konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.024$ ,  $r = - 0.412$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Pb konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.2.2.7. Cd

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Cd konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.69’da verilmiştir.

Çizelge 4.69. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Cd konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cd (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cd (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cd (ppm)
İM-1	0.0182	İM-11	0.0018	İM-21	0.0019
İM-2	0.0265	İM-12	0.0049	İM-22	0.0014
İM-3	0.0109	İM-13	0.0036	İM-23	0.0012
İM-4	0.0104	İM-14	0.0023	İM-24	0.0017
İM-5	0.0022	İM-15	0.0019	İM-25	0.0017
İM-6	0.0063	İM-16	0.0108	İM-26	0.0034
İM-7	0.0046	İM-17	0.0034	İM-27	0.0031
İM-8	0.0079	İM-18	0.0027	İM-28	0.0023
İM-9	0.0026	İM-19	0.0093	İM-29	0.0019
İM-10	0.0043	İM-20	0.0019	İM-30	0.0032
<b>Min.</b>	<b>0.0022</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0018</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0012</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0087</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0040</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0021</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0265</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0108</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0034</b>

Çizelge 4.69 ‘da görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.0087 ppm iken 100-500 m’de 0.0040 ppm’e düşmüş, 500-1000 m’de ise 0.0021 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi;



yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Cd konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Cd konsantrasyonu ortalaması (0.0087 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Cd konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.002$ ,  $r = - 0.536$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Cd konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.3.2.2.8. Cr**

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Cr konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.70'de verilmiştir.

Çizelge 4.70. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Cr konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Cr (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Cr (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Cr (ppm)
İM-1	0.014	İM-11	0.012	İM-21	0.013
İM-2	0.012	İM-12	0.012	İM-22	0.016
İM-3	0.021	İM-13	0.016	İM-23	0.009
İM-4	0.038	İM-14	0.015	İM-24	0.008
İM-5	0.034	İM-15	0.012	İM-25	0.011
İM-6	0.025	İM-16	0.014	İM-26	0.007
İM-7	0.019	İM-17	0.014	İM-27	0.011
İM-8	0.027	İM-18	0.036	İM-28	0.010
İM-9	0.013	İM-19	0.018	İM-29	0.011
İM-10	0.031	İM-20	0.015	İM-30	0.015
<b>Min.</b>	<b>0.012</b>	<b>Min.</b>	<b>0.012</b>	<b>Min.</b>	<b>0.007</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.022</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.016</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.011</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.038</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.036</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.016</b>

Çizelge 4.70 'de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.022 ppm iken 100-500 m'de 0.016 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.011 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Cr konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Cr konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.608$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Cr konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### 4.3.2.2.9. Co

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde tespit edilen Co konsantrasyonları değişimi Çizelge 4.71’de verilmiştir.

Çizelge 4.71. İlçe merkezi yaprak örneklerinin yıkama çözeltilerinden elde edilen süzüklerde örnek alınan noktaların atık göletine olan uzaklıklarına bağlı olarak değişen Co konsantrasyonları

Örnek No (0-100 m)	Co (ppm)	Örnek No (100-500 m)	Co (ppm)	Örnek No (500-1000 m)	Co (ppm)
İM-1	0.0064	İM-11	0.0088	İM-21	0.0036
İM-2	0.0087	İM-12	0.0100	İM-22	0.0044
İM-3	0.0098	İM-13	0.0090	İM-23	0.0044
İM-4	0.0248	İM-14	0.0096	İM-24	0.0026
İM-5	0.0431	İM-15	0.0054	İM-25	0.0042
İM-6	0.0156	İM-16	0.0079	İM-26	0.0028
İM-7	0.0129	İM-17	0.0079	İM-27	0.0038
İM-8	0.0176	İM-18	0.0239	İM-28	0.0013
İM-9	0.0094	İM-19	0.0140	İM-29	0.0034
İM-10	0.0194	İM-20	0.0106	İM-30	0.0078
<b>Min.</b>	<b>0.0064</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0054</b>	<b>Min.</b>	<b>0.0013</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.0158</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0102</b>	<b>Ort.</b>	<b>0.0036</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.0431</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0239</b>	<b>Mak.</b>	<b>0.0078</b>

Çizelge 4.71 ‘de görüldüğü gibi ilçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 0.0158 ppm iken 100-500 m’de 0.0102 ppm’e düşmüş, 500-1000 m’de ise 0.0036 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi;

yaprak yüzeyi tozlarının içerdiği Co konsantrasyonu ortalamaları atık göletinden uzaklaştıkça bir azalış göstermektedir. 0-100 m örnekleme aralığında tespit edilen Co konsantrasyonu ortalaması (0.0158 ppm) diğer örnekleme aralıklarına göre belirgin şekilde yüksek olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu Co konsantrasyonu ile uzaklık arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir ( $p = 0.001$ ,  $r = - 0.623$ ). Çizelgede görüldüğü gibi; Co konsantrasyonlarının örnekleme uzaklığına bağlı olarak gösterdiği değişimin atık materyalin bölgeye olan yayılımını işaret ettiği düşünülmektedir.

#### **4.4. Kuyu Suları Analiz Sonuçları ve Tartışması**

Bu bölümde, ilçenin tarımsal alanında bulunan ve tarımsal sulama amaçlı kullanılan kuyu sularına ait pH, EC, elementel S, ağır metal (Fe, Al, Ni, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) analiz sonuçları ve tartışması verilmiştir.

##### **4.4.1. Kuyu suyu örneklerinde pH, EC ve elementel S analizleri**

Çizelge 4.72’de kuyu suyu örneklerinde yapılan pH, EC ve elementel S analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.72. Kuyu suyu örneklerinin pH, EC ve elementel S analiz sonuçları

Örnek No	pH	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	S* (ppm)
1	7.24	793.4	15.21
2	7.28	791.8	14.68
3	7.20	799.2	15.14
4	7.24	795.3	14.67
5	7.30	758.1	15.20
6	7.28	766.5	15.05
7	7.24	767.3	15.11
8	7.18	771.7	13.50
9	7.21	776.1	15.18
10	7.26	774.3	14.71
<b>Min.</b>	<b>7.18</b>	<b>758.1</b>	<b>13.50</b>
<b>Ort.</b>	<b>7.30</b>	<b>779.4</b>	<b>14.72</b>
<b>Mak.</b>	<b>7.24</b>	<b>799.2</b>	<b>15.21</b>

\* Kuyu sularının kükürt içeriği elementel kükürt (S) olarak belirlenmiştir, sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) haline çevrilmesi için 2.995 katsayısı kullanılmaktadır Kacar (2009).

Çizelge 4.72’de görüldüğü gibi kuyu suyu örneklerinin pH değerleri 7.18 ile 7.30 arasında değişirken ortalama değer 7.24 olarak tespit edilmiştir. Kuyu sularının EC değerleri 758.1  $\mu\text{S/cm}$  ile 799.2  $\mu\text{S/cm}$  arasında değişim göstermiş ortalama değer 779.4  $\mu\text{S/cm}$  olarak tespit edilmiştir. elementel kükürt (S) konsantrasyonları ise 13.50 ppm ile 15.21 ppm arasında değişim göstermiş ortalama değer ise 14.72 ppm olarak tespit edilmiştir.

Ülkemizde, sulama suyu sınıflandırmasında esas alınan sulama suyu kriterlerine göre, sulama suları tuzluluk bakımından; 1. sınıf 0-250  $\mu\text{S/cm}$  (çok iyi), 2. Sınıf 250-750  $\mu\text{S/cm}$  (iyi), 3. Sınıf 750-2000  $\mu\text{S/cm}$  (kullanılır), 4. Sınıf 2000-3000  $\mu\text{S/cm}$  (ihtiyatlı kullanılmalı), 5. Sınıf >3000  $\mu\text{S/cm}$  (zararlı, uygun değil) olarak 5 sınıfa ayrılmıştır (Anonim 1991). Çizelgede görüldüğü gibi Keçiborlu kuyu suları 3. Sınıf sulama suyu olarak değerlendirilmektedir. Aynı sınıflandırmaya göre kuyu sularının pH

değerleri tarımsal sulamaya uygun olan 6.5-8.5 aralığında olduğu belirlenmiştir. Sülfat ( $S-SO_4^{2-}$ ) içeriği ise aynı sınıflandırmaya göre 1. Sınıf sulama suyu olarak kabul edilen 0 - 192 ppm aralığındadır.

#### 4.4.2. Kuyu suyu örneklerinde ağır metal analizleri

Çizelge 4.73’de kuyu suyu örneklerinin ağır metal konsantrasyon değerleri ve ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 4.73. Kuyu suyu örneklerinin ağır metal konsantrasyonları

Örnek No	Fe (ppm)	Al (ppm)	Ni (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Co (ppm)
1	0.098	0.017	0.0127	0.0029	0.632	0.016	0.00074	0.0061	0.00080
2	0.090	0.004	0.0075	0.0016	0.607	0.012	0.00064	0.0019	0.00033
3	0.097	0.010	0.0041	0.0015	0.565	0.006	0.00064	0.0048	0.00075
4	0.097	0.019	0.0031	0.0023	0.635	0.012	0.00021	0.0009	-
5	0.109	0.068	0.0064	0.0019	0.056	0.014	0.00029	0.0026	0.00017
6	0.058	0.002	0.0048	0.0042	0.059	0.010	0.00068	0.0030	0.00140
7	0.072	0.001	0.0047	0.0030	0.062	0.025	0.00107	0.0033	0.00127
8	0.055	-	0.0032	0.0010	0.029	0.012	0.00090	0.0021	-
9	0.104	0.005	0.0074	0.0019	0.070	0.017	0.00082	0.0040	0.00066
10	0.073	-	0.0036	0.0013	0.054	0.033	0.00047	0.0038	0.00210
<b>Min.</b>	<b>0.055</b>	<b>0.001</b>	<b>0.0031</b>	<b>0.0010</b>	<b>0.029</b>	<b>0.006</b>	<b>0.00021</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.00017</b>
<b>Ort.</b>	<b>0.082</b>	<b>0.014</b>	<b>0.0055</b>	<b>0.0021</b>	<b>0.254</b>	<b>0.015</b>	<b>0.00061</b>	<b>0.0030</b>	<b>0.00085</b>
<b>Mak.</b>	<b>0.109</b>	<b>0.068</b>	<b>0.0127</b>	<b>0.0042</b>	<b>0.635</b>	<b>0.033</b>	<b>0.00107</b>	<b>0.0061</b>	<b>0.00210</b>

Çizelge 4.73 ‘de görüldüğü gibi kuyu suyu örneklerinde Fe konsantrasyonlarının minimum 0.055 ppm ile maksimum 0.109 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.082 ppm olarak belirlenmiştir. Al konsantrasyonlarının minimum 0.001 ppm ile maksimum 0.068 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.014 ppm olarak belirlenmiştir. Ni konsantrasyonlarının minimum 0.0031 ppm ile maksimum 0.0127 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.0055 ppm olarak belirlenmiştir. Mn konsantrasyonlarının minimum 0.0010 ppm ile maksimum 0.0042 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.0021 ppm olarak belirlenmiştir. Zn konsantrasyonlarının minimum 0.029 ppm ile maksimum 0.635 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.254

ppm olarak belirlenmiştir. Pb konsantrasyonlarının minimum 0.006 ppm ile maksimum 0.033 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.015 ppm olarak belirlenmiştir. Cd konsantrasyonlarının minimum 0.00021 ppm ile maksimum 0.00107 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.00061 ppm olarak belirlenmiştir. Cr konsantrasyonlarının minimum 0.0009 ppm ile maksimum 0.0061 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.0030 ppm olarak belirlenmiştir. Co konsantrasyonlarının minimum 0.00017 ppm ile maksimum 0.00210 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiş; ortalama değer ise 0.00085 ppm olarak belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada, her çeşit toprakta devamlı olarak kullanılan sulama suları için; Al 5.0 ppm, Cd 0.01 ppm, Cr 0.1 ppm, Co 0.05 ppm, Cu 0.2 ppm, Fe 5.0 ppm, Pb 5.0 ppm, Mn 0.2 ppm, Ni 0.2 ppm, Zn 2.0 ppm konsantrasyonları sınır değerler olarak bildirilmiştir (Water Quality Criteria 1974). Çizelgede grldğu gibi; kuyu suları için yapılan analizler değerlendirildiğinde, Keçiborlu tarımsal alanı kuyu sularında atık göletinden kaynaklanan bir kirlenme bulgusuna rastlanmamıştır. Mevcut tuzluluğun ise kireçli toprakların etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışma ile Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletindeki atık materyalin; mevcut durumu, çeşitli kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra atık materyalin rüzgâr ve su erozyonu yoluyla çevreye yayılımı, bu yayılımın uzaklığa bağlı olarak değişimi araştırılmıştır. Ayrıca atık göletine infiltre olan yağmur sularının yeraltı sularına sızması ile bölgedeki kuyu sularında görülebilecek etkiler incelenmiştir. Yapılan analizler sonucu; atık göletinde bulunan atık materyalin son derece düşük pH ve yüksek EC değerlerine sahip olduğu, ağır metal içeriğinin ise toksik düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Atık göletinden çevreye su ve rüzgar erozyonu yoluyla belirgin düzeylerde bir kirletici taşınımı gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda Keçiborlu kükürt fabrikası flotasyon atık göletinin bölge için önemli bir kirlilik kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Halbuki; Devlet Planlama Teşkilatı'nın 2001 yılında yayınladığı DPT: 2607 - ÖİK: 618 no'lu Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Madencilik ÖİK Raporunda Etibank Keçiborlu Kükürt İşletmesi flotasyon atık göletinin çevreye herhangi bir zarar vermediği ifade edilmiştir.

Atık göletinden başlayarak; ilçenin tarımsal alanı yönünde (TA) (0-100 m, 100-500 m, 500-1000 m) olmak üzere 3 mesafe aralığında toplanan yüzey toprağı analizlerine göre; tarımsal alan yönündeki yüzey topraklarında, atık göletinden uzaklaştıkça EC değerlerinde ve  $SO_4^{2-}$ -S konsantrasyonlarında istatistiki olarak bir azalma olduğu belirlenmiştir. Tarımsal alan (TA) yönünde pH değerlerinde uzaklığa bağlı olarak pozitif bir korelasyon çıkmaması Keçiborlu tarımsal alan topraklarının kireçli ve bazik karakterde oluşu ve aynı zamanda işlenen topraklar olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tarımsal alan (TA) yönünde EC değerleri ortalaması; 0-100 m'de  $179.1 \mu S cm^{-1}$  iken, 100-500 m'de  $125.3 \mu S cm^{-1}$  ve 500-1000 m'de  $106.8 \mu S cm^{-1}$  olarak; atık alanından uzaklaştıkça belirgin bir azalış göstermiştir.  $SO_4^{2-}$ -S konsantrasyon ortalamaları ise 0-100 m'de 111.6 ppm iken, 100-500 m'de 54.1 ppm ve 500-1000 m'de 34.9 ppm olarak; atık alanından uzaklaştıkça belirgin bir azalış göstermiştir.



Atık göletinden tarımsal alan (TA) yönünde ilerledikçe yüzey topraklarında toplam ağır metal konsantrasyonlarında Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co istatistiki olarak bir azalma gözlenirken, DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerde ise bu azalış Cu, Zn, Pb, Cd elementlerinde tespit edilmiştir.

Atık göletinden başlayarak; ilçenin tarımsal alanı (TA) yönünde (0-100 m, 100-500 m, 500-1000 m) olmak üzere 3 mesafe aralığında yüzey toprağı analizlerinde atık materyalin çevreye yayılımına işaret eden sonuçlar belirlenmiştir. Toplam ağır metal konsantrasyonları (Fe, Al, Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) uzaklık ile negatif bir korelasyon göstermiştir. Tarımsal alan (TA) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında kral suyu toplam Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 8108.8 ppm iken, 100-500 m'de 6135.5 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 4653.1 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Al o konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 6067.2 ppm iken, 100-500 m'de 5275.6 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 4413.1 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 142.0 ppm iken, 100-500 m'de 98.4 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 96.9 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Mn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 305.7 ppm iken, 100-500 m'de 288.2 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 281.3 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Cu konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 63.5 ppm iken, 100-500 m'de 61.9 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 50.9 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 52.2 ppm iken, 100-500 m'de 43.5 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 33.9 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 23.1 ppm iken, 100-500 m'de 18.8 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 18.2 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.9 ppm iken, 100-500 m'de 0.7 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 0.5 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 40.9 ppm iken, 100-500 m'de 30.4 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 26.7 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Toplam Co konsantrasyonları

ortalaması 0-100 m'de 12.6 ppm iken, 100-500 m'de 9.5 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 3,7 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Tarımsal alan (TA) yönünde; DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerde ise uzaklığa bağlı olarak Cu, Zn, Pb, Cd konsantrasyonlarında bir azalış tespit edilmiştir. Tarımsal alan örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 1.490 ppm iken, 100-500 m'de 1.477 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 1.190 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.937 ppm iken, 100-500 m'de 0.617 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 0.487 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.318 ppm iken, 100-500 m'de 0.349 ppm'e yükselmiş daha sonra 500-1000 m'de ise 0.225 ppm olarak bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. DTPA ile ekstrakte edilebilir Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0329 ppm iken, 100-500 m'de 0.0217 ppm'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de ise 0.0209 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) yüzey topraklarında atık materyalin yayılım etkisi açıkça ortaya konulmuştur.  $SO_4^{2-}$ -S değerleri ve EC değerleri atık göletinden uzaklaştıkça belirgin bir azalma göstermiştir. Bu yayılım kendisini toplam ağır metal sonuçlarında da göstermiştir. Yayılım DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerde ise analizi yapılan 10 ağır metalden sadece 4'üne yansımıştır (Cu, Zn, Pb, Cd). Bu durumun; Keçiborlu tarım topraklarının kimyasal özelliklerine (kireçli toprak) ve bu özelliklerin arazide homojen olmayışından ileri geldiği düşünülmektedir. Tarımsal alan yüzey topraklarında; EC,  $SO_4^{2-}$ -S değerleri uzaklığa bağlı olarak ile belirgin bir değişim göstermesine rağmen pH değerlerinde böyle bir sonuca rastlanmamıştır. Bu durumun; Keçiborlu topraklarının kireçli ve bazik karakterde oluşu, örnekleme alanı içindeki toprakların kireç içeriğini ile pH'sının homojen olmayışı ve tarımsal alan (TA) topraklarının işlenen topraklar olmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Atık göletinden başlayarak; ilçe merkezi (İM) yönünde (0-100 m, 100-500 m, 500-1000 m) olmak üzere 3 mesafe aralığında toplanan yüzey toprağı analizlerine göre; ilçe merkezi (İM) yönündeki yüzey topraklarında, atık göletinden uzaklaştıkça  $SO_4^{2-}$ -S konsantrasyonlarında istatistiki olarak bir azalış olurken pH değerlerinde istatistiki olarak artış belirlenmiştir olduğu belirlenmiştir. İlçe merkezi (İM) yönündeki yüzey topraklarında  $SO_4^{2-}$ -S konsantrasyonlarında istatistiki olarak bir azalış olurken pH konsantrasyonlarında ise istatistiki olarak artış belirlenmiştir olduğu belirlenmiştir. İlçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında  $SO_4^{2-}$ -S konsantrasyonları ortalamaları 0-100 m'de 153.0 ppm iken, 100-500 m'de 84.1 ppm ve 500-1000 m'de 64.7 ppm olarak; atık alanından uzaklaştıkça belirgin bir azalış göstermiştir. İlçe merkezi (İM) örnekleme yönündeki yüzey topraklarında pH konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 7.30 iken, 100-500 m'de 7.50 ve 500-1000 m'de ise 7.55 olarak belirlenmiştir

Atık göletinden başlayarak ilçe merkezi (İM) yönünde ilerledikçe yüzey topraklarında toplam ağır metal konsantrasyonlarında Cd ve Co istatistiki olarak bir azalma gözlenirken, DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerde ise bu istatistiki azalış sadece Cr elementinde tespit edilmiştir.

İlçe merkezi (İM) yüzey topraklarında, atık göletinden ilçe merkezi yönünde ilerledikçe yüzey topraklarında toplam ağır metal konsantrasyonlarında Cd ve Co istatistiki olarak bir azalma gözlenmiştir. Kral suyu toplam Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 1.1 ppm iken, 100-500 m'de 0.6 ppm 'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de yine 0.6 ppm olarak belirlenmiştir. toplam Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 17.4 ppm iken, 100-500 m'de 10.7 ppm 'e düşmüş daha sonra 500-1000 m'de 7.3 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerde ise uzaklığa bağlı konsantrasyon azalışı istatistiki olarak sadece Cr elementinde tespit edilmiştir. İlçe merkezi (İM)

örnekleme yönündeki yüzey topraklarında DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m uzaklık aralığında 0.0110 ppm; 100 – 500 m uzaklık aralığında 0.0085 ppm olarak bir azalış göstermiş; 500-1000 aralığında ise 0.0068 ppm olarak yine bir azalış gösterdiği belirlenmiştir.

Görüldüğü gibi; ilçe merkezi (İM) yüzey topraklarında  $SO_4^{2-}$ -S konsantrasyonları atık göletinden uzaklaştıkça belirgin bir azalma göstermesine bağlı olarak pH konsantrasyonlarının artış gösterdiği düşünülmektedir. İlçe merkezi yüzey topraklarında atık materyalin yayılım etkisi tarımsal alandaki kadar belirgin olmamakla birlikte yine açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Yayılım etkisi DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metallerde ise sadece Cr elementinde ortaya çıkarken; kral suyu toplam ağır metallerde Cd ve Co elementlerinde ortaya çıkmıştır. İlçe merkezinde tarımsal alana göre çok daha az ağır metalde yayılım etkisi görülmesi; ilçe merkezindeki bina vb. yapıların rüzgar erozyonunu azaltıcı etkisine ve ilçe merkezinin tarımsal alana göre daha iyi drenaj şartlarına sahip olması sayesinde su erozyonundan daha az etkilenmesinden ileri geldiği düşünülmektedir.

Toprakların oldukça heterojen ve dinamik ortamlar olduğu göz önünde bulundurularak, atık materyalin yayılımının belirlenmesinde alternatif bir indikatör olarak yapılan yaprak yüzeyi yıkama çözeltisi analizleri ise, atık materyalin yayılımını çarpıcı bir şekilde ortaya koymuştur. Atık göletinden tarımsal alan (TA) yönünde ilerledikçe çok yıllık bitkilere ait yaprak yüzeylerinde rüzgar erozyonu ile biriken materyalde Fe, Al, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Co ve elementel S konsantrasyonlarında istatistiki olarak bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Atık göletinden tarımsal alan (TA) yönünde ilerleyerek 3 mesafe aralığında (0-100 m, 100-500 m, 500-1000 m) toplanan çok yıllık bitkilere ait yaprak yüzeylerinde rüzgar erozyonu ile biriken toz materyali içeren süzükte Fe, Al, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Co ile elementel S konsantrasyonlarında istatistiki olarak bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte S konsantrasyonları ortalaması 0-100 m’de 35.60 ppm iken, 100-500 m’de 12.89 ppm’e düşmüş, 500-1000

m'de ise 12.28 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Fe konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 5.45 ppm iken 100-500 m'de 2.48 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 2.54 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 5.30 ppm iken 100-500 m'de 2.38 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 2.42 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.141 ppm iken 100-500 m'de 0.064 ppm değerine düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.069 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Zn değerleri ortalaması 0-100 m'de 0.49 ppm iken 100-500 m'de 0.22 ppm değerine düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.23 ppm olarak küçük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Pb değerleri ortalaması 0-100 m'de 0.069 ppm iken 100-500 m'de 0.049 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.046 ppm olarak yine küçük bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0037 ppm iken 100-500 m'de 0.0029 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.0020 ppm olarak bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.035 ppm iken 100-500 m'de 0.015 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.016 ppm olarak belirlenmiştir. Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0198 ppm iken 100-500 m'de 0.0098 ppm'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.0082 ppm'e düştüğü belirlenmiştir.

Görüldüğü gibi tarımsal alan (TA) yaprak örneklerinden elde edilen yıkama çözeltilerinde analizi yapılan ağır metallerin Mn hariç hepsinde (Fe, Al, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) uzaklığa bağlı olarak belirgin bir konsantrasyon düşüşü ortaya çıkmıştır. Bu konsantrasyon düşüşüne elementel S 'in de dahil olması atık materyalin ilçenin tarımsal alanındaki yayılımını çarpıcı bir biçimde ortaya koymuştur.

Atık göletinden ilçe merkezi (İM) yönünde ilerledikçe çok yıllık bitkilere ait yaprak yüzeylerinde rüzgar erozyonu ile biriken materyalde Fe, Al, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Co ve elementel S konsantrasyonlarında istatistiki olarak bir azalma ortaya çıkmıştır.

Atık göletinden ilçe merkezi (İM) yönünde ilerleyerek 3 mesafe aralığında (0-100 m, 100-500 m, 500-1000 m) toplanan yaprak örneklerinin yüzeylerindeki tozu içeren süzükte S konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 26.23 ppm iken, 100-500 m'de

18.18 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 10.42 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. S konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 26.23 ppm iken, 100-500 m'de 18.18 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 10.42 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Al konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 3.10 ppm iken 100-500 m'de 2.80 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 1.83 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Ni konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.102 ppm iken 100-500 m'de 0.082 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.044 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Zn konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.38 ppm iken 100-500 m'de 0.27 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.19 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Pb konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.061 ppm iken 100-500 m'de 0.059 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.047 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Cd konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0087 ppm iken 100-500 m'de 0.0040 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.0021 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Cr konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.022 ppm iken 100-500 m'de 0.016 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.011 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Co konsantrasyonları ortalaması 0-100 m'de 0.0158 ppm iken 100-500 m'de 0.0102 ppm 'e düşmüş, 500-1000 m'de ise 0.0036 ppm olarak yine bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Görüldüğü gibi; ilçe merkezi (İM) yönündeki yaprak yüzeyi tozlarında ortaya çıkan sonuçlar tıpkı tarımsal alan yaprak örneklerindeki gibi belirlenmiştir. Görüldüğü gibi ilçe merkezi yaprak örneklerinden elde edilen yıkama çözeltilerinde analizi yapılan ağır metallerin Mn hariç hepsinde (Fe, Al, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Co) uzaklığa bağlı olarak belirgin bir konsantrasyon düşüşü ortaya çıkmıştır. Bu konsantrasyon düşüşüne elementel S 'in de dahil olması atık materyalin ilçe merkezine yayılımını belirgin bir biçimde ortaya koymuştur.

Atık göletine yağın yağmur sularının infiltrasyonu ile oluşabilecek sızıntının yer altı sularına etkisini belirlemek amacıyla yapılan kuyu suyu analizleri sonucu belirlenen ağır metal ve kükürt konsantrasyonlarının sulama suyu olarak kullanımında günümüz için henüz bir sakınca olmadığı belirlenmiştir. Keçiörlü ilçesi tarımsal alanında bulunan sondaj kuyularından elde edilen sulara belirlenen ağır metal konsantrasyonları

her ne kadar riskli seviyelerde değilse de bölge şartları göz önünde bulundurularak düzenli olarak takip edilmesi gerektiğine inanılmaktadır.

Çalışma sonuçları ile atmosfer koşullarına terk edilmiş olan bu toksik atığın Keçiborlu ilçesinde neden olduğu mevcut çevre kirliliği çeşitli yönleriyle ortaya konulmuştur. Bölgede bu toksik atığın erozyon yoluyla yayılımını sınırlandıracak önlemler bir an önce hayata geçirilmelidir. Atık materyali bulunduğu atık göletinden erozyon ile yayılımını önlemek amacıyla atık bulunduğu yerde fiziksel ve kimyasal açıdan stabil hale getirilmelidir. Bu amaçla atık göletinin; son yıllarda başarılı örneklerinin çoğaldığını gözlemlediğimiz, fitoremediasyon yöntemi ile islah edilmesinin son derece etkin ve ekonomik bir yöntem olacağı düşünülmektedir. Atık göletinde oluşturulacak bitki örtüsü hem atık materyali stabil hale getirecek; su ve rüzgar erozyonu ile meydana gelen yayılımı en aza indirecektir.

Günümüzde ekolojinin tanımı insan merkezli yapılmaktadır. Bu toksik atık materyalin yayıldığı ilçe merkezindeki nüfus ciddi bir sağlık riski altındadır. Atık materyalin belirgin bir yayılım gösterdiği ilçenin tarım topraklarında yetiştirilen ürünlerin yine bölge halkı tarafından tüketilmesi halk sağlığı açısından çok önemli bir risk oluşturmaktadır. İlçenin tarım topraklarının sulamasında kullanılan kuyu sularında henüz kirliliğin etkisine ait bir bulgu belirlenmemiştir ancak uzun dönemli olarak bu konu izlenmelidir.

Unutulmamalıdır ki yasalarımıza göre; herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşın görevidir.

## 6. KAYNAKLAR

AKIN, G. 2007. Küresel Çevre Sorunları. C.Ü Sosyal Bilimler Dergisi Cilt: 31 No:1

43-54

ALLOWAY, B.J. 1990. Heavy Metals in Soils. First Edition. Blackie, Glasgow.

ALLOWAY, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils. Second Edition. Chapman and Hall India, Australia.

ALTUNBAŞ, Ü., OKUR, B., DELİBACAK, S. 2004. Toprak Bilimi. Ders Kitabı.

E.Ü. Zir. Fak. Yay:557, İzmir, ss 339.

ANONİM 2010a1. Keçiborlu İlçesinin Coğrafi Konumu.

<http://www.keciborlu.net/2010/04/keciborlunun-cografik-konumu/>

ANONİM 2010a2. Keçiborlu İlçesine Ulaşım.

<http://www.keciborlu.net/2010/04/keciborluya-ulasim/>

ANONİM 2010a3. Keçiborlu İlçesinde Ekonomi.

<http://www.keciborlu.net/2010/04/keciborluda-ekonomi/>

ANONİM 2010b. Keçiborlu Coğrafyası ve İklimi.

[http://www.keciborlu.gov.tr/default\\_B0.aspx?content=1048](http://www.keciborlu.gov.tr/default_B0.aspx?content=1048)



ANONİM 2010c. T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler.

<http://www.meteor.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISPARTA>

ANONİM 2010d. Flotasyon Hücresi ve Flotasyon İşlemi.

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic-art/122975/1524/Schematic-diagram-of-a-flotation-separation-cell>

ANONİM 2010e. Google. Google Earth 5.0. Keyhole, Inc. 2010

<http://www.google.com/earth/>

ANONYMOUS, 1982. Methods of Soil Analysis (Ed. A.L. Page). Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, 1159 pp.

APHA. 1992. American Public Health Association Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., APHA, Washington, DC.

AYYILDIZ, M., 1976. Sulama Suyu Kalitesi ve Sulamada Tuzluluk Problemleri. A.Ü. Zir.Fak.Yay:636, Ders Kitabı:199, Ankara, ss 258.

BAŞKAYA, H.S. ve TEKSOY, A. (1997) Topraklarda ağır metaller ve ağır metal kirliliği, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 763-771.

BOŞGELMEZ, A. 2000. Ekoloji 1., ISVAK Yayın No:6, Ankara, ss 1-16

BERKES, F. KIŞLALIOĞLU M. 2001. Ekoloji ve Çevre Bilimleri. Remzi Kitabevi 3. Basım. İstanbul.

CUI ,Y., DONG,Y. ,LI,H. and WANG,Q. ,2004. Effect of elemental sulphur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize. Environment International. Volume 30, Issue 3, pp 323-328

CHAPMANN, N.D., PRATT, P.F. ve PARKER, F. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Univ. of Calif. Div. Agr. Sci., Riverside.

M. C. CHUAN, G. Y. SHU and J. C. LIU . 1995. Solubility of heavy metals in a contaminated soil: Effects of redox potential and pH. Earth and Environmental Science. Water, Air, & Soil Pollution. Volume 90, Numbers 3-4, 543-556

ÇAKMAKÇI, M. L., KARAHAN, G. 1995. Mikrobiyolojiye Giriş. Ispartalılar Eğitim, Kültür Sağlık Turizm Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı (ISVAK) Yayın No:5, Ankara, Türkiye.

ÇEPEL, N. 2003. Temel Çevre Sorunları.  
[http://www.tema.org.tr/CevreKutuphanesi/KureselIsinma/pdf/EM\\_Konu\\_12.pdf](http://www.tema.org.tr/CevreKutuphanesi/KureselIsinma/pdf/EM_Konu_12.pdf)

ÇİLEK, E. 2006. Mineral Flotasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayın No:59, ss 1-2

DAVID, A. J. and LEVENTHA, S. J. 1995. Bioavailability of Metals.U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey.Open – File Report 95-831  
Denver,Colorado.

DEMİRALAY, İ. 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Zir. Fak. Yayınları. No.143 Erzurum.

- DİNÇ, U., KAPUR, S., ÖZBEK, H., ŞENOL, S. 2001. Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. No: C-130, ss 53. Adana
- DOLAR, S.G. and KEENEY, D.R. 1971. Availability of Cu, Zn and Mn in soils. Influence of pH, OM and extractable phosphorus. J. Sc.Food Agric. 22: 273-278.
- ERDAL, İ. 2005. Isparta Yöresi Elma Bahçelerinin Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonları Tarım Bilimleri Dergisi 2005, 11 (4) 411-416
- ERGENE, A., 1993. Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniv. Yay. No:586, Zir. Fak. Yay. No:267, Ders Kitapları Serisi No:42.
- ERGÜN, N. 2005. Buğday (*Triticum Aestivum* L. cv. GÜN 91) Fidelerimde Bazı Ağır Metallerin ve Ağır Metal-Hormon Etkileşimlerinin Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi
- EYÜPOĞLU, F., N. KURUCU ve S. TALAZ. 1996. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro element (Fe,Cu,Zn,Mn) bakımından genel durumu. s.1-72. Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü Genel Yayın No.217, Seri No. R-133, Ankara
- FAO, 1990. Micronutrient assessment at the country level. P. 1-208. An International study. (M.Sillanpa, ed.) FAO Soil Bulletin 63. Published by FAO, Roma-Italy

- FIEDLER, H. J. 1990. Bodennutzung und Bodenschutz. Birkhauser Verlag, Basel-Boston-Berlin, pp: 268
- FOLLETT, R. H. LINDSAY, W. L. 1970 Profile distribution of zinc, iron, manganese, and copper in Colorado soils. Colorado State University Experiment Station (Fort Collins) viii, 79 p.
- FOX, R. L., R. A. OLSON, and H. F. RHOADES. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plants and soil tests. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28: 243-246.
- HAKTANIR, K. 1987. Toprak Kirliliği ve bu konuda hazırlanacak yönetmelik üzerine düşünceler. TÇSV. Çalışma Grubu Raporu, 2 Mart.
- HONGYU, L., ANNE, P., BOHAN, L. 2004. Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China) Science of The Total Environment Volume 339, Issues 1-3, 1 March 2005, Pages 153-166
- HUTCHINSON, C., WHITBY, L. 1974. Heavy-metal Pollution in the Sudbury Mining and Smelting Region of Canada, I. Soil and Vegetation Contamination by Nickel, Copper, and Other Metals. Environmental Conservation (1974), 1:123-132 Cambridge University Press Copyright © Foundation for Environmental Conservation 1974
- JACK T. TREVORS, 2001. Water, Air and Soil Pollution. An International Journal of Environmental Pollution. Volume 128, Issue 3/4.

JACKSON, M. L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.

JAKUBICK, A., G. MCKENNA, et al. 2003. Stabilisation of Tailings Deposits: International Experience. Mining and the Environment III, Sudbury, Ontario, Canada, 25-28 May, 2003: pp. 1-9.

<http://www.tailings.info/tailings.htm>

KABATA-PENDIAS, A. and F. PENDIAS.1992. Trace Elements in Soils and Plants, 2 nd Ed, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. p 365

KACAR, B. 1968. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınan topraklarda bitki tarafından alınabilir haldeki kükürt durumu. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı 18: 77-78, Ankara.

KACAR, B. 1995. Toprak Analizleri. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, ss 705, Ankara.

KACAR, B., KATKAT, A. V., ÖZTÜRK, Ş., 2002.Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını. No: 198. ss 533.

KACAR, B., KATKAT, V. 2007. Bitki Besleme Genişletilmiş ve Güncellenmiş 3.Baskı Nobel Yayın Dağıtım Ankara, Eylül 2007 Nobel yayın no: 849 ISBN 978-975-591-834-1 ss 407-408

KACAR, B., İNAL, A. 2008. Bitki Analizleri.Nobel Yayın Dağıtım, No:1241, ss 131,Ankara

- KACAR, B. 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım. Genişletilmiş 2. Baskı, ss 20. Ankara
- KALKAN, H. 2009. Keçiborlu Kükürt Fabrikası Flotasyon Atıklarının kireçli toprak ve ahır gübresi kullanılarak fitoremediasyon tekniği ile ıslah edilmesi. T.C. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Toprak Ana Bilim Dalı. Antalya
- KAPLAN, M. and ORMAN, Ş. 1998. Effect of Elemental Sulphur and Sulphur Containing Waste in a Calcareous Soil in Turkey. Journal of plant nutrition, Vol. 21, (8), pp. 1655-1665 (1 p.1/4)
- KAPLAN, M., ORMAN, Ş., KADAR, I. and KONCZ, J. 2005. Heavy Metal Accumulation in Calcerous Soil and Sorghum Plants After Addition of Sulphur Containing Waste as a Soil Amendment in Turkey. Agriculture, Ecosystem and Environment. Volume 111, Issues 1-4, Pages 41-46.
- KARPUZCU, M. 2004. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Kubbealtı Neşriyatı:28, İstanbul, ss 27
- KELEŞ, R. ve HAMACI, C. 2005. Çevre Politikası 5.Baskı, İmge Kitabevi, ss 126-127
- KELLOG, C. E. 1952. Our Garden Soils. The Macmillan Company, New York.
- KICK, H., BÜRGER, H., SOMMER, K., 1980. Gesamtgehalte An Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Ni, Cr Und Co İn Landwirtschaftlich Und Gaertnerisch Genutzen Böden Nordhein-Westfallens. Land. Forschung 33(1):12-22.

- KIŞLALIOĞLU, M., BERKES, F. 2001. Ekoloji ve Çevre Bilimleri. Remzi Kitabevi, İstanbul, 14 ss
- KOCAER, O. ve BAŞKAYA, H.2003. Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1
- LEE, C., CHON, H., JUNG, M. 2001. Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au–Ag–Pb–Zn mine in Korea. Applied Geochemistry Volume 16, Issues 11-12, August-September 2001, Pages 1377-1386
- LINDSAY, W.L., NORVELL, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Sci. Amer. Jour., 42 (3): 421-428. Madisson, Wilconsin, USA, 1372-1376.
- LIU, H. PROBST, A. 2005. Science of The Total Environment Volume 339, Issues 1-3, pages 153-166
- MANAHAN, S. E. 2005. Environmental Chemistry 8th Edition. CRC Press. Boca Raton, Florida 33431.
- MARSCHNER, H. 1983. Nutrient Mobility, Root Growth and Root Induced Changes in the Rhizosphere as Factors of Nutrient Ability in Soils of Semiarid and Arid Areas . Proc. 17th Coll. Intern. Pot. Inst. Bern. 107–128.

- MODAIHSH, A. S. AL-MUSTAFA W. A and METWALLY. A. I. 1989. Effect of elemental sulphur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. *Plant and Soil*. Volume 116, Number 1. Springer, Netherlands, pages 95-101.
- MORENO, T., OLDROYD, A., MCDONALD, I., GIBBONS, W. 2006. Preferential Fractionation of Trace Metals–Metalloids into PM<sub>10</sub> Resuspended from Contaminated Gold Mine Tailings at Rodalquilar, Spain. *Springer Netherlands. Water, Air, & Soil Pollution*, Volume 179, Numbers 1-4 / February, 2007, 0049-6979 (Print) 1573-2932 (Online), pages 93-105
- MORENO, D. 2007. Superfund Basic Research Program. The University of Arizona College of Pharmacy, Room 331 Tucson, Arizona 85721-0207.
- MYUNG, J. and THORNTON, I. 1997. Environmental contamination and seasonal variation of metals in soils, plants and waters in the paddy fields around a Pb---Zn mine in Korea. *Science of The Total Environment* Volume 198, Issue 2, 30 May 1997, Pages 105-121
- MYUNG, J. and THORNTON, I. 1999. Heavy metal contamination of soils and plants in the vicinity of a lead-zinc mine, Korea *Applied Geochemistry*. Volume 11, Issues 1-2, January-March 1996, Pages 53-59 *Environmental Geochemistry, Selected Papers from the 3rd International Symposium*
- NEHDI, M. and TARIQ, A. 2007. *Journal of Environmental Engineering and Science*. Stabilization of sulphidic mine tailings for prevention of metal release and acid drainage using cementitious materials: a review. *J. Environ. Eng. Sci.* 6(4):



423–436.

- ORMAN, Ş. 1996. Keçiborlu Kükürt Fabrikası Flotasyon Atıkları ve Elementel Kükürdün Hafif Alkali Reaksiyonlu Tarım Topraklarında Kullanılma Olanakları. T.C. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Toprak Ana Bilim Dalı. Antalya.
- ORMAN, Ş. and KAPLAN, M. 2007. Effects of Calcareous Soil and Farmyard Manure on Revegetation of Sulphur Mine Tailings. *Fresenius Environment Bulletin*, Vol.16; No.10
- ÖNEM, Y. 2000. Sanayi Madenleri. Genişletilmiş 2.Baskı. Kükürt, ss 65-169.
- ODUM, E.P., BARETT, G. W. 2008. Ekolojinin Temel İlkeleri. Palme Yayınları:469, Ankara, 18 ss, 514 ss, 517 ss
- TICHY, R. FAJTL, S. KUZEL and KOLAR L. 2004. Use of elemental sulphur to enhance a cadmium solubilization and its vegetative removal from contaminated soil. *Springer Netherlands. Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 1385-1314 (Print) 1573-0867 (Online). Volume 46, Number 3, pp 255
- RAZO, I., CARRILES, C., CASTRO, J., DIAZ-BARRIGA, F., MONROY, M. 2003. Arsenic and Heavy Metal Pollution of Soil, Water and Sediments in a Semi-Arid Climate Mining Area in Mexico. *Earth and Environmental Science. Water, Air, & Soil Pollution* Volume 152, Numbers 1-4, 129-152, DOI: 10.1023/B:WATE.0000015350.14520.c1

SALOMONS, W. 2000. Heavy Metal Aspects of Mining Pollution and Its Remediation.

Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention. Journal of Geochemical Exploration.

Volume 52, Issues 1-2, pp 5-23.

SYED, X., IBRAHIM B., 2005. Pollution. Islamic Research Foundation International,

Inc. 7102 W. Shefford Lane Louisville, KY 40242-6462, USA Elektronik

(Online) Erişim,

[http://www.irfi.org/articles/articles\\_51\\_100/pollution.htm](http://www.irfi.org/articles/articles_51_100/pollution.htm)

T.C. ÇEVRE ve ORMAN BAKANLIğI.2004. Türkiye Çevre Atlası. Ankara

<http://www2.cedgm.gov.tr/dosya/cevreatlasi/madencilik.pdf>

T.C. DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı.

Madencilik ÖİK Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Kimya

Sanayii Hammaddeleri Cilt I (Fosfat-Kükürt-Alunit) Çalışma Grubu Raporu.

2001.DPT: 2607 - ÖİK: 618. Ankara. ss 99

TREVORS, T. J. 2001. Water, Air and Soil Pollution. An International Journal of

Environmental Pollution. Volume 128, Issue 3/4.

TUNCAY, H. 1984. Toprak Fiziği Kılavuzu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Teksiri,

No:90/1, İzmir.

TÜRKÖZ, İ. O. 1995. Çevreyi kim kirletiyor? Standard, Çevre Özel Sayısı, Türk

Standartları Enstitüsü, 34: 30-46

ULRICH, A. 1948. Diagnostic techniques for soils and crops, pp 157. Am. Potash Inst. Washington, D.C.

ÜLGEN, N., F. EYÜPOĞLU, N. KURUCU, S. TALAZ, 1989. Türkiye topraklarının bitkilere yararlılık durumu. s. 1-100. Toprak Gübre Araştırma Enst. Genel Yayın No.162.Teknik Yayın No.60.Ankara

VANLI, Ö. ve YAZGAN, M. 2006. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği.

<http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm>

VICK, S. G. 1990. Planning, design, and analysis of tailings dams. Vancouver, BiTech. ISBN: 0921095120.2nd Edition. xi, 369

<http://www.tailings.info/tailings.htm>

WEDEPOHL, K.- H. 1984. :In:E.Merian (Ed.), Metalle in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim.

WONG, M. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere, 2003 – Elsevier. Volume 50, Issue 6, pp. 775-780

YILDIRIM, A., KILIÇ, T. 2005. Madencilik Faaliyetleri-Çevre Sorunları İlişkilerine Bir Örnek: Ergani Çimento Fabrikası. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Diyarbakır

[http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/93906af0d138e69\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/93906af0d138e69_ek.pdf)

## ÖZGEÇMİŞ

Yusuf Yazar 1981 yılında Antalya’da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2002 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitkisel Üretim programı toprak alt programından 2006 yılında ziraat mühendisi olarak mezun oldu. 2007 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2010 yılı itibariyle Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde lisansüstü çalışmalarına devam etmektedir