

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

MUĞLA ŞEHİR MERKEZİNDEN ALINAN TOPRAK  
NUMUNELERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT KOCAKAYA

ŞUBAT 2019

MUĞLA

**T.C.**  
**MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**MUĞLA ŞEHİR MERKEZİNDEN ALINAN TOPRAK**  
**NUMUNELERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MURAT KOCAKAYA**

**ŞUBAT 2019**

**MUĞLA**

**MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**TEZ ONAYI**

MURAT KOCAKAYA tarafından hazırlanan MUĞLA ŞEHİR MERKEZİNDEN ALINAN TOPRAK NUMUNELERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI başlıklı tezinin, 22.02.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**TEZ SINAV JURİSİ**

Prof. Dr. Müşerref ARDA (Jüri Başkanı)

Kimya Anabilim Dalı,  
Ege Üniversitesi, İzmir

İmza:



Doç. Dr. Ahmet DEMİRAC (Danışman)

Kimya Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

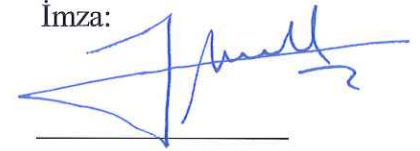
İmza:



Prof. Dr. İbrahim KULA (Üye)

Kimya Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

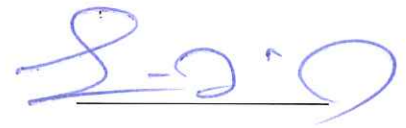


**ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI**

Prof. Dr. Mehmet Emin DURU

Kimya Anabilim Dalı Başkanı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

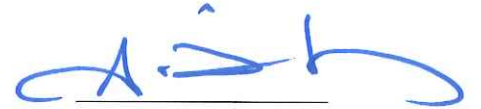
İmza:



Doç. Dr. Ahmet DEMİRAC

Danışman, Kimya Anabilim Dalı,  
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:



Savunma Tarihi: 22/02/2019

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Murat KOCAKAYA

22/02/2019



**ÖZET**  
**MUĞLA ŞEHİR MEZKEZİNDEN ALINAN TOPRAK NUMUNELERİNDE**  
**AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Murat KOCAKAYA

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet DEMİRAK

Şubat 2019, 75 sayfa

Ağır metaller en tehlikeli kirletici grubu içerisinde yer alırlar. Artan nüfus, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler, trafik yoğunluğuna bağlı olarak artan gaz emisyonları sonucu çevresel ortamlarda birikim göstermektedirler. İnsanların temel yaşam alanı olan topraklarda ağır metaller ya doğal olarak toprağın yapısında bulunmakta ya da insani faaliyetler sonucu toprağın yapısında derişimlerini arttırmaktadırlar. İnsan popülasyonlarının yoğun olarak bulunduğu yerlerdeki topraklar bazı yollar ile metabolizmaya taşınır. Bu durum rüzgâr ve sıcaklığın etkisi ile havaya karışan ve bünyesinde ağır metal içeren toz parçacıklarının solunumu sonucunda gerçekleşir.

Bu çalışmada, Muğla şehrinde insanların yoğun olarak kullandığı topraklardaki ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Bu kapsamda, Muğla şehrinde insanların yoğun olarak bulunduğu yeşil alanlardan, çocuk parklarından, yol kenarlarından, üniversite merkez yerleşkesinden ve sanayi bölgesinden alınan toprak örneklerinde Cd, Pb, Cr metallerinin topraktaki mobilitesini belirlemek için Bureau Referans Komitesi (BCR) tarafından önerilen ardışık ekstraksiyon metodu uygulanmıştır. Bu metot ile topraktaki dört farklı fraksiyon tespit edilmiştir. Elde edilen verilerle ölçülen metaller için risk analizleri yapılmıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar “Risk Değerlendirme Kodu (RAC)”na göre değerlendirildiğinde yalnızca Cd’ un genel anlamda tüm mevsim ve istasyonlarda potansiyel risk oluşturabileceği, Pb ve Cr’ un ise potansiyel risk oluşturmadıkları belirlenmiştir. Ayrıca farklı partikül boyutlarındaki toprak örneklerinde sadece ilkbahar dönemindeki Cd konsantrasyonlarının istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterdiği, Pb ve Cr konsantrasyonlarının ise anlamlı bir fark göstermediği tespit edilmiştir. Sonuçlar literatürdeki değerler ile kıyaslandığında Pb, Cd ve Cr konsantrasyonlarında bölgesel farklılıkların yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum topraktaki ağır metal konsantrasyonlarının bölgenin jeolojik yapısına ve çevresel faktörlere göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Muğla Şehir Merkezi, Ağır Metal, Metal Fraksiyonları, Risk Analizi, Ağır Metal Kirliliği.

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF HEAVY METAL POLLUTION IN SOIL SAMPLES TAKEN FROM MUĞLA CITY CENTER

Murat KOCAKAYA

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet DEMİRAK

February 2019, 75 pages

Heavy metals are in the most hazardous group of pollutants. They accumulate in the environment as a result of human population, industrial and agricultural activities and increased gas emissions due to traffic. Heavy metals can be found naturally in soils that are natural habitat of people. Furthermore, as a result of human activities, heavy metal concentrations in the soil structure can be increased. The soils where human populations are dense are transported to human metabolism in some ways. This situation occurs as a result of the respiration of heavy metal bearing dust particles dispersed into the air due to wind and temperature.

In this study, heavy metal pollution in soils that people use extensively was investigated in Muğla city center. For this purpose, in order to determine the mobility of Cd, Pb and Cr metals in soil samples taken from green areas, children's parks, roadsides, university center campus and industrial area where people are concentrated in Muğla city, sequential extraction method proposed by Bureau Reference Committee (BCR) was applied. With this method, four different fractions were determined in the soil. Risk analyzes were performed for the data obtained and the metals measured.

When the results obtained from the study are evaluated according to the Risk Assessment Code (RAC), it is determined that only Cd can constitute a potential risk for all seasons and stations. However, it was determined that there was no potential risk according to the results obtained from Pb and Cr analyzes. In addition, it was determined that only Cd concentrations for the spring period showed a statistically significant difference in soil samples with different particle sizes, whereas Pb and Cr concentrations did not show a significant difference. It was found that regional differences in Pb, Cd and Cr concentrations were higher compared to the results obtained from earlier studies in the literature. These results show that the heavy metal concentrations in the soil vary according to the environmental factors and the geological characteristics of the region.

**Keywords:** Muğla City Center, Heavy Metal, Metal Fractions, Risk Analysis,  
Heavy Metal Pollution.

## ÖNSÖZ

Tez Çalışmamda;

Üniversite eğitim sürecimde ve tez çalışmalarım da bana yol gösteren, bilimsel bilgi ve deneyinleri ile maddi ve manevi en ufak desteğini esirgemeyen, bizi yüksek eğitim hayatına hazırlayan sayın *Doç. Dr. Ahmet DEMİR AK* ' a,

Eğitim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren ve her zaman her koşulda yanımda olan, beni asla yalnız bırakmayan *AİLEME*,

Tez çalışmamın kurallara uygun numune toplanması, analiz edilmesi ve araştırmalar konusunda her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen *Feyyaz KESKİN, Dilek YILDIZ, Ferhat DİNCER, Nigar ZEYNALOVA, Mustafa DÖNDÜ ve İdris ŞENER* ' e

Ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xvi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.2. Genel Bilgiler .....	3
1.2.1. Ağır metal.....	3
1.2.2. Ağır metallerin doğada bulunuşu ve yayılımı .....	3
1.2.3. Ağır metallerin etkileri.....	4
1.2.4. Toprakta ağır metal kaynakları .....	4
1.2.5. Toprakta ağır metal fraksiyonları.....	5
1.2.5.1. Değişebilir fraksiyon.....	5
1.2.5.2. Asitte fözünebilir fraksiyon .....	5
1.2.5.3. İndirgenebilir fraksiyon .....	5
1.2.5.4. Oksitlenebilir fraksiyon.....	6
1.2.5.5. Kalıntı fraksiyon.....	6
1.2.6. Bazı ağır metaller ve özellikleri .....	6
1.2.6.1. Kurşun.....	6
1.2.6.2. Kadmiyum .....	7
1.2.6.3. Krom.....	8
1.2.6.4. Çinko .....	8
1.2.6.5. Bakır.....	8
1.2.6.6. Nikel .....	9
1.2.7. Ağır metal analiz metotları.....	9
1.2.7.1. Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS).....	9
1.2.8. Muğla şehri toprak özellikleri .....	10
1.2.9. Bazı ağır metallerin toprakta bulanabileceği sınır değerler .....	12



<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ .....</b>	<b>12</b>
<b>3. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>17</b>
3.1. Çalışma Alanı.....	17
3.1.1. Konum ve genel özellikler .....	17
3.1.2. Muğla şehri iklim özellikleri.....	18
3.2. Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Özellikleri.....	18
3.3. Örneklerin Alınması.....	20
3.4. Deneysel Çalışmalar ve Kullanılan Yöntemler.....	20
3.4.1. Toprak örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin tayini .....	21
3.4.1.1. İletkenlik tayini.....	21
3.4.1.2. pH tayini.....	21
3.4.1.3. Organik C tayini.....	21
3.4.1.4. Organik madde tayini.....	22
3.4.1.5. Karbonat tayini (%CaCO <sub>3</sub> ).....	22
3.4.2. Toprak örneklerinde ağır metal fraksiyonları ve ölçümleri .....	22
3.4.2.1. Grafit fırın atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı ile metal analizi .....	23
3.4.2.2. Toprakta total metal ölçümü .....	25
3.4.2.3. Spektrofotometre ile krom (Cr <sup>6+</sup> ) analizi .....	26
3.4.2.4. Değişebilir fraksiyon (F1).....	27
3.4.2.5. İndirgenebilir fraksiyon (F2) .....	28
3.4.2.6. Oksitlenebilir fraksiyon (F3).....	28
3.4.2.7. Kalıntı fraksiyon (F4).....	29
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>30</b>
4.1. BCR Ardışık Ekstraksiyon Yönteminin Doğrulanması .....	30
4.2. Toprağın Fizikokimyasal Özellikleri .....	30
4.3. Ağır Metal Fraksiyonları.....	35
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>47</b>
5.1. Fizikokimyasal Parametrelerin Değerlendirilmesi.....	47
5.2. Ağır Metal Fraksiyonlarının Değerlendirilmesi.....	48

5.3. Ağır Metal Fraksiyonlarının Yüzde Dağılımı .....	48
5.3.1. Kadmiyum (Cd) .....	48
5.3.2. Kurşun (Pb) .....	52
5.3.3. Krom (Cr <sup>6+</sup> ) .....	55
5.4. Risk Değerlendirme Kodu (Risk Assessment Code, RAC) .....	58
5.5. İstatistiki Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....	60
5.5.1. Pb ve Cd konsantrasyonlarında zamansal değişimlerin incelenmesi .....	60
5.5.1.1. Cd 200 mesh altı F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	60
5.5.1.2. Cd 200 mesh üstü F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	61
5.5.1.3. Pb 200 mesh altı F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	61
5.5.1.4. Pb 200 mesh üstü F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	62
5.5.1.5. Cd 200 mesh altı toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	62
5.5.1.6. Cd 200 mesh üstü toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	63
5.5.1.7. Pb 200 mesh altı toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	63
5.5.1.8. Pb 200 mesh üstü toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi .....	64
5.5.2. Farklı partikül boyutundaki örneklerde Pb ve Cd konsantrasyonlarının değişimlerinin incelenmesi .....	64
5.5.2.1. Cd F1 konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi .....	64
5.5.2.2. Cd Toplam konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi .....	65
5.5.2.3. Pb F1 konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi .....	65
5.5.2.4. Pb toplam konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi .....	66
5.5.3. Korelasyon testleri .....	66
5.6. Metal Ölçüm Sonuçlarının Diğer Çalışmalar İle Kıyaslanması .....	68
5.7. Sonuç .....	68
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>70</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Toprak kirliliğine sebep olan bazı ağır metallerin etki ve kirliliği oluşturan kaynakları.....	4
Çizelge 1.2. Toprakta bulunabilecek ağır metallerin sınır değerleri, mg/kg.....	12
Çizelge 3.1. Çalışma alanı olarak belirlenen örnekleme noktaları.....	19
Çizelge 3.2. Kurşun ve Kadmiyum metal dalga boyu ve silit aralığı parametreleri ..	23
Çizelge 4.1. BCR (Breau Referans Komitesi) metot ölçüm aralığı .....	30
Çizelge 4.2. Sonbahar mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri .....	31
Çizelge 4.3. Kış mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri .	31
Çizelge 4.4. İlkbahar mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri .....	32
Çizelge 4.5. Yaz mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri	32
Çizelge 4.6. Sonbahar mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri .....	33
Çizelge 4.7. Kış mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri	33
Çizelge 4.8. İlkbahar mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri .....	34
Çizelge 4.9. Yaz mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri .....	34
Çizelge 4.10. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	35
Çizelge 4.11. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	36
Çizelge 4.12. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların	

toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	36
Çizelge 4.13. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	37
Çizelge 4.14. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	37
Çizelge 4.15. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	38
Çizelge 4.16. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	38
Çizelge 4.17. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	39
Çizelge 4.18. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	39
Çizelge 4.19. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	40
Çizelge 4.20. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların	

toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	40
Çizelge 4.21. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	41
Çizelge 4.22. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	41
Çizelge 4.23. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	42
Çizelge 4.24. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	42
Çizelge 4.25. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	43
Çizelge 4.26. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	43
Çizelge 4.27. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	44
Çizelge 4.28. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların	

toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	44
Çizelge 4.29. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	45
Çizelge 4.30. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	45
Çizelge 4.31. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	46
Çizelge 4.32. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	46
Çizelge 4.33. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri .....	47
Çizelge 5.1. Sonbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	49
Çizelge 5.2. Sonbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	49
Çizelge 5.3. Kış mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	50
Çizelge 5.4. Kış mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	50
Çizelge 5.5. İlkbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	50

Çizelge 5.6. İlkbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	51
Çizelge 5.7. Yaz mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	51
Çizelge 5.8. Yaz mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	51
Çizelge 5.9. Sonbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	52
Çizelge 5.10. Sonbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	53
Çizelge 5.11. Kış mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	53
Çizelge 5.12. Kış mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	53
Çizelge 5.13. İlkbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	54
Çizelge 5.14. İlkbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	54
Çizelge 5.15. Yaz mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	54
Çizelge 5.16. Yaz mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	55
Çizelge 5.17. Sonbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	55
Çizelge 5.18. Sonbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	56
Çizelge 5.19. Kış mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	56
Çizelge 5.20. Kış mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	56
Çizelge 5.21. İlkbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	57

Çizelge 5.22. İlkbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı .....	57
Çizelge 5.23. Yaz mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	57
Çizelge 5.24. Yaz mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı.....	58
Çizelge 5.25. RCA' ya göre risk düzeyleri .....	58
Çizelge 5.26. Korelasyon testi .....	67
Çizelge 5.27. Farklı bölgelere göre yapılan çalışmaların metal değer kıyaslaması ...	68





## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kurşun ağır metali.....	7
Şekil 1.2. Kadmiyum ağır metali .....	7
Şekil 1.3. Krom ağır metali .....	8
Şekil 1.4. AAS blok diyagramı .....	10
Şekil 3.1. Muğla şehir görünümü.....	18
Şekil 3.2. Toprak örnekleri.....	20
Şekil 3.3. Örneklerin tanecik boyutlarına ayrılmasında kullanılan elek .....	20
Şekil 3.4. pH metre.....	21
Şekil 3.5. Topraktaki organik C tayini .....	22
Şekil 3.6. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) .....	23
Şekil 3.7. Toprak için kullanılan BCR ardışık ekstraksiyon prosedürü.....	24
Şekil 3.8. Krom metali kalibrasyon grafiği .....	25
Şekil 3.9. Kurşun metali kalibrasyon grafiği .....	25
Şekil 3.10. Kadmiyum metali kalibrasyon grafiği .....	26
Şekil 3.11. Spektrofotometre .....	27
Şekil 3.12. Krom metali için kalibrasyon grafiği.....	27
Şekil 3.13. Çalkalayıcı .....	28
Şekil 3.14. Mikrodalga Cihazı .....	29

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Alt
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
ALA	Analiz Limitinin Altında
BCR	Bureau Referans Komitesi
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
F1	Değişebilir Fraksiyon
F2	İndirgenabilir Fraksiyon
F3	Oksitlenebilir Fraksiyon
F4	Kalıntı Fraksiyon
FAAS	Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
g	Gram
ICP AES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
ICP MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi
ICP OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi
IUPAC	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
KDK	Kasyon değişim kapasitesi
kg	Kilogram
L	Litre
mg	Miligram
mL	Mililitre
MSKU	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
nm	Nanometre
P	Tümeyakın toplam
RAC	Risk Değerlendirme Kodu
T	Toplam
U	Üst
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre
Σ	Toplam fraksiyon (F1+F2+F3+F4)

# 1. GİRİŞ

Nüfusun hızla artışı ile beraber endüstrileşme ve sanayileşmenin de artışı doğal kaynakların tüketilmesini hızlandırmıştır. Bu gelişmelerle birlikte oluşan endüstriyel, evsel vb atıklar, son zamanlarda önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Bu sorunlarla birlikte önemli bir konu olan toprakta ağır metal kirliliği gündeme gelmiş ve üzerinde daha çok araştırma ve çalışmalar yapılması önem kazanmıştır (Büyükyıldız, 2013). Toprak, Dünyanın doğal bir bileşenidir. Gıda üretimi ve insanlarda çeşitli yaşamsal işlevlere hizmet eder (Mehr vd., 2017). Toprakta metal artışı çoğunlukla endüstriyel faaliyetlerin sık olduğu yerlerde görülür. Bu bölgelerdeki metal yoğunluğu, kirlenmemiş bölgelere göre birkaç kat daha fazladır. Hızla gelişen endüstri toprak kirliliğini ciddi bir sorun haline getirmiştir (Yaylalı, 2011).

Çevre kirlenmesi; toprak, hava ve suyun; biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinde antropojenik (insan) kaynaklı veya doğal yollarla meydana gelen olumsuz değişimlerdir. Hava, su ve toprak kalitesinde meydana gelen bu değişimler ekosistemdeki dengeyi bozmak suretiyle canlılar üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkilere sebep olmaktadır. Çevre kirliliğinin temel sebebi teknolojik ve bilimsel gelişmelere bağlı olarak artan sanayileşme ve kentleşme süreçleri, tarımsal ve turizm faaliyetleri sonucu tüketilen doğal kaynaklar ve çevreye bırakılan atıklardır. Bu kirleticiler arasında en tehlikeli gruplardan biri ağır metallerdir. Ağır metaller, periyodik cetvelde geçiş elementi olarak bilinen ve atomik özkütlesi  $4,5-5 \text{ g.cm}^{-3}$  ten daha yüksek olan atom ağırlığı büyük olan metalleri kapsar (Sungur, 2013). Ağır metallerin insan vücuduna solunum, sindirim sistemi ve cilt yoluyla girdiği gözlenmektedir (Ljung, 2006; Nieć ve vd., 2013). İnsan vücuduna kolay giren ağır metallerin vücuttan atılması çok zordur ve birikim göstermektedirler. Bu birikimlerin zamanla insanlarda oluşturduğu sağlık sorunlarının çoğu kanserler veya kronik hastalıklardır (Özbolat ve Tuli, 2016). Ağır metaller, kalıcıdır ve parçalanamazlar, bu durum organik maddelerin tam zıttıdır (Islam vd., 2012). Ağır metaller ile ilgili çalışmalar son dönemlerde artış göstermektedir. Bunun temel sebeplerinden biri, ağır

metallerden kirlenmiş toprakların insan sağlığına ve ekosisteme verdiği zarardır (Asrari, 2014).

Şehir merkezlerindeki topraklarda ağır metal kirliliği, toksisiteleri, birikimsel davranışları vb nedenlerle ciddi bir endişe kaynağıdır. Şehir merkezlerindeki topraklar genellikle, kömür yanması, taşıt egzoz emisyonları ve ağır metallerin bir havuzu olarak görülür. Bu topraklarda ağır metallerin aşırı birikmesi ekosistemin bozulmasına, insan sağlığını tehdit etmesi ve çevre sorunlarının oluşmasına sebep olabilir. Bu nedenle ağır metal kirliliği şehir merkezlerinde bir endişe kaynağı olmuştur (Qing vd., 2015).

Bu çalışmanın ana hedefleri şöyle sıralanabilir;

- Muğla şehir merkezindeki farklı bölgelerden alınan toprak örneklerinde metallerin farklı kimyasal formlardaki birikimlerini tespit etmek,
- Metal kirletici kaynaklarının doğal veya insan kaynaklı olup olmadığının araştırmak,
- Metal konsantrasyonlarının, toprağın farklı tanecik boyutlarındaki dağılımını tespit etmek,
- Toprakta metallerin tanecik boyutu ve kimyasal formlarına göre araştırılması ile metallerin mobilitesini tespit ederek risk değerlendirmesi yapmaktır.

Bağlanma şekillerine göre topraklarda bulunan metal türleri; Değişebilir, Suda çözünebilir, Organik-bağlı, İnorganik-bağlı, Artakalan (residual) ekstrakte-olmayan şeklindedir. Suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyonlar biyokullanılabilir, inorganik ve organik bağlı fraksiyonlar potansiyel biyokullanılabilir olabilir. Fakat artakalan fraksiyon bitki ve mikroorganizmalar için biyokullanılabilir değildir. Her fraksiyonun derişimi topraktan toprağa değişir ve bu miktarlar toprakta metallerin mobilitesi ve biyokullanılabilirliği belirler. Organik madde içeriği, pH, karbonat ve oksit, mineral kompozisyonu ve yük gibi toprak faktörleri, metallerin birikimini etkileyen en önemli faktörlerdir (Fageria vd., 2002).

Bu çalışmada; Muğla şehir merkezinde, trafiğin yoğun olduğu, halk tarafından kullanılan; çocuk parkları ve yürüyüş alanları ile sanayi bölgesinden alınan toprak numunelerinde, toksisitesi yüksek olan Cd, Pb ve Cr ağır metallerinin farklı fraksiyonlardaki konsantrasyonlarının belirlenmesini, kirletici kaynaklarının tespitini, bu metallerin mobilitesi ve potansiyel risklerinin ortaya konmasını kapsamaktadır. Bu

kapsamda; çalışmada Muğla şehir merkezinden alınan toprak örneklerinde Cd, Pb ve Cr metallerin tanecik boyutu ve bu metallerin kimsayal formlarına (fraksiyonlarına) göre araştırılması ile metallerin mobilitesi tespit edilerek risk değerlendirilmesi yapıldı.

## **1.2. Genel Bilgiler**

### **1.2.1. Ağır metal**

Ağır metaller için yaygın olarak kullanılan tanım; metallerin fiziksel özelliklerine ve atom numaralarına göre yapılmış olan tanımdır. Bu tanıma göre yoğunluğu 4,5-5 g.cm<sup>-3</sup> ten daha yüksek olan, kirletici veya toksik özellik taşıyan metaller veya yarı-metaller olarak tanımlanmaktadır (Duffus, 2002; Kahvecioğlu vd., 2009). Topraklara farklı kimyasal şekillerde bağlanmış olabilirler ve toprakta inorganik- organik biçimde mineral ve organik yüzeylerde adsorbe edilirler (Wang vd., 2010). Ağır metaller başlıca çevresel sorunlardan biridir. İnsan sağlığını, sulara ve canlı yapısına kolay geçerek tehdit eder. Ağır metallerin mobilitesi ve biyoyararlılığı kirleticilerin bitki ve hayvan yapısına geçmede önemli bir etkidir (Nannoni vd., 2011).

### **1.2.2. Ağır metallerin doğada bulunuşu ve yayılımı**

Ağır metaller antropojenik yollarla ve doğal yollarla oluşurlar. Antropojenik yollarla oluşan kirlilik en yaygın, tehlikeli ve zararlı olan ağır metal kirliliğidir (Abdu vd., 2017). Ağır metaller; gübre üretimi, yakıt ve enerji üretimi gibi endüstriyel oluşumlardan dolayı çevreye önemli miktarlarda yayılırlar. Metal konsantrasyonu toprakta 1-100000 mg/kg arasında değişiklik gösterir. Toprakta ağır metal konsantrasyonunun yüksek oranda olması toprak kalitesinin ciddi oranda bozulmasına, ürün kalitesi ve veriminin azalmasına sebep olarak insanlık ve diğer organizmalara için büyük tehlike oluşturur (Terzi ve Yıldız, 2011).

### 1.2.3. Ağır metallerin etkileri

Günümüzde ağır metaller önemli çevresel kirleticilerden biridir. Ağır metallerin toprak içerisinde birikmesi sonucunda toprak verimliliği ve ekosistem zarar görmektedir (Öktüren ve Sönmez, 2017).

Sınır değerlerin dışında bulunabilecek her türlü metal insan sağlığına zararlı etkisi olur. Ağır metaller çoğunlukla enzimler, nükleik asitler gibi canlı hücresel bileşenlere eklenerek onların fonksiyonlarını azaltıp engelleyerek zararlı etkilerini bu yolla gösterirler. Özellikle sulu çözeltideki iyonik formlarında zararlı etki gösterirler (Yücel, 2010).

**Çizelge 1.1. Toprak kirliliğine sebep olan bazı ağır metallerin etki ve kirliliği oluşturan kaynakları (Önal, 2002).**

KİRLLETİCİ	KAYNAĞI	ETKİSİ
Kurşun	Endüstri, yakıtlar, altın madenciliği	Anemi, duyu ve motor sinirlerde hasar, beyin hasarı
Kadmiyum	Endüstri, altın madenciliği	Böbrek harabiyeti, akciğer ve prostat kanseri
Krom	Endüstri, döküm işleri, kaynak işleri	Deri kanseri
Arsenik	Madencilik pestisit işçileri	Nöropati, kas güçsüzlüğü
Çinko	Kaynak işleri, bronz işçiliği	Solunum yollarına etki eder
Uranyum	Radyoaktif atıklar, yiyecek içecekler	Kanser
Bakır	Üzüm bağı ilaçlamaları, altın madenciliği	Solunum yolları

### 1.2.4. Toprakta ağır metal kaynakları

Toprak kirliliğine sebep olan ağır metal kaynakları; seller, volkanik patlamalar, depremler vb. gibi doğal kaynaklar ve antropojenik (insan) kaynaklı yani; ulaşım, kentsel, tarımsal ve endüstriyel olarak iki şekildedir (Yıldız, 2004). Evsel ve endüstriyel atıklar, bilinçsiz gübreleme ve yoğun karayolu taşımacılığının yoğun olduğu yerlere yakın olan tarım alanlarında ağır metal kirliliği görülmektedir (Mikanova, 2006).

### 1.2.5. Toprakta ağır metal fraksiyonları

Avrupa Birliği Referans Madde Komisyonu tarafından standart bir ardışık ekstraksiyon yöntemi hazırlandı ve kullanıldı. Bunun amacı, farklı ekstraksiyon yöntemleriyle bulunan sonuçların karşılaştırılmasıdır (Usero ve Ark., 1998; Rauret ve Ark., 1999; Tokalıoğlu ve Kartal, 2006). Ardışık ekstraksiyon (BCR) yönteminde ağır metal fraksiyonları; değiştirilebilir ve karbonatlara bağlı (F1), indirgenebilir (F2), yükseltgenbilir (F3). Son fraksiyon olarak ekstrakte edilmeyen katı kısmın kuvvetli asit karışımlarında çözünebilir minerallere bağlı metalleri içerir (F4).

#### 1.2.5.1. Değişebilir fraksiyon

Ekstrakte edilen metaller zayıf elektrostatik etkileşimlerle toprak yüzeyinde tutulan zayıf-sorbe olmuş metallerdir ve bunlar iyon-değişim prosesleriyle salıverilirler. Bu amaç için kullanılan reaktif kuvvetli asitlerin ve bazların tuzları ve ya pH: 7' de zayıf asit ve baz tuzları gibi elektrolit çözeltilerdir (Rauret, 1998).

#### 1.2.5.2. Asitte çözünebilir fraksiyon

Fe – Mn oksitler ve organik madde fazla bulunmayan metaller için karbonat önemli bir adsorbenttir (Stone ve Droppo, 1996). Çevredeki değişimlerden etkilenir ve pH değişimlerine karşı duyarlı bir fraksiyondur. Karbonatın tamamen çözünmemesi numuneye ilgili bazı parametrelere bağlıdır. Bu parametreler: numune büyüklüğü, karbonatların doğası, başlangıç miktarı ve tanecik boyutudur. Oldukça yüksek (%90) çözünürlüğe ulaşmak için minimum katı/sıvı oranının (1:25) kullanılması önerilmiştir. (Gommy 1997).

#### 1.2.5.3. İndirgenebilir fraksiyon

Fe-Mn hidroksitleri beraber ekstrakte olurlar. Bu sekonder oksitlerden metaller birlikte çökme, adsorpsiyon, yüzey kompleks oluşumu ve iyon değiştirme gibi mekanizmaların biri ya da birkaçının birleşmesiyle ayrılırlar (Hall ve Pelchat, 1999). Bu fraksiyonda ekstraksiyon işlemi için yaygın olarak kullanılan reaktifler hidroksilamin klorür, oksalik asit ve ditiyonit çözeltilerdir. Hidroksilamin indirgeyici

bir reaktiftir ve bu reaktifin metal oksitleri ekstrakte etme yeteneği pH' a, konsantrasyona, ekstraksiyon zamanına bağlıdır. alkalama zamanı ve konsantrasyon da fazla ise Mn oksitlerin çözünürlüğü çok fazla etkilenmez. Fe oksitlerin çözünürlüğü aynı faktörlere bağlıdır ve reaktif konsantrasyonu ile çalkalama zamanının artması ve pH' in azalmasıyla artar (Gleysez, 2002).

#### *1.2.5.4. Oksitlenebilir fraksiyon*

Organik maddeler 2 değerlikli iyonlar için yüksek derece seçimlilik gösterir. Bu durum tek değerlikli iyonlara göre dir. Organik maddelere metallerin bağlanma kuvveti sıralaması Hg > Cu > Pb > Zn > Ni > Co şeklindedir (Filgueiras vd., 2002). Oksitleyici fazla birleşen metal kirleticilerin toprakta daha uzun süre kaldığı farz edilir. Fakat bu metallere bozunma prosesleri ile mobilize olabilirler. Oksitleyici şartlar altında organik maddenin bozunmasıyla, bu kısma bağlı eser metallere serbest kalır. Sülfütlere bağlı eser metallere bu basamakta ekstrakte edilebilir (Marin vd., 1997).

#### *1.2.5.5. Kalıntı fraksiyon*

Ağır metallere, birincil ve ikincil minerallerin kristal örgü yapılarına bağlı olarak toprak içerisinde kuvvetlice tutunurlar. Bu fraksiyondaki metallere mobilitesi olmadığı gibi biyokullanılabilirlikleri de yoktur. Doğal şartlardaki fiziksel ve kimyasal şartlardan kolaylıkla etkilenmezler ve çözünürlükleri oldukça düşüktür. Bu basamakta ekstraksiyon işlemi için HNO<sub>3</sub>, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF gibi asitlerin farklı oranlardaki karışımları kullanılmaktadır (Gleysez, 2002).

### **1.2.6. Bazı ağır metallere ve özellikleri**

#### *1.2.6.1. Kurşun*

Kurşun bir ağır metaldir ve doğada inorganik ve organik halde bulunabilmektedir. Organik halde olan kurşun uçucudur ve içme suları ile gıda maddelerine karışabilmektedir. İnorganik halde olan kurşun ise havada partiküller halinde bulunmasından dolayı organik halde olan kurşun inorganik haldekine oranla canlı üzerinde daha çok öneme sahiptir. Kurşun doğa kaynaklarına ve çevreye en fazla zarar



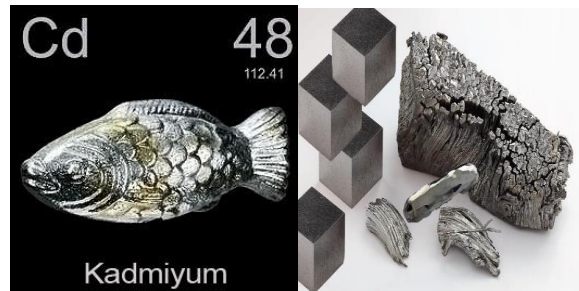
veren ağır metallere dendir. Bu durum insan faaliyetlerinden kaynaklanır (Daşdemir, 2015). Kurşun insanlığı tehdit eden en toksik ağır metallere dendir (Özbolet ve Tuli, 2016). Kurşun ağır metali az miktarlarda alındığında akut belirtiler hissedilmez. Akut zehirlenmeler durumunda kusma, ishal, mide ağrısı, koma ve ölüm görülür. Kronik zehirlenmede ise iç organlara olumsuz etkiler, anemi, kabızlık, iştahsızlık gibi belirtiler olur (Daş ve Aksoy, 2015).



Şekil 1.1. Kurşun ağır metali

#### 1.2.6.2. Kadmiyum

Kadmiyum en toksik kirleticilerden biridir. Az miktarda bile zararlı etkileri olan bir ağır metaldir. Kadmiyum, çinko üretimine eşlik eden bir metaldir ve bu süreçte toprağa, suya, havaya, yiyeceklere çevresel etkilerle önemli bir miktarda karışmamıştır ama çevre kirliliğine neden olan bir ağır metal durumuna gelmiştir günümüzde ( Yılmaz, 2015). Kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, deniz koşullarına dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayiinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum fosfatlı gübrelere, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar (Kahvecioğlu vd., 2007).



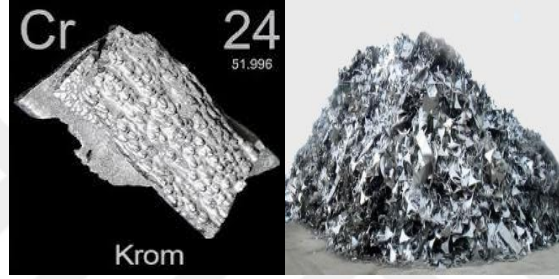
Şekil 1.2. Kadmiyum ağır metali

### 1.2.6.3. Krom

Krom ağır metali serpantin içeren topraklarda fazla miktarda bulunur. Bu krom yönünden zengin toprakların ana kaynağı kromit mineralidir. Toprakta bulunan krom ağır metali ve kromit minerali tamamen inert durumdadır (Daşdemir, 2015).

Sanayi ve endüstrinin birçok alanında kullanılan krom, çelik üretiminde, lehim ve pas engelleyicilerin üretiminde, baya, deri, cam sanayinde kullanılır (Daşdemir, 2015).

Doğada altı değerlikli kromun oluşması; fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerinin yanması, krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonundan kaynaklanır (Poyraz, 2016).



Şekil 1.3. Krom ağır metali

### 1.2.6.4. Çinko

Çinko canlılar için esansiyel bir metaldir. Zararı açısından, arsenik, krom, kadmiyum, kurşun ve bakırdan daha az zarar verir. Çinkonun en toksik şekli, doğal sulara toplam çinkonun sadece küçük bir kısmını oluşturan serbest iyon şeklindedir. Sucul ortamlarda bulunan Zn bileşikleri  $Zn(OH)_2$ ,  $ZnCl^+$ ,  $ZnCl_2$  ve  $ZnCl^{3-}$ 'dir. Yaklaşık 300 kadar enzimlerin (dehidrogenaz, aldolaz, izomeraz DNA ve RNA polimeraz) aktiviteleri için ihtiyaçtır (Ağcasulu, 2007).

### 1.2.6.5. Bakır

Bakır yer kabuğundaki kayalarda doğal bakır olarak veya karbonat ve sülfür mineralleri (Cu içeren) halinde bulunur (Poyraz, 2016). Bakır geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bronz ve pirinç gibi alaşımların yapısında bulunur. Elektiriği gümüşten sonra en iyi ileten metaldir. Ulaşım sektöründe, inşaat, elektrik, makine

alanlarında kullanılır (Akdemir, 2014). Bakır fazlası toksik etki gösterir. 15 mg ve üzeri elementel bakıra maruz kalınması ile bulantı, karın ağrısı, ishal, koma ve ölüm dahi görülebilir (Özbolat ve Tuli, 2016).

#### *1.2.6.6. Nikel*

Nikel vücuda 7-35 mg.kg<sup>-1</sup> alımı sonucu ishal, nefes darlığı, karaciğer ve böbrek hasarı, kusma, kronik zehirlenme görülmektedir (Tunçok, 2008). Nikelin yerkabuğundaki miktarı 10-1000 mg.kg<sup>-1</sup> civarındadır. 1000 g toprakta 10-50 mg arasında olan nikel miktarı ise kabul edilebilir sınırlarında sayılmaktadır. Nikel kirliliği mineral ve organik gübrelerden, kimyasal ilaçlardan, nikel katkılı dizel yakıtlardan, motor yağlarının egzozla yayılmasından, endüstri ve kanalizasyon atıklarından oluşmaktadır (İsen, 2011).

#### **1.2.7. Ağır metal analiz metotları**

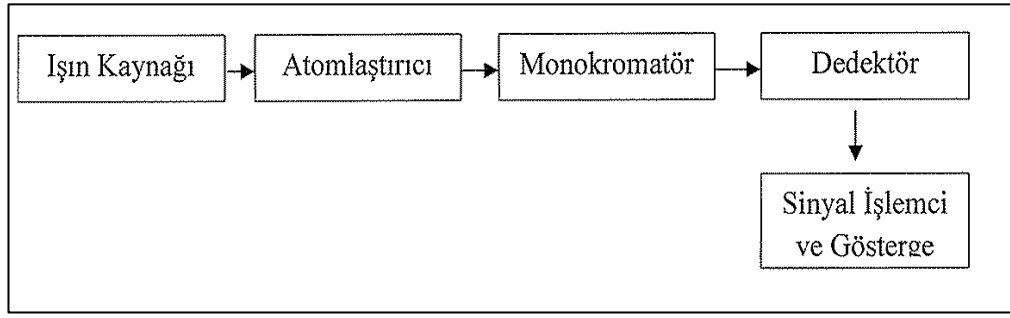
Ağır metal analitik yöntemleri birçok şekilde görülmektedir. En yaygın kullanılanları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)
- X-Ray Floresans Spektroskopisi (XRF)
- İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES)
- Elektroanalitik Yöntemlerdir ( Polarografi, Voltammetri).
- İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES)
- İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) (Keskin, 2012)

##### *1.2.7.1. Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS)*

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde kullanılan cihaza Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi denir. Atomik absorpsiyon spektroskopisi, ilk olarak 1955 yılında Alan Walsh tarafından kullanılmıştır (Slavin, 1978). Yine aynı yıllarda Hollandalı bilim insanları Alkemade ve Milatz' da AAS' nin analitik uygulamaları ile ilgili çalışmalar yapmışlardır ( Cresser, 1994).

AAS cihazı 5 ana bileşenden meydana gelir; Bu bileşenler şekil 1.4' te verilmiştir.



Şekil 1.4. AAS blok diyagramı

AAS'nin temeli, yüksek sıcaklıkta gaz halinde bulunan element atomlarının elektromanyetik ışınları absorplaması üzerine kurulmuştur. Bir elementin AAS ile analizini yapabilmek için o elementin atomlaştırılması gerekir. Atomlaştırma, yüksek sıcaklıkta alev ve ya elektrotermal (ETAAS) ile gerçekleştirilir (Aydın, 2010).

LOD (tespit limiti): Bu metot en düşük analit konsantrasyonudur. Yani, laboratuvar şartlarında örnekteki varlık tespit edilebiliyor ancak kesin miktar ölçülemiyor. LOQ (tayin limiti): Bu metot ise miktarsal olarak tespit edilebilen en düşük analit konsantrasyonudur (Açar ve Ark., 2013).

### 1.2.8. Muğla şehri toprak özellikleri

*Kırmızı Akdeniz toprakları*; Büyük Menderes ve Batı Akdeniz havzalarına giren il alanında dağların yüksek bölgeleriyle havza tabanları arasındadır. Bu topraklar, kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları ile havza tabanlarına doğru alüvyal ve kalüvyal topraklardır. Eğimli ve dalgalı bölgelerden oluşur. Genellikle sığ veya aşırı sığ şeklindedir ve tam tabakalaşma yoktur. Kırmızı Akdeniz topraklarının büyük kısmı ormanlık ve fundalıktır. Havza tabanlarına yakın olan kısımlarda bazı alanlar ise mera ve bağ-bahçe kullanımı altında ve kuru-sulu tarıma ayrılmıştır (Çevre Bakanlığı, 2011).

*Kahverengi Orman Toprakları*; Dağlık olan kesimler yer yer kestane rengi topraklarla ve kahverengi orman topraklarıyla kaplıdır. Kalkerli ve kireçli olan bu topraklar yarı olgundur. Yayılım kesimlerinde eğim fazladır. Bu toprakların doğal bitki örtüsü orman, ağaç ve ağaççıklardır (Çevre Bakanlığı, 2011).

*Allüviyal ve Kolliviyal Topraklar:* Bu topraklar il tarımı açısından büyük önem taşıyan toprak grubudur. Ovalar, vadi tabanları ve iç kısımlardaki çöküntü düzlükleri bu topraklarla kaplıdır. Irmak kenarlarında ve ırmaklardan uzaklaştıkça bu topraklarda değişimler görülür ve bu durum ırmakların sürüklediği maddelerin birikiminin oluşturduğu tabakalardandır. Allüviyal toprak bünyesinde neredeyse bütün tarım ürünleri yetiştirilebilir. 33 İde allüviyal toprakları çevreleyen az eğimli alanlar, kolliviyal topraklarla kaplıdır. Bunlar ırmakların ve yüzey suların yakın olan yerlerden sürüklediği maddelerin, eğim azalması sebebiyle bu bölgelerde birikmesiyle oluşmuştur. Kolliviyal topraklarda, allüviyal toprak grubundaki gibi neredeyse bütün tarım ürünleri yetiştirilir. Allüviyal ve kolliviyal topraklarla kaplı bölgelere komşu olan kesimlerde, kısım kısım kestane renkli topraklar oluşmuştur (Çevre Bakanlığı, 2011).

*Rendzina Topraklar:* Kıyı kesimlerinde görülen bir toprak grubudur. Bu topraklar ovaların yüksek eğimli kısımlarına yakın olan yerlerdeki yaşlı, çok kireçli marnlar ve yumuşak kalkerler üzerinde meydana gelmiş yarı olgun topraklardır. Rendzina topraklarının yayılım alanında eğim yüksek değildir ve dalgalı bir yapı mevcuttur. Rendzina topraklarının doğal bitki örtüsünü makiler ile otsu bitkiler oluşturmaktadır. Yetişen bütün maki çeşitlerine bu topraklar üzerinde rastlanabilir. Muğla şehrinde bu ana toprak grublarından başka, diğer toprak gruplarına da rastlanmaktadır. Bunlar; tuzlu-alkali, yüksek dağ-çayır, kalkersiz kahverengi, kalkersiz kahverengi orman ve kırmızı-kahverengi Akdeniz topraklarıdır (Çevre Bakanlığı, 2011).

### 1.2.9. Bazı ağır metallerin toprakta bulunabileceği sınır değerler

Çizelge 1.2. Toprakta bulunabilecek ağır metallerin sınır değerleri, mg/kg (Daşdemir, 2015)

Ağır Metal	pH< 6	pH> 6
Kurşun	50**	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır*	50**	140**
Nikel*	30**	75**
Çinko*	150**	300**
Civa	1**	1,5**

\*: pH değeri 7'den büyük ise bakanlık sınır değerleri % 50'ye kadar artırabilir.

\*\* : Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılması izin verilebilir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

İşler vd. (2018), yapmış oldukları çalışmada; Özbek ovası (Çanakkale) tarım topraklarında ağır metal mobilitesinin bir ardışık ekstraksiyon yöntemiyle Değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda topraklarda bulunan toplam ağır metal içerikleri incelendiğinde Cd, Pb ve Cu metallerinin genel tarımsal toprak değerlerin üzerinde olduğu saptanmış olup ardışık ekstraksiyon yönteminin uygulanması, Cd (% 59) ve Pb (% 58) elementlerinin yüksek oranda mobil fraksiyonlara sahip olduğu ve bu durumun insan kaynaklı olduğu saptamıştır.

Çiftçi (2017), yapmış olduğu çalışmada; Toprakta Asidik ve Bazik Sulara Arsenik, Bakır, Demir, Kurşun Geçişinin İncelenmesini amaçlamıştır. Yaptıkları çalışmayla pH 12'de kuvvetli bazik olan ortamda demir, kurşun, arsenik ve bakır' ın geçişi incelenmiş ve asidik ortama göre topraktan daha fazla derişimde çözeltiye geçiş olduğu saptanmış. Sonuçlara bakarak, topraktan ağır metal gidermek-yıkamak için bu yöntemden yararlanılabileceği görülmüş.

Özkan (2017), yapmış olduğu çalışmada; Hatay şehrine bağlı Antakya-Cilvegözü uluslararası karayolu çevresindeki toprakların ve yetiştirilen bitkilerin trafik ve tarımsal kaynaklı ağır metal kirliliğini belirlemeyi ve yola olan uzaklık ile ağır metal

miktarı değişimini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda ağır metal sınır değerlerinin aşılmadığını saptamıştır.

Tunca (2016), yapmış olduğu çalışmada; Beyşehir Gölü'nün üç istasyonunda su ve sedimentteki metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ve sedimentteki antropojenik (insan kaynaklı) etkinin oluşturduğu kirliliğinin değerlendirilmesini amaçlamıştır. Çalışma sonucunda tarım arazilerinin olduğu bölgedeki istasyonda diğer istasyonlara göre daha fazla metal birikiminin olduğu tespit edilmiştir.

Kalyoncu vd. (2015), yapmış oldukları çalışmada; Isparta Deresi'nin suyunda ve sedimentlerdeki bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se ve Zn) mevsimsel değişimlerinin tespit edilmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda sediment örneklerindeki Ni, Cd, Mn ve Cu metalleri sonbahar mevsiminde, Fe, Cr, Se ve Pb metalleri ilkbahar mevsiminde, Mo metalinin ise yaz mevsiminde ve Zn metalinin de kış mevsiminde arttığını, Mn, Mo, Cd, Se ve Pb metallerinin kış mevsiminde, Cr metalinin sonbahar mevsiminde, Ni, Cu, Fe ve Zn metallerinin yaz mevsiminde azaldığını saptamışlar. Sedimentte en çok rastladıkları metal Fe, en az rastladıkları metal ise Cd olmuştur.

Kiracı, (2014), yapmış olduğu çalışmada; Aydın ilinin Söke ilçesinde bulunan Azap Gölünün su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan bazı parametreler ve su kirliliğine neden olabilecek bazı faktörleri incelemeyi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda su ve sedimentte ağır metal derişimlerinde B, Al ve Fe diğer ağır metallere göre daha fazla olduğunu tespit etmiş ve su örneklerinde Co, Cr, Pb ve Cd metallerini ve sediment örneklerinde ise Pb metalini analiz etmiştir.

Büyükyıldız (2013), yapmış olduğu çalışmada; İstanbul anadolu yakasında bulunan, çeşitli kirliliklere maruz kaldığı düşünölen park topraklarının kalitesinin ve ağır metal kirlilik düzeyinin incelenmesinin yanında, toprak özellikleri ile ağır metal içerikleri arasındaki ilişkinin irdelenmesi amaçlamıştır. Bu amaçla, 16 adet parktan toplam 438 adet toprak ve 40 adet yaprak örneği alınarak TS EN ISO 17025 standardı asgari şartlarının yerine getirildiği Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite edilen ve kalite kontrolleri prosedürüne uygun olarak ulusal ve uluslararası analiz metotları dâhilinde tespit/analiz çalışmaları yapmıştır. Topraklar kalite açısından değerlendirildiğinde, genel anlamda kumlu killi tın (SCL) bünyeli, hafif alkali, tuzsuz, az seviyede kireç ve orta seviyede organik madde içermekte olduğunu tespit etmiş.

Ağır metal içeriklerini 2005 yılında yayınlanan Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre değerlendirmiş ve Cr, Cu, Cd, Ni, Zn ve Pb ağır metallerinin yönetmeliğin belirlediği sınır değerlerini aşmadıklarını tespit etmiş.

Karaağıl (2013), yapmış olduğu çalışmada; İstanbul'un Anadolu Yakası'nda belirlenmiş sahil boyundaki yeşil alanların toprak kalitesi ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesini amaçlamış. Bunun için 202 ayrı noktadan toplam 404 adet toprak örneği alınmış. Bu toprak örneklerine toprak kalitesi amaçlı fiziksel ve kimyasal analizleri, toprak kirliliği kapsamında Kadmiyum, Krom, Bakır, Kurşun, Nikel ve çinko analizleri yapılmış. Elde edilen bulgulardan, bu toprakların pH değerleri %96,5 oranında hafif alkali, %90 oranında kireçli ve orta kireçli seviyede, organik madde içerikleri yüzey topraklarında orta ve iyi derecede derin topraklarda az ve orta derece, yarayışlı (alınabilir) fosfor değerleri topraklarda her sınıfa eşit dağılmış, yarayışlı (alınabilir) potasyum değerleri %80 yeter ve yüksek seviyede bulunmuştur. Ağır metal kirlilik oranları 7 adet Krom, 1 adet Bakır ve 2 adet Nikel dışında sınır değerleri içerisinde bulunmuş.

Sümer vd. (2013), yapmış oldukları çalışmada; Çanakkale ili Karamenderes havzası tarım alanlarında bazı ağır metallerin kirlilik düzeylerini araştırmışlar. Bu amaçla havzada 80 farklı noktadan toprak örneği almışlar ve aldıkları toprak örneklerinde ekstrakte edilebilir Pb, Cr ve Ni metallerinin analizlerini yapmışlar. Çalışma sonuçlarına göre Çanakkale ili Karamenderes havzası topraklarında Pb kirliliğini belirlemişler. Toprakların Ni ve Cr metal içerikleri ise izin verilebilir sınırlar arasında olduğunu saptamışlar.

Sungur (2013), yapmış olduğu çalışmada; toprakta farklı fraksiyonlarda bulunan Cd, Zn, Cr, Mn, Cu, Fe, Ni, Co ve Pb metal miktarlarını Avrupa Birliği Referans Komisyonu tarafından geliştirilen BCR ardışık Ekstraksiyon yöntemiyle saptamış. Ağır metallerin bitki tarafından alınabilir miktarlarını ise DTPA (dietilen triamin pentaasetik asit) ekstraksiyon yöntemiyle tespit etmiş ve ardışık ekstraksiyon ile bitkiler tarafından alınabilir metal miktarları arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak incelemiş. Yapılan alışmalarda DTPA ile ekstrakte edilebilir Co ve Ni metalleri dışında kalan diğer ağır metallerin (Fe, Cd, Cu, Cr, Mn, Zn ve Pb) değişebilir fraksiyon ile ilişkili olduğunu istatistiksel olarak tespit etmiş. Diğer taraftan indirgenebilir ve



oksidlenebilir fraksiyonlarda bağlanan metal miktarı ile DTPA ile ekstrakte edilebilir metal miktarı arasında istatistiksel ilişkiler olduğunu tespit etmiş.

Şen (2010), yapmış olduğu çalışmada; Balıkesir Bigadiç'te bulunan bor madenleri ve çevresinden toplanan toprak ve makrofungus örneklerinin bor ve ağır metal içeriklerinin belirlenerek, bor akümüle edebilme yeteneği olan makrofungus türlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonlarının literatür bulgularıyla uyum içinde olduğu ve maden çevresinde ağır metal tehdidinin olmadığı görülmüştür. Makrofungusların ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde örneklerin bakır konsantrasyonlarının madene uzaklığına bağlı olarak değişirken madenden uzaklaştıkça bakır konsantrasyonunda azaldığı tespit edilmiştir. Diğer metallerin konsantrasyonlarının madene uzaklığına bağlı olarak değişmediği belirlenmiştir. Makrofungus örneklerinin metal konsantrasyonlarının literatür bulgularıyla uyum içinde olduğu görülmüştür.

Kocabaş (2008), yapmış olduğu çalışmada; Edirne şehir merkezinde yol kenarındaki topraklarda Pb, Cd, As, Mn, Fe, Hg, Zn, Ni, Cr ve Cu metal içeriklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Edirne ilinde otoyol kenarında bulunan 8 istasyonda, öncelikle ağır metaller için temel değerlerini, etki alanı ve sınır değerleri ile olan ilişkileri, trafik kaynaklı kirliliğin derecesini belirlemiştir. Edirne ilinde düşük ve yüksek trafik yoğunluğu olan 8 ayrı bölgeden 384 adet toprak örneği toplamış ve her bölgede yoldan 1 m, 5 m ve 10 m uzaklıktan numuneler almış, her metreden ise 0-10 cm ve 10-30 cm derinlikten ayrı ayrı örnekleme yapmıştır. Tüm bölgelerde Cd, As, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Zn, Cr ve Ni metal konsantrasyonlarını; 0.0438-0.1988, 0.957-2.651, 0.885-12.38, 1599-1698, 0.2841-0.4328, 339.6-722.9, 6.64-25.81, 161.5-485.6, 18.7-58.95 ve 53.31-272.1 mg.kg<sup>-1</sup> olarak tespit etmiştir.

Chen vd. (2005), yapmış olduğu çalışmada; Çin-Pekin şehir merkezinde bulunan 30 farklı parkta toprak örnekleri üzerinde ağır metal konsantrasyonları (Pb, Cu, Zn, Ni) araştırmış ve yapılan ölçümler sonucunda, Pb ve Cu değerlerinin yüksek olduğunu, Zn değerinin ise kayda değer olmadığını belirtmiştir.

Nasrudi vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada; Macaristan'ın M3 otoyolunun kenarlarında yetişen yosun ve çayırların içerdiği Cd, Zn ve Pb konsantrasyonlarını incelemiştir. Ağır metal konsantrasyonları ICP spektrofotometre ile analiz edilmiştir. Ağır

metal içeriklerinin çayırlarda, otoyol kenarlarında yetişen yosunlara göre daha az olduğu tespit edilmiş.

Karaca vd. (2003), yapmış oldukları çalışmada; Çayırhan Termik Santrali baca gazı emisyonlarının çevre toprakları üzerine yapmış olduğu etkileri araştırmışlar. Bu amaçla emisyonların güney doğu tarafında bulunan tarım topraklarından 20 adet, kuzey doğu tarafından ise termik santral merkez kabul edilerek, Beypazarı ilçesine doğru 7 adet ve kuzey batı tarafından da 3 adet toprak örneği 0-20 cm derinlikten alınmış. Bu toprak örneklerinin organik madde, pH ve toplam Ni, Cd, S ve Pb metal içerikleri belirlenmiş, Kuzey doğu topraklarının pH değerleri diğer pH değerlerinden daha düşük olup, pH ile toplam kükürt, Pb ve Cd içerikleri arasında  $P < 0.001$  düzeyinde önemli negatif ilişki belirlenmiş. Her üç yönden alınan toprakların toplam Ni ve Pb metal içerikleri Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerlerinin altında bulunmuş, Hakim rüzgar yönünden alınan toprakların toplam Cd metal değerleri hâkim rüzgâr yönü tersinden alınan topraklara nazaran oldukça yüksek ve Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerlerinin üzerinde bulunmuş. Benzer şekilde, kuzey doğu yönüne ait toprakların hepsinde ve güney doğu yönüne ait toprakların büyük çoğunluğunda S kirlenmesi ve hâkim rüzgâr yönü tersi olan kuzey batı yönünden alınan toprak örneklerinde de olası S kirlenmesi belirlenmiş.

Kim vd. (2003), yapmış oldukları çalışmada; Güney Kore'nin Seul şehrinde 8 farklı bölgeden alınan toprak örnekleri içindeki ağır metal konsantrasyonları incelenmiş. Ölçümler sonucunda; Cd ve Cu metallerinin şehir merkezindeki topraklarda, Pb metalinin ise benzin istasyonu çevresindeki topraklarda diğer bölgelere nazaran fazla olduğu tespit etmişler.

Caselles vd. (2002), yapmış oldukları çalışmada; İspanya'nın başkenti Madrid şehir merkezindeki parklarda Petunya yapraklarının ve toprağın içerdiği iz elementler (Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Pb, Ni) üzerinde araştırma yapılmış ve Madrid şehrinde, Fe, Al, Ni ve Pb elementlerinin toprak ve bitki tarafından absorbe edildiği gözlemlenmiş. Sonuç olarak, trafiğin yoğun olduğu alanlarda Pb değerinin yüksek olduğu belirtilmiş.

Madrid vd. (2002), yapmış olduğu çalışmada; İspanya Sevilla' da yapılan başka bir çalışmada halka açık yeşil alanlar ve parklardaki kirlilik, ağır metallerin dağılımı ve örnekleme sonuçları incelenmiş. Toprak örnekleri 0-10 cm ve 10-20 cm olmak üzere iki farklı derinlikten 31 örnek alınmış. Elek analizi, pH, kimyasal analizler,  $\text{CaCO}_3$

analizi, P ve K analizi ve ağır metal analizleri yapılmış. Sevilla’da Cu, Pb ve Zn değerleri açısından önemli metal kirliliği gözlenmiş. Seviyeler genelde yüksek olmasa da, tarihi yerlere yakın alanlarda kurumsal, dinlenme ve ikametgâh yerleri için maksimum kabul edilebilir limitin üzerinde olduğu, tarihi yerler endüstri alanına yakın olmadığından artan kirliliğin kaynağının endüstriden kaynaklanmadığı metallerin asıl kaynağının trafik olduğu anlaşılmış. Doğu ve kuzeydoğu yönünde düşük metal içeriği görülmüş.

Manta vd. (2002); Wilckle (1998), yapmış oldukları çalışmada; İtalya’nın Palermo şehrinde bulunan yeşil alanlardan ve parklardan 0-10 cm derinlikten 70 adet toprak örneği toplanmış ve Co, Cr, Cd, Cu, Hg, Zn, Pb, Sb, V ve Ni metal konsantrasyonları ölçülmüş. Örnekleme alanları olarak son 10 yıldır kimyasalların kullanılmadığı (pestisit gibi) ve kanalizasyon akıntılarının olmadığı alanlar seçilmiş. Toprak örneklerinde organik madde miktarı, kireç tayini, pH, katyon değişim kapasitesi analizleri yapılmış. Toprak mineralojisi incelenmiş, ağır metal analizleri yapılmış ve majör elementler belirlenmiş. Organik madde miktarı ortalama olarak % 6, pH değeri 7.2 - 8.2 arasında genelde alkali yapıda, katyon değişim kapasitesi ortalama olarak 26 meq/100 g, CaCO<sub>3</sub> içeriği ortalama % 32 olarak bulunmuş.

### **3. MATERYAL VE METOT**

Yapılan bu çalışma 2016-2017 döneminde Sonbahar (Eylül 2016), Kış (Ocak2017), İlkbahar (Nisan 2017) ve Yaz (Ağustos 2017) mevsimlerinde Muğla şehir merkezinin 7 farklı bölgesinden alınan toprak örnekleriyle gerçekleştirilmiştir.

#### **3.1. Çalışma Alanı**

##### **3.1.1. Konum ve genel özellikler**

Muğla şehri, Ege Bölgesi’nin Güneybatı ucunda, Ege ve Akdeniz Bölgelerinin iç içe geçtiği dağlık bir bölgede bulunur. Kendi adıyla anılan ovanın kuzey yönünde, Asar

Dağı eteklerinde kurulup, sonradan ovaya doğru dağılmakta olan, kendine has mimarisi, beyaz badanalı duvarları, kırmızı kiremitli damları, özgün bacaları ve daracık sokakları ile şirin bir turizm cennetidir. Ülkemizin güney-batı köşesinde, Toros kıvrım sistemiyle Batı Anadolu kıvrım sisteminin iç içe girdiği dağlık ve engebeliğin Menteşe yöresinde yer almaktadır. Bu dağları örten kıyıya inen ormanları ve geçmiş uygarlıkların yapıtlarıyla bezenmiş doyumsuz güzellikleri vardır. Kıyıların uzunluğu 1124 km' dir. Şehir Merkezi Karadağ, Kızıldağ, Masa Dağı, Hamursuz Dağı ile çevrelenmiş olup, Hisar Dağından ovaya doğru yayılır (Çevre Bakanlığı, 2011).



Şekil 3.1. Muğla şehir görünümü

### 3.1.2. Muğla şehri iklim özellikleri

Muğla ilinde Akdeniz iklimi görülür. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Kıyıda içeriyeye gidildikçe kara ikliminin etkileri görülür ve ısı düşer. Kıyılarda kar yağışı görülmez. İç kısımlarda ise senede 1-2 gün kar görülebilir. Sıcaklık +43,7°C ile -12,6°C arasındadır. Yağış miktarı 1180 mm ile 775 mm arasında bölgelere göre değişir (Çevre Bakanlığı, 2011).

### 3.2. Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Özellikleri

Çalışma alanı olarak Muğla şehir merkezi, Kötekli yerleşkesi ve Muğla üniversitesi merkez kampüsünde 7 nokta seçilmiştir. Seçilen bu noktalar çizelge 3.1' de verilmektedir.

**Çizelge 3.1. Çalışma alanı olarak belirlenen örnekleme noktaları**

İstasyon No	İstasyon Adı
1	Adliye önü koşu parkı
2	Kışla parkı
3	AVM çocuk parkı
4	Sanayi girişi
5	Kireç fabrikası önü
6	MSKU Karya önü
7	Kötekli pazar yeri

Örnek alma noktalarının özellikleri;

**1 No' lu nokta:** Adliye önü koşu parkıdır. Bu istasyonda insanların yoğun olarak koşu parkurunu kullandığı ve yoğun trafiğin olduğu yol kenarındadır.

**2 No' lu nokta:** kışla parkıdır. Bu istasyonda da yoğun insan popülasyonu görülür ve özellikle hafta sonları insanların yoğun bulunduğu bir noktadır.

**3 No' lu nokta:** AVM çocuk parkıdır. Özellikle haftasonları çocukların yoğun olarak bulunduğu bir noktadır.

**4 No' lu nokta:** Sanayi girişidir. Bu nokta sanayinin toprağa verdiği kirlilik için önemli bir noktadır.

**5 No' lu nokta:** Kireç fabrikası önüdür. Kireç fabrikasının çevreye, toprağa verdiği kirlilik, topraktaki ağır metal içeriği değişikliği açısından önemli bir noktadır.

**6 No' lu nokta:** Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Karya kafe önüdür. Bu nokta ise öğrencilerin yoğun bulunduğu bir alan olduğundan dolayı önemli bir noktadır.

**7 No' lu nokta:** Kötekli Pazar yeridir. Kötekli yerleşkesindeki insanların yoğun olarak bulunduğu noktalardan birisidir ve özellikle cumartesi günlerinde semt pazarı kurulmasıyla daha çok insan popülasyonuna ulaşmaktadır.

### 3.3. Örneklerin Alınması

Toprak örnekleri Eylül 2016, Ocak 2017, Nisan 2017 ve Ağustos 2017’ de olmak üzere 4 ayrı mevsimde alındı. Bu toprak örnekleri yaklaşık toprağın 10 cm derinliğinden alındı ve herbir nokta için aynı bölgede 3 farklı noktadan alınıp karıştırılarak bir nokta haline getirildi. Burada ki amaç; seçilen bölgenin tamamını temsil eden bir toprak örneğine ulaşmaktır.



Şekil 3.2. Toprak örnekleri

### 3.4. Deneysel Çalışmalar ve Kullanılan Yöntemler

Alınan toprak örneklerinin ağır metalleri fiziksel fraksiyonlarına ayırma işlemi Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Araştırma Laboratuvarları Merkezi Çevre Sorunları Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarında yapıldı. Bu işlem toprağı yabancı maddelerden eleme yöntemi ile yapıldı. Elek genişliği 200 mesh olan eleklerle numune 200 mesh altı ve 200 mesh üstü olarak gruplandırıldı.



Şekil 3.3. Örneklerin tanecik boyutlarına ayrılmasında kullanılan elek

### 3.4.1. Toprak örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin tayini

Analizi yapılan toprak için Fizikokimyasal özelliklerinin; iletkenlik, pH, organik madde, organik C ve %CaCO<sub>3</sub> tayin yöntemleri aşağıda verilmiştir.

#### 3.4.1.1. İletkenlik tayini

Bu analizde elektriksel iletkenliği ölçümü için oran 1:5 (1 g toprak üzerine 5 mL su) şeklinde alındı (Sönmez vd 2008, Morari vd 2008). 1 g toprak alınıp üzerine 5 mL destile su eklenip 24 saat bekletildikten sonra HACH marka cihaz ile iletkenlik değeri ölçüldü.

#### 3.4.1.2. pH tayini

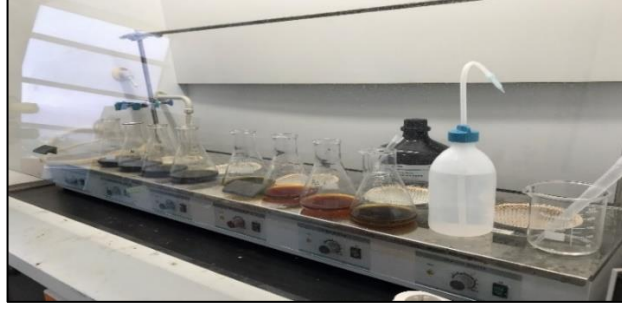
Bu analiz için toprak- su oranı 1:5 (1 g toprak üzerine 5 mL su) şeklinde alındı (Ferrara vd., 2003; Bech vd., 2008; Martinez- Villegas vd., 2004). Muğla şehir merkezinden alınan toprak örnekleri üzerine destile su eklenip 24 saat bekletildikten sonra pH değeri HACH HQd Field Case marka cihaz ile ölçüldü.



Şekil 3.4. pH metre

#### 3.4.1.3. Organik C tayini

Toprak numunesinden 0,5 g alınarak üzerine 5 mL 1N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ilave edilerek karıştırıldı ve 10 mL derişik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edildi ve karıştırıldı. 30 dakika beklenerek soğutuldu. 100 mL destile su, 5 mL H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ve 4 damla 0,025M Ferroin indikatörü ilave edilerek 0,5 N FeSO<sub>4</sub> ile titre edildi. Renk dönüşümü ile değerler hesaplandı (Ferrara vd., 2003).



**Şekil 3.5. Topraktaki organik C tayini**

#### *3.4.1.4. Organik madde tayini*

Muğla şehir merkezinden 7 farklı noktadan alınan toprak örneklerinin Organik karbon analizi yapıldı. Bulunan bu sonuçların herbir nokta için %Organik C' un 1,724 faktörü ile çarpılarak toprakların organik madde miktarı ayrı ayrı hesaplandı. Organik maddenin %58 C içerdiği kabul edilir ve  $1/58=1,724$  faktörü buradan gelir. Organik Madde = %Organik C x 1,724 (Ferrara vd., 2003).

#### *3.4.1.5. Karbonat tayini (%CaCO<sub>3</sub>)*

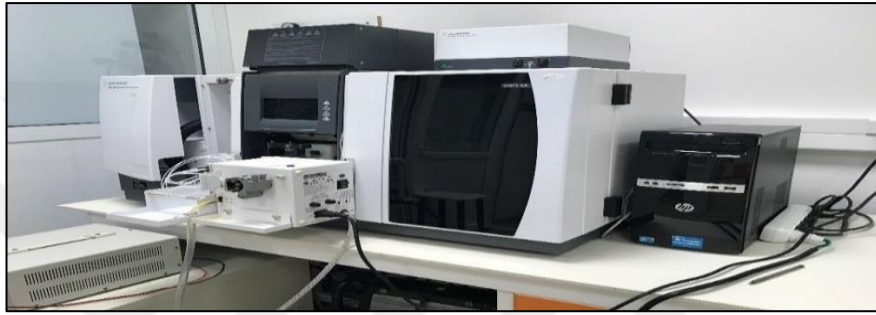
Toprak numunesinden 2,5 g alınıp üzerine 25 mL 0,5 M HCl çözeltisi ilave edilerek çözelti 5 dakika ısıtıldı. Ardından soğutuldu ve toprak-asit karışımı filter kullanılarak süzüldü. Çözeltideki asitlik tam olarak giderilinceye kadar 5 mL saf su ile yaklaşık 4 sefer yıkanarak süzmeye devam edildi. Süzüntüye fenolftalein ilave edilerek 0,25 M NaOH ile renk değişene kadar titre edildi (Bech vd., 2008; Raison ve Mc-Garity, 1980).

### **3.4.2. Toprak örneklerinde ağır metal fraksiyonları ve ölçümleri**

BCR ve Tessier prosedürü en yaygın kullanılan ağır metal fraksiyon analiz yöntemleridir. BCR, Avrupa Birliği Referans Komisyonu tarafından farklı ekstraksiyon yöntemlerinin birbirleriyle karşılaştırılabilir olmaması nedeniyle ve yöntemler arasında bir uyum sağlamak amacıyla toprak örneklerinin fraksiyonlara ayrılması için önerilen bir yöntemdir ve son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (İsen, 2011). BCR prosedürü, ağır metalleri; değişebilir ve asitte çözünür (karbonatlara bağlı), indirgenebilir (Fe-Mn oksihidroksitlere bağlı), oksitlenebilir (organik



maddelere ve sülfürlere bağlı) ve kalıntı (silikatlara bağlı) fraksiyonlar olarak dört basamakta değerlendirilmektedir. Toprak örnekleri Etüvde 103°C de 24 saat kurutuldu. Kurutulan toprak numuneleri 200 mesh altı ve 200 mesh üstü şeklinde ayrılarak örnekleme yapıldı. Bu toprak örneklerinden 1 g alındı ve BCR ardışık kimyasal ekstraksiyon prosedürü uygulanarak ağır metaller için fraksiyonlara ayrıldı. Daha sonra ağır metal ölçümleri AGİLENT marka Pb için; GTA120 ve Cd için; 240FS-AA model Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) cihazı ile ağır metal analizleri yapıldı. Örnekler grafit fırın atomik absorpsiyon spektroskopisi ile analiz edildi. BCR ardışık ekstraksiyon prosedürü şekil 3.7' da verilmiştir.



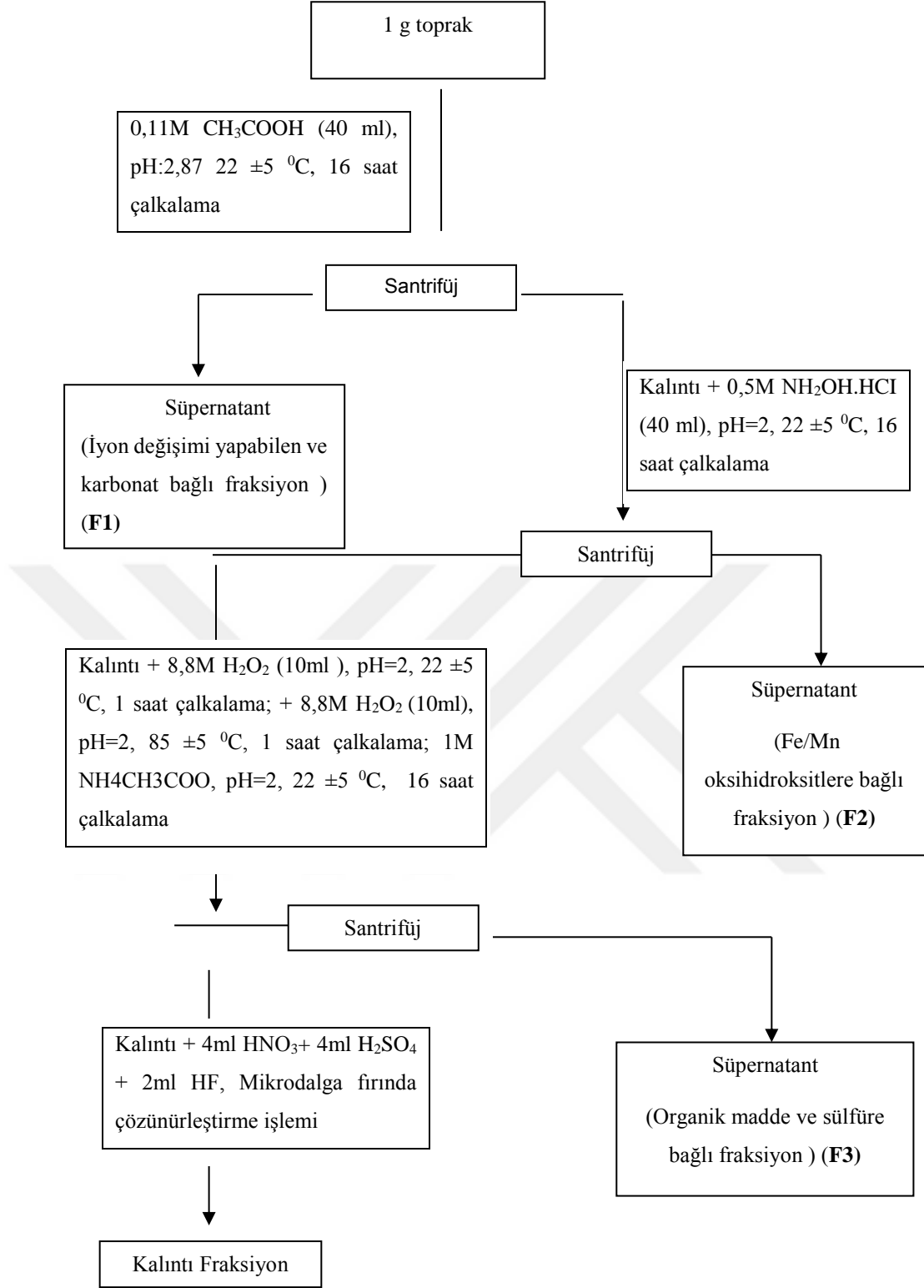
**Şekil 3.6. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)**

#### *3.4.2.1. Grafit fırın atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı ile metal analizi*

Çalışmada kurşun ve kadmiyum ağır metalleri grafit fırın atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı ile analiz edilmiştir. Bu yöntem, çok az miktarlardaki metal elementlerinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir analiz yöntemidir. Bu yöntemde atomların oluşumu yanma başlığına yerleştirilmiş olan grafit fırın atomizer içinde elektriksel olarak gerçekleşir. Grafit fırın AAS ile analiz Alevli AAS' ye göre 100 kat daha hassas bir yöntemdir. Atomlaştırma aşamasında çıkılan sıcaklık ortalama 2000 °C' dir (APHA, 1998). Kurşun ve kadmiyum için dalga boyları ve silit aralıkları parametreleri çizelge 3.2' de verilmiştir.

**Çizelge 3.2. Kurşun ve Kadmiyum metal dalga boyu ve silit aralığı parametreleri**

<b>Ağır metal</b>	<b>Dalga boyu (nm)</b>	<b>Silit aralığı (nm)</b>
Kurşun (Pb)	283,3	0,5
Kadmiyum (Cd)	228,8	0,5

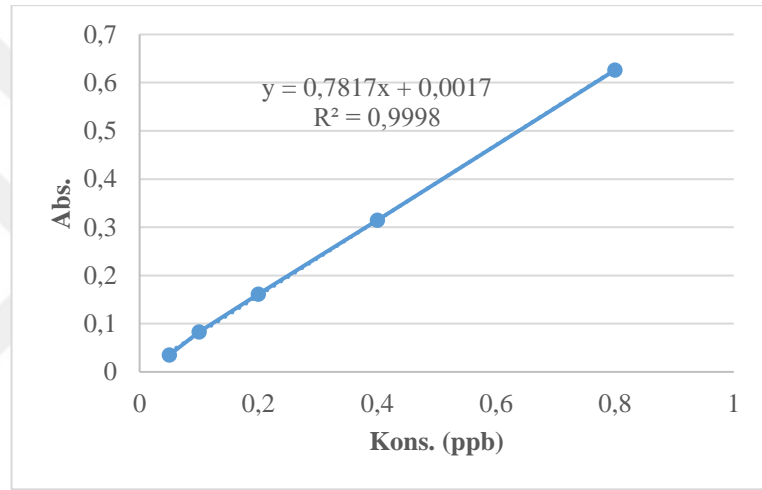


Şekil 3.7. Toprak için kullanılan BCR ardışık ekstraksiyon prosedürü

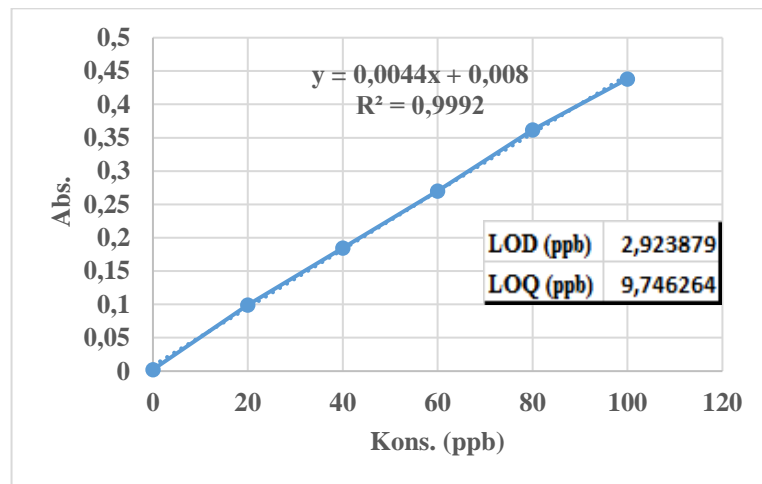
### 3.4.2.2. Toprakta total metal ölçümü

Bu analizde, ham halde olan numunenin hiçbir işlem görmeden alınmış halinin analiz edilmesidir. Yani toprak örnekleri tespit edilen noktalardan alındı ve bu örnekler 200 mesh elekten geçirildi. Ardından 200 mesh üstü ve altı nuuneler şeklinde sınıflandırılarak ham halde Pb, Cd ve Cr metal analizleri yapıldı. Buradaki amacımız henüz fraksiyonlarına ayrılmamış toprağın ham değerleri görmek oldu. Bunlar bulgular kısmında detaylıca verilmiştir.

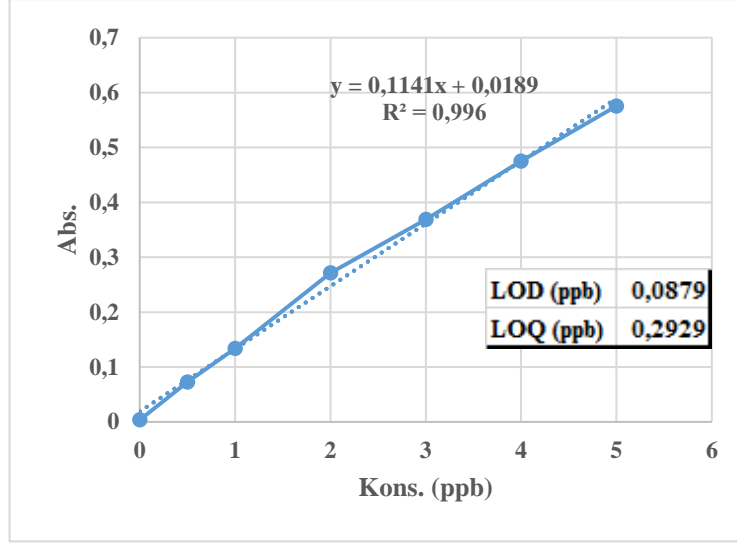
Krom, Kurşun ve Kadmiyum metalleri için kalibrasyon grafikleri şekil 3.8- 3.10' da verilmiştir.



Şekil 3.8. Krom metali kalibrasyon grafiği



Şekil 3.9. Kurşun metali kalibrasyon grafiği



Şekil 3.10. Kadmiyum metali kalibrasyon grafiği

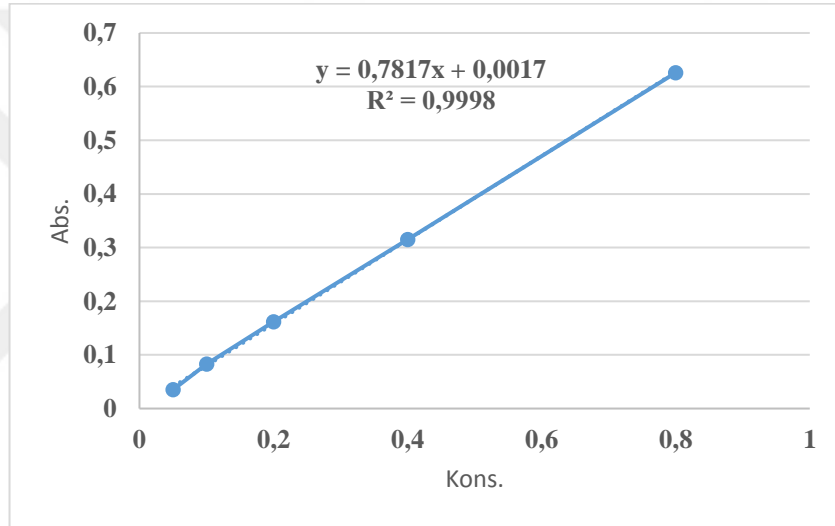
#### 3.4.2.3. Spektrofotometre ile krom ( $Cr^{6+}$ ) analizi

Fraksiyonlarına ayrılan toprak örneklerinden (F1, F2, F3 ve F4) elde edilen numunelerin analizi Agilent Cary 60 UV-Vis marka Spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır. Bu yöntem, sudaki krom iyonlarının krom VI iyonu haline dönüştürülüp, +6 değerlikli kromun asidik ortamda difenil karbazit ile reaksiyona girerek, oluşan kırmızı eflatun rengin absorbasının spektrofotometrede ölçülerek krom konsantrasyonunun belirlenmesi esasına dayanır. Metot ölçüm aralığı 0,05-1 ppm arasındadır (APHA, 2012). Her bir numuneden 10 mL alınarak üzerlerine 5'er damla  $H_3PO_4$  ilave edildi ve 0,2 N  $H_2SO_4$  ile pH: 1,5-2,5 olacak şekilde ayarlandı. Daha sonra saf su ile 100 mL'ye tamamlandı. Üzerlerine 2 mL difenil karbazit çözeltisi eklenerek 5-10 dk bekletildi. Ardından 540 nm' de absorbans değerleri okunarak  $Cr^{6+}$  analizi gerçekleştirildi.



Şekil 3.11. Spektrofotometre

Krom metali için kalibrasyon grafiği şekil 3.12' de verilmiştir.



Şekil 3.12. Krom metali için kalibrasyon grafiği

#### 3.4.2.4. Değişebilir fraksiyon (F1)

1 g numuneler plastik erlenlere aktarıldı ve üzerlerine 40 mL 0,11 M Asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) çözeltisi ilave edildi. 16 saat oda sıcaklığında çalkalandı. Sonrasında santrifüj tüplerine aktarılarak 15 dakika santrifüj edildi. Ekstraktant katı fazdan ayrıldı ve süzülerek polietilen kaplara (50 mL) aktarılarak analiz edilene kadar buzdolabında saklandı (F1). Santrifüj tüpünde kalan katı kısım 10 mL saf su ile 10 dakika santrifüj edilerek yıkandı ve santrifüj edildikten sonra yıkama suyu atıldı. Bir sonraki fraksiyon basamağına geçildi.



**Şekil 3.13. Çalkalayıcı**

#### *3.4.2.5. İndirgenebilir fraksiyon (F2)*

Anlık hazırlanan 40 mL 0,5 M  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  (pH:2) çözeltisi 1. Basamaktan elde edilen santrifüj tüpündeki katı kısma ilave edildi ve plastik erlenlere aktarıldı. Aynı şartlarda (16 saat, oda sıcaklığında) çalkalandı ve ardından 15 dakika santrifüj edildi ve sıvı kısım alınıp süzülerek polietilen kaplara(50 mL) aktarılarak analiz edilene kadar buzdolabında saklandı(F2). Santrifüj tüpünde kalan katı kısım 10 mL saf su ile 10 dakika santrifüj edilip yıkama suyu atılarak bir sonraki analiz için hazır hale getirildi.

#### *3.4.2.6. Oksitlenebilir fraksiyon (F3)*

Basamak 2' den elde edilen katı kısmın üzerine 10 mL 8,8 M  $\text{H}_2\text{O}_2$  çözelti eklendi. Su banyosunda  $85 \pm 2$  °C de tüplerin kapakları açık bir şekilde buharlaştırma işlemi yapıldı. Ardından ikinci kez 10 ml 8,8 M  $\text{H}_2\text{O}_2$  çözeltisi eklenerek aynı şartlarda buharlaştırma işlemi yapıldı. Ardından tüplerde kalan kısma 40 mL 1 M Amonyum Asetat ( $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ) çözeltisi ilave edilerek 16 saat oda sıcaklığında çalkalandı. Ekstraktant 15 dakika santrifüj edilerek katı kısımdan ayrıldı ve süzme yapılarak polietilen kaplara (50 mL) alınarak (F3) analiz yapılana kadar buzdolabında saklandı. Kalan katı kısım yukarıda belirtildiği gibi aynı şartlarda yıkama yapılarak bir sonraki analiz için hazır hale getirildi.

#### 3.4.2.7. Kalıntı fraksiyon (F4)

En son ardışık ekstraksiyondan kalan numune etüvde 50 °C' de kurutuldu. Kurutulan numuneden 0,5 g alınarak üzerine 8 mL Nitrik asit, 2 mL HF ilave edilerek çözündürüldü ve mikrodalgada 15 dakika 200 °C' de yakıldı. Mikrodalganın gücü ise 900' dür. Yakılan toprak örnekleri süzülerek polietilen kaplara(25mL) alınarak analiz yapılana kadar buzdolabında saklandı.



Şekil 3.14. Mikrodalga Cihazı

## 4. BULGULAR

### 4.1. BCR Ardışık Ekstraksiyon Yönteminin Doğrulanması

BCR-701 kodlu CRM ile yöntemin doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.1. BCR (Breau Referans Komitesi) metot ölçüm aralığı

Fraksiyon	Sertifika Sonuçları			Laboratuvar Sonuçları		
	Cd	Pb	Cr	Cd	Pb	Cr
F1	7,3 ± 0,4	3,18 ± 0,21	2,26 ± 0,16	7,01 ± 0,49	9,28 ± 0,3	2,43 ± 0,21
F2	3,77 ± 0,28	126 ± 3	45,7 ± 2	3,52 ± 0,32	117 ± 5,1	49,3 ± 3,1
F3	0,27 ± 0,06	9,3 ± 2	143 ± 7	0,35 ± 0,12	10,4 v 2,3	137 ± 5,2
F4	0,13 ± 0,08	11 ± 6	68 ± 8	0,18 ± 0,1	15 ± 4,2	55 ± 6,7

### 4.2. Toprağın Fizikokimyasal Özellikleri

Muğla şehir merkezinde 7 farklı noktadan alınan toprak örneklerinde ölçülen bazı fizikokimyasal parametrelerin ölçüm değerleri Sonbahar (Eylül 2016), Kış (Ocak 2017), İlkbahar (Nisan 2017) ve Yaz (Ağustos 2017) mevsimleri için Çizelge 4.1-4.8’ de verilmiştir.



**Çizelge 4.2. Sonbahar mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	% Organik Madde
1	7,73	734	24,80	4,13	7,13
2	7,58	568	24,75	5,35	9,23
3	7,69	232	24,80	1,04	1,80
4	7,65	254	24,95	1,28	2,20
5	7,64	311	24,75	0,46	0,80
6	7,75	349	24,85	1,86	3,21
7	7,77	181,9	24,85	1,33	2,30

**Çizelge 4.3. Kış mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	% Organik Madde
1	8,16	1089	24,85	4,25	7,33
2	7,81	987	24,85	3,90	6,72
3	7,92	371	24,8	1,16	2,00
4	7,91	318	24,95	1,22	2,10
5	7,87	405	24,95	0,17	0,30
6	7,90	381	24,9	1,16	2,00
7	8,01	232	24,9	1,16	2,00

**Çizelge 4.4. İlkbahar mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	%Organik Madde
1	8,28	231	24,70	0,64	1,10
2	7,89	391	24,75	2,09	3,61
3	7,81	455	24,45	0,75	1,30
4	8,00	177,8	24,65	0,87	1,50
5	8,08	200,8	24,55	1,68	2,91
6	9,43	168,4	24,75	0,99	1,70
7	8,45	609	22,90	5,65	9,74

**Çizelge 4.5. Yaz mevsimine ait 200 mesh altı örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	%Organik Madde
1	8,54	188	24,7	0,93	1,60
2	8,41	293	24,8	1,57	2,71
3	8,27	452	24,7	0,46	0,80
4	8,39	168,2	24,7	0,52	0,90
5	8,37	200	24,5	1,57	2,71
6	9,17	161,1	24,75	0,99	1,70
7	8,59	614	24,75	5,30	9,13

**Çizelge 4.6. Sonbahar mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	%Organik Madde
1	7,77	625	24,8	3,37	5,82
2	7,57	441	24,7	3,61	6,22
3	7,64	277	24,9	1,04	1,80
4	7,68	236	24,9	1,92	3,31
5	7,74	245	24,7	0,52	0,90
6	7,72	246	24,8	3,02	5,22
7	7,79	184,2	24,85	1,28	2,20

**Çizelge 4.7. Kış mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	%Organik Madde
1	7,93	999	24,8	3,96	6,82
2	7,73	720	24,8	2,85	4,92
3	7,93	327	24,95	1,33	2,30
4	8,00	219,6	24,95	1,22	2,10
5	7,94	342	24,8	0,58	1,00
6	7,98	270	24,9	2,50	4,31
7	8,00	215,5	24,9	5,12	8,83

**Çizelge 4.8. İlkbahar mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	%Organik Madde
1	8,07	168,9	24,75	0,81	1,40
2	7,87	375	24	1,92	3,31
3	7,90	304	24,55	0,64	1,10
4	7,98	156,1	24,6	0,87	1,50
5	9,60	187,7	24,6	1,57	2,71
6	9,30	149,7	24,6	0,87	1,50
7	8,28	551	23	5,65	9,74

**Çizelge 4.9. Yaz mevsimine ait 200 mesh üstü örneklerin fiziko-kimyasal değerleri**

İstasyon No	pH	İletkenlik (µgS/cm)	% CaCO <sub>3</sub>	% Organik C	%Organik Madde
1	8,52	171,5	24,75	0,81	1,40
2	8,34	364	24,4	2,09	3,61
3	8,30	319	24,8	0,40	0,70
4	8,38	144,2	24,75	0,58	1,00
5	9,44	174,7	24,45	1,28	2,20
6	9,05	149,4	24,8	1,04	1,80
7	8,30	559	24,7	5,65	9,74

### 4.3. Ağır Metal Fraksiyonları

Muğla şehir merkezinde 7 farklı noktadan Sonbahar (Eylül 2016), Kış (Ocak 2016), İlkbahar (Nisan) ve Yaz (Ağustos 2017) mevsimlerinde toplanan toprak örnekleri fiziksel fraksiyonlara (farklı meshlere) ayrıldı. Fiziksel fraksiyonlara ayrılan, toprak örneklerindeki Cd, Pb, Cr metallerin kimyasal ardışık fraksiyon ve total metal konsantrasyonları tespit edildi. Çizelge 4.9 – 4.32’ de toprak örneklerindeki Pb, Cd ve Cr metallerinin ardışık kimyasal fraksiyonları, tümeyakın toplam miktarları (P), toplam metal konsantrasyonları ( $\Sigma$ : F1+F2+F3+F4) ve % geri kazanım değerleri verilmektedir.

**Çizelge 4.10. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd’ un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 ( $\mu\text{g/kg}$ )	F2 ( $\mu\text{g/kg}$ )	F3 ( $\mu\text{g/kg}$ )	F4 ( $\mu\text{g/kg}$ )	$\Sigma$ ( $\mu\text{g/kg}$ )	P ( $\mu\text{g/kg}$ )	%Geri Kazanım
1	2800	4950	3000	1467	12217	10203	119
2	2450	4500	3750	563	11263	8956	125
3	3500	2600	3700	410	10210	12750	81
4	3600	3050	2450	845	9945	8023	124
5	2700	2350	2300	563	7913	6985	113
6	3800	3750	2950	869	11369	13356	85
7	4100	2650	3650	831	11231	9562	117

P: Tümeyakın toplam

$\Sigma$ : F1+F2+F3+F4

**Çizelge 4.11. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/g)	F2 (µg/g)	F3 (µg/g)	F4 (µg/g)	Σ (µg/g)	P (µg/g)	%Geri Kazanım
1	3100	5000	2550	570	11220	9124	123
2	3150	4450	2550	402	10552	8674	122
3	3100	2200	2950	235	8485	6845	124
4	4400	4300	2800	966	12466	10325	120
5	3600	2800	2850	577	9827	8035	122
6	2850	3200	3450	1567	11067	9654	114
7	2850	3050	3900	1790	11590	13267	87
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.12. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 ((µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	1400	4450	3600	1459	10909	12478	87
2	1400	3350	3750	904	9404	11365	82
3	1550	3800	3850	537	9737	8368	116
4	2200	4050	3400	955	10605	12471	85
5	2350	3450	3850	1321	10971	8632	127
6	2350	4450	3850	449	11099	13054	85
7	2100	5300	4100	1077	12577	10253	123
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.13. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	800	3950	3150	904	8804	7325	120
2	1300	3350	3600	695	8945	7250	123
3	1050	3700	3450	1174	9374	11896	79
4	1050	4350	4350	1344	11093	9712	114
5	800	3900	4100	812	9612	7856	122
6	2700	4150	3450	1239	11539	13145	88
7	2750	4950	3450	1357	12507	10275	122
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.14. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	150	150	16	451	767	856	90
2	300	650	20	571	1541	1650	93
3	400	1000	20	398	1819	1525	119
4	1000	2250	19	643	3913	3150	124
5	50	2550	27	407	3034	2542	119
6	750	950	38	919	2657	2230	119
7	750	ALA	150	1346	2247	2874	78
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.15. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	4600	750	26	279	5656	4587	123
2	ALA	500	24	548	1073	1250	86
3	250	650	18	328	1247	1014	123
4	350	2000	17	379	2747	2014	136
5	650	1750	17	460	2878	2100	137
6	350	600	23	748	1722	1405	123
7	1500	550	174	1633	3857	4678	82
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.16. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	4250	1100	25	628	6004	4875	123
2	5600	900	25	509	7034	8145	86
3	5450	350	24	540	6365	5463	116
4	5200	1150	41	435	6827	5875	116
5	5600	1000	25	671	7297	6450	113
6	700	450	55	239	1444	1845	78
7	ALA	800	150	676	1626	1315	123
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					



**Çizelge 4.17. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cd' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	3950	1250	24	586	5810	5005	116
2	4450	600	28	685	5763	4985	115
3	5000	700	25	273	5999	5125	117
4	4800	1350	34	1367	7552	8375	90
5	5350	1200	15	348	6913	5800	119
6	ALA	650	51	794	1495	1845	81
7	100	550	160	1475	2285	1750	130
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.18. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	49	32	11382	ALA	11463	10253	111
2	31	51	7363	63372	70818	66540	106
3	141	100	4485	88242	92969	87505	106
4	18	52	4900	89750	94720	92541	102
5	25	220	4439	68412	73097	70545	103
6	41	258	2392	84367	87059	85645	101
7	18	35	6437	77857	84348	81500	103
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.19. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	68	66	9438	38102	47676	44650	106
2	39	541	4176	66695	71451	68574	104
3	21	281	4630	73730	78663	76850	102
4	49	103	4787	89077	94017	91875	102
5	42	73	3026	32727	35870	32650	109
6	24	67	2407	70692	73190	70950	103
7	9	59	4918	82002	86980	84250	103
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.20. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	52	30	12447	ALA	12530	10453	119
2	52	106	5154	ALA	5313	4565	116
3	47	132	4770	46157	51107	45650	112
4	7	64	7137	72117	79326	70985	111
5	5,5	53	3013	45052	48124	56675	84,9
6	17	83	2514	83382	85997	78500	109
7	30	14	4879	97565	102489	92850	110
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.21. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	29	101	8799	46067	54997	50125	109
2	68	34	1985	64227	66315	63450	104
3	12	53	4507	62450	67023	60842	110
4	19	40	5341	85837	91238	84550	107
5	48	48	2673	72612	75382	79950	94
6	22	30	1815	45970	47837	41650	114
7	26	42	4354	89412	93835	83250	112
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.22. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	90	36	1566	56147	57840	61750	93
2	88	49	1668	64115	65920	70850	93
3	89	10	771	36992	37863	42985	88
4	95	26	884	44360	45366	50658	89
5	100	33	1366	40280	41779	43775	95
6	88	1	3044	27537	30671	32850	93
7	17	45	598	85275	85935	92765	92
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.23. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	84	39	1104	32780	34008	36500	93
2	111	20	1179	55782	57093	61600	92
3	106	31	1265	47527	48930	53450	91
4	78	40	1314	33730	35162	38850	90
5	89	42	2812	60825	63769	67523	94
6	30	14	573	49975	50592	52850	95
7	19	38	7273	89815	97146	93650	103
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.24. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	21	30	7533	65920	73504	68520	107
2	30	18	1121	64207	65377	58845	111
3	19	17	1235	42875	44146	38150	115
4	12	25	1507	55715	57260	50850	112
5	29	50	3030	20505	23614	19850	119
6	17	2	710	47000	47729	45800	104
7	12	56	5484	96955	102508	97800	104
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.25. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Pb' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (µg/kg)	F2 (µg/kg)	F3 (µg/kg)	F4 (µg/kg)	Σ (µg/kg)	P (µg/kg)	% Geri Kazanım
1	30	33	1159	65965	67188	60580	110
2	19	20	1559	75217	76816	71500	107
3	13	27	422	29445	29908	32413	92
4	22	35	2015	68350	70423	67415	104
5	27	43	2280	22390	24741	26354	93
6	47	8,5	647	45225	45928	48050	95
7	16	35	6702	88545	95298	87475	108
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.26. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	31,3	31,3	39,7	78
2	ALA	ALA	ALA	19,3	19,3	17,4	110
3	ALA	ALA	ALA	20,3	20,3	24,36	83
4	ALA	ALA	ALA	31,6	31,6	36,75	86
5	ALA	ALA	ALA	15,3	15,3	12,5	122
6	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
7	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.27. Sonbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	38,4	38,4	33,25	115
2	ALA	ALA	ALA	10,2	10,2	7,85	129
3	ALA	ALA	ALA	11	11	13,15	83
4	ALA	ALA	ALA	40	40	36,5	109
5	ALA	ALA	ALA	16,5	16,5	15,45	106
6	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
7	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.28. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	0,5	0,5	0,36	138
2	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
3	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
4	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
5	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
6	ALA	ALA	ALA	21	21	25,25	83,2
7	ALA	ALA	ALA	23,5	23,5	26,75	87,9
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.29. Kış mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	30	30	26,5	113
2	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
3	ALA	ALA	ALA	6,2	6,2	8,5	72
4	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
5	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
6	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA
7	ALA	ALA	ALA	28,1	28,1	33,62	83
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.30. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	11,9	11,9	9,8	121
2	ALA	ALA	ALA	19,3	19,3	15,24	126
3	ALA	ALA	ALA	7,5	7,5	10,25	73
4	ALA	ALA	ALA	10,1	10,1	14,87	67
5	ALA	ALA	ALA	9,5	9,5	7,3	130
6	ALA	ALA	ALA	16,3	16,3	21,45	76
7	ALA	ALA	ALA	27,4	27,4	34,35	79
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.31. İlkbahar mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	2	2	2,4	83
2	ALA	ALA	ALA	5,5	5,5	6,8	80
3	ALA	ALA	ALA	5	5	3,9	128
4	ALA	ALA	ALA	4,7	4,7	5,9	79
5	ALA	ALA	ALA	3,5	3,5	4,1	85
6	ALA	ALA	ALA	11,4	11,4	13,25	86
7	ALA	ALA	ALA	25,5	25,5	27,32	93
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**Çizelge 4.32. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh altı toprak örneklerinde Cr' un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	13	13	15,87	81
2	ALA	ALA	ALA	19,5	19,5	23,56	82
3	ALA	ALA	ALA	10,8	10,8	12,75	84
4	ALA	ALA	ALA	13,9	13,9	10,25	135
5	ALA	ALA	ALA	11	11	8,25	133
6	ALA	ALA	ALA	9,6	9,6	11,35	84
7	ALA	ALA	ALA	26,3	26,3	22,15	118
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					



**Çizelge 4.33. Yaz mevsiminde farklı noktalardan alınan 200 mesh üstü toprak örneklerinde Cr'un farklı fraksiyonlardaki miktarları, fraksiyonların toplam miktarları, tümeyakın toplam miktarı ve % Geri Kazanım değeri**

İstasyon No	F1 (mg/kg)	F2 (mg/kg)	F3 (mg/kg)	F4 (mg/kg)	Σ (mg/kg)	P (mg/kg)	% Geri Kazanım
1	ALA	ALA	ALA	2	2	2,45	81
2	ALA	ALA	ALA	16,9	16,9	21,05	80
3	ALA	ALA	ALA	10,9	10,9	13,45	81
4	ALA	ALA	ALA	11,7	11,7	13,45	87
5	ALA	ALA	ALA	11,9	11,9	9,45	125
6	ALA	ALA	ALA	1,8	1,8	1,5	120
7	ALA	ALA	ALA	21,2	21,2	25,4	83
P: Tümeyakın toplam		Σ: F1+F2+F3+F4					

**%Geri kazanım** =  $(\Sigma/P) \times 100$  formülünden hesaplanır. Geri kazanım değerinin %80 ile %110 arasında değişmesi sonucunda yapılan çalışma başarılı kabul edilir. Bu çalışmada % geri kazanım değerleri bazı sonuçlarda bu aralık dışında kalmış olsa da genel itibari ile aralık içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. Fizikokimyasal Parametrelerin Değerlendirilmesi

Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre toprak örneklerinin pH değerleri 7,57 – 9,60 arasında değişiyor. Yaz mevsiminde pH arttığı, sonbahar mevsiminde ise pH azaldığı saptanmıştır. pH azalması, topraklarda endüstriyel prosesler yoğun topraktaki humik asit arttığından organik maddelerin aerobik bozunmasından kaynaklanmaktadır. Diğer yandan pH artması, nitratlı gübre kullanımı ve denitrifikasyon sebebidir. Toptaktaki iletkenlik faktörü tuzluluk değeri olarak değerlendirilebilir. Tuzluluk ya da iletkenlik değerlerinin artması ağır metallerin

toprak içindeki dağılımlarını kolaylaştırır. Çalışmada iletkenlik ölçüm sonuçları 144,2 – 1089 mS/cm arasında değiştiği tespit edildi. %CaCO<sub>3</sub> ise 22,9 ile 24,95 değerleri arasında değişmektedir. Ölçüm sonuçlarında toprak örneklerindeki % Organik C' un 0,17 ile 5,65 arasında değiştiği, % Organik maddenin ise 0,30 ile 9,74 arasında değiştiği tespit edildi. Topraktaki organik maddeye bağlı metal fraksiyonların bulunması % Organik madde ve % Organik C gibi önemli parametrelere bağlı olabilmektedir.

## **5.2. Ağır Metal Fraksiyonlarının Değerlendirilmesi**

Ağır metallerin çevre üzerinde gösterdikleri etkileri değerlendirmede metal fraksiyonlarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Metallerin potansiyel riskleri ve mobilitesinin belirlenmesine katkı sağlar. Çalışmada toprak örnekleri iki ayrı tanecik boyutuna ayrıldı (200 mesh altı ve üstü). BCR ardışık kimyasal ekstraksiyon yöntemi kullanılarak Cd, Cr ve Pb metallerinin kimyasal fraksiyonlarının istasyonlar arası yüzde dağılımları belirlenmiştir. Bu 3 metal için de ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır. Cd, Cr ve Pb metallerinin istasyonlar arası yüzde dağılımları detaylı çalışılmıştır.

## **5.3. Ağır Metal Fraksiyonlarının Yüzde Dağılımı**

### **5.3.1. Kadmiyum (Cd)**

Toprak örneklerindeki ölçülen Cd metalinin kimyasal fraksiyonlarının toplam içerisindeki yüzde dağılımları çizelge 5.1–5.8' de verilmiştir. Ağır metal olan Cd, çeşitli kullanım alanları ve kirliliği ile bilinen oldukça toksik bir metaldir (Okcu ve ark. 2009). Kadmiyum doğada daha çok kadmiyumsülfür (CdS) halinde bulunur. Antropojenik (insan kaynaklı) aktivitelerden kaynaklanır. Sonbahar mevsimi içerisinde Cd'nin 200 mesh altı örneklerde kalıntı fraksiyondaki istasyonlar arası yüzde değişimi %4,01- %12,01 ve 200 mesh üstü örneklerde %2,76- %15,44 arasında değişmektedir. Sırasıyla kış ilkbahar ve yaz mevsimlerindeki değişimlerde; kış 200 mesh altı örneklerde %4,04- %13,37 arasında, 200 mesh üstü örneklerde ise %7,77- %12,52

arasında değişmektedir. İlkbahar mevsimi 200 mesh altı örneklerde %13,41 - %59,92 arasında, 200 mesh üstü örneklerde %4,94 - %51,13 arasında değişmektedir. Son olarak yaz mevsimi 200 mesh altı örneklerde %6,38 - %41,57 arasında, 200 mesh üstü örneklerde ise %4,55 - %64,54 arasında değişiklik gösterir.

**Çizelge 5.1. Sonbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	22,91	40,51	24,55	12,01
2	21,75	39,95	33,29	5,00
3	34,27	25,46	36,23	4,01
4	36,19	30,66	24,63	8,50
5	34,11	29,69	29,06	7,12
6	33,42	32,98	25,94	7,64
7	36,50	23,59	32,49	7,40

**Çizelge 5.2. Sonbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	27,62	44,56	22,72	5,08
2	29,85	42,17	24,16	3,81
3	36,53	25,92	34,76	2,76
4	35,29	34,49	22,46	7,75
5	36,63	28,49	29,01	5,87
6	25,75	28,91	31,17	14,15
7	24,59	26,31	33,65	15,44

Sonbahar mevsiminde analizi yapılan toprak örneklerinde 200 mesh altı ve 200 mesh üstü Cd değerlerinde % oransal olarak bir fark gözlenmemiştir

**Çizelge 5.3. Kış mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	12,83	40,79	32,99	13,37
2	14,88	35,62	39,87	9,615
3	15,91	39,02	39,53	5,522
4	20,74	38,18	32,05	9,009
5	21,42	31,44	35,09	12,04
6	21,17	40,09	34,68	4,049
7	16,69	42,14	32,59	8,565

**Çizelge 5.4. Kış mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	9,08	44,86	35,77	10,27
2	14,53	37,44	40,24	7,77
3	11,20	39,47	36,80	12,52
4	9,46	39,21	39,21	12,11
5	8,32	40,57	42,65	8,45
6	23,39	35,96	29,89	10,73
7	21,98	39,57	27,58	10,84

Kış mevsiminde analiz yapılan toprak örneklerinde 200 mesh alı ve üstündeki Cd değerlerinde belli bir fark gözlenmemiştir.

**Çizelge 5.5. İlkbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	19,54	19,54	2,19	58,71
2	19,46	42,16	1,34	37,02
3	21,99	54,97	1,13	21,89
4	25,55	57,50	0,50	16,43
5	1,648	84,04	0,88	13,41
6	28,22	35,75	1,43	34,58
7	33,37	-	6,71	59,92

**Çizelge 5.6. İlkbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	81,32	13,26	0,47	4,94
2	-	46,59	2,27	51,13
3	20,04	52,10	1,49	26,35
4	12,74	72,80	0,63	13,82
5	22,58	60,80	0,61	16,00
6	20,32	34,84	1,38	43,45
7	38,88	14,25	4,52	42,34

İlkbahar mevsiminde alınan toprak örneklerinde hem 200 mesh altı ve üstünde hem de fraksiyonlar arasında Cd değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir. Diğer dönemlerden (Sonbahar, Kış) farklı değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 5.7. Yaz mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	70,78	18,32	0,42	10,4
2	79,60	12,79	0,36	7,24
3	85,62	5,49	0,38	8,49
4	76,16	16,84	0,61	6,38
5	76,74	13,70	0,35	9,19
6	48,44	31,14	3,81	16,59
7	-	49,2	9,22	41,57

**Çizelge 5.8. Yaz mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cd fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	67,98	21,51	0,41	10,08
2	77,21	10,41	0,48	11,88
3	83,34	11,66	0,42	4,55
4	63,55	17,87	0,45	18,10
5	77,38	17,35	0,22	5,03
6	-	43,45	3,43	53,10
7	4,37	24,06	7,02	64,54

Muğla şehir merkezinde 7 farklı noktadan Yaz (Ağustos 2017) mevsiminde alınan 200 mesh altı ve üstündeki topraklarda Cd değerlerinde farklılıklar gözlenmedi. Bu örneklerin hem İlkbahar (Nisan 2017) hem de Yaz (Ağustos 2017) mevsiminde %F1 oranı diğer dönemlere göre artmıştır.

Elde edilen değerler; İlkbahar (Nisan 2017) ve Yaz (Ağustos 2017) mevsimlerinde havanın ısınması ve kuru rüzgârların artması ile analizi yapılan toprak örneklerinin alındığı bölgelere Cd taşınabileceğini içermektedir

### 5.3.2. Kurşun (Pb)

Toprak örneklerindeki ölçülen Pb metalinin kimyasal fraksiyonlarının toplam içerisindeki yüzde dağılımları çizelge 5.9–5.16’ da verilmiştir. Kurşun doğada az miktarda bulunur ama her yerde kolayca bulunabilen mavimsi-gümüş grisi renginde bir ağır metaldir (Örün 2011). Sonbahar mevsimi içerisinde Pb’ nin 200 mesh altı örneklerde kalıntı fraksiyondaki istasyonlar arası yüzde değişimi %0 - %96,90 ve 200 mesh üstü örneklerde %79,92 - %91,23 arasında değişmektedir. İlkbahar mevsiminde 200 mesh altı örneklerde %96,41 - %99,23 arasında ve 200 mesh üstü örneklerde %92,45 - %98,77 arasında değişmektedir. Kış mevsiminde 200 mesh altı örneklerde %0 - %96,96 arasında, 200 mesh üstü örneklerde ise %83,76 - %96,85 arasında değişmektedir. Yaz mevsiminde 200 mesh altı örneklerde %86,83 - %98,47 arasında, 200 mesh üstü örneklerde ise %90,49 - %98,46 arasında değişmektedir.

**Çizelge 5.9. Sonbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,43	0,27	99,28	-
2	0,04	0,07	10,39	89,48
3	0,15	0,10	4,82	94,91
4	0,02	0,05	5,17	94,75
5	0,03	0,30	6,07	93,59
6	0,05	0,29	2,74	96,90
7	0,02	0,04	7,63	92,30

**Çizelge 5.10. Sonbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,14	0,13	19,79	79,92
2	0,05	0,75	5,84	93,34
3	0,03	0,35	5,88	93,72
4	0,05	0,10	5,09	94,74
5	0,12	0,20	8,43	91,23
6	0,03	0,09	3,28	96,58
7	0,01	0,05	5,65	94,27

**Çizelge 5.11. Kış mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,41	0,24	99,34	-
2	0,98	1,99	97,01	-
3	0,09	0,26	9,33	90,31
4	0,01	0,08	8,99	90,91
5	0,01	0,11	6,26	93,61
6	0,02	0,09	2,92	96,96
7	0,03	0,01	4,76	95,19

**Çizelge 5.12. Kış mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,05	0,18	16	83,76
2	0,10	0,05	2,99	96,85
3	0,02	0,08	6,72	93,17
4	0,02	0,04	5,85	94,08
5	0,06	0,06	3,54	96,32
6	0,05	0,06	3,79	96,09
7	0,03	0,05	4,64	95,28

**Çizelge 5.13. İlkbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,15	0,06	2,70	97,07
2	0,13	0,07	2,53	97,26
3	0,23	0,02	2,04	97,70
4	0,21	0,05	1,95	97,78
5	0,24	0,08	3,27	96,41
6	0,29	0,01	9,93	89,78
7	0,02	0,05	0,69	99,23

**Çizelge 5.14. İlkbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,25	0,11	3,25	96,38
2	0,19	0,04	2,07	97,70
3	0,22	0,06	2,59	97,13
4	0,22	0,11	3,74	95,92
5	0,14	0,07	4,41	95,38
6	0,06	0,03	1,13	98,77
7	0,02	0,04	7,48	92,45

**Çizelge 5.15. Yaz mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,03	0,04	10,24	89,68
2	0,05	0,02	1,71	98,21
3	0,04	0,03	2,79	97,12
4	0,02	0,04	2,63	97,30
5	0,12	0,21	12,83	86,83
6	0,04	0,01	1,48	98,47
7	0,01	0,05	5,35	94,58



**Çizelge 5.16. Yaz mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Pb fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0,05	0,05	1,72	98,18
2	0,02	0,03	2,03	97,91
3	0,04	0,09	1,41	98,45
4	0,03	0,05	2,86	97,05
5	0,11	0,17	9,21	90,49
6	0,10	0,02	1,41	98,46
7	0,02	0,04	7,03	92,91

Muğla şehir merkezinde 7 farklı noktadan alınan toprak örneklerinde Pb değerlerinde tüm dönemlerde 200 mesh altı ve üstünde % oransal olarak farklılık gözlenmemiştir.

### 5.3.3. Krom (Cr<sup>6+</sup>)

Toprak örneklerinde ölçülen Cr metalinin kimyasal fraksiyonlarının toplam içerisindeki yüzde dağılımları çizelge 5.17–5.24’ te verilmiştir. Krom vücutta insülin sağlayarak su, protein ve karbonhidrat metabolizmasını etkiler. Krom doğada her yerde bulunur (Kahvecioğlu, 2016). Sonbahar, Kış, İlkbahar ve Yaz mevsimleri içerisinde Cr’ un 200 mesh altı ve üstü örneklerde kalıntı fraksiyondaki istasyonlar arası yüzde değişimi hesaplandığında genel olarak sonuçların diğer fraksiyonlara kıyasla fraksiyonlar arası yüzde dağılımı %100 olarak elde edilememiştir.

**Çizelge 5.17. Sonbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

**Çizelge 5.18. Sonbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

**Çizelge 5.19. Kış mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

**Çizelge 5.20. Kış mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

**Çizelge 5.21. İlkbahar mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

**Çizelge 5.22. İlkbahar mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

**Çizelge 5.23. Yaz mevsiminde 200 mesh altındaki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

**Çizelge 5.24. Yaz mevsiminde 200 mesh üstündeki topraklarda Cr fraksiyonlarının istasyonlar arasındaki yüzde dağılımı**

İstasyon No	%F1	%F2	%F3	%F4
1	0	0	0	100
2	0	0	0	100
3	0	0	0	100
4	0	0	0	100
5	0	0	0	100
6	0	0	0	100
7	0	0	0	100

Cr değerleri tüm bölgelerde yapılan tüm ölçümlerde sadece F4 fraksiyonunda bulundu. Bu durum Muğla şehir merkezindeki toprak yapısındaki Cr sadece jeolojik kaynaklı olduğunu göstermektedir. Ancak Cr topraktan su fazına geçme özelliğine sahip olduğundan toprakta bulunan Cr' un sulu ortama geçerek bölgenin doğal su kaynaklarını kirletebileceğinin gözden kaçırılmaması gereken bir durumdur.

#### **5.4. Risk Değerlendirme Kodu (Risk Assessment Code, RAC)**

Risk Assessment Code (RAC), değişebilir fraksiyona (F1) dayanır ve beş seviyededir. RCA' ya göre risk düzeyleri çizelge 5.25' te verilmiştir (Jain, 2004).

**Çizelge 5.25. RCA' ya göre risk düzeyleri**

Değişebilir Fraksiyon Miktarı (%F1)	Risk Derecesi
≤1	Risk Yok
1–10	Düşük Risk
10–30	Orta Derecede Risk
30–50	Yüksek Derecede Risk
>50	Aşırı Derecede Yüksek Risk

Her mevsim için Pb, Cd ve Cr metallerinin risk değerlendirmesi yapılmıştır. RCA risk değerlendirme düzeylerine göre toprak örneklerinde Pb metali için tüm mevsimlerde

200 mesh altı ve üstü değerlerde tüm noktalarda  $\%F1 \leq 1$  olduğundan risk yoktur. Cr metali için tüm mevsimlerde F1 analiz limitinin altında olduğu için risk yoktur. Cd metali için ise sonbaharda 200 mesh altı değerlerde 1 ve 2 nolu noktalarda orta derecede risk, 3, 4, 5, 6 ve 7 nolu noktalarda yüksek derecede risk oluşturduğu, 200 mesh üstü değerlerde ise 1, 2, 6 ve 7 nolu noktalarda orta derecede risk, 3, 4 ve 5 nolu noktalarda ise yüksek derecede risk oluşturduğu tespit edildi. Kış mevsiminde 200 mesh altı değerlerde tüm noktalarda orta derecede risk, 200 mesh üstü değerlerde ise 1, 4 ve 5 nolu noktalarda düşük risk, 2 ve 3 nolu noktalarda orta derecede risk, 6 ve 7 nolu noktalarda yüksek derecede risk oluşturduğu tespit edildi. İlkbaharda 200 mesh altı değerlerde 1, 2, 3, 4 ve 6 nolu noktalarda orta derecede risk, 5 nolu noktada düşük risk ve 7 nolu noktada yüksek derecede risk oluşturduğu, 200 mesh üstü değerlerde ise 1 nolu noktada aşırı derecede yüksek risk, 2 nolu noktada risk yok, 3, 4, 5 ve 6 nolu noktalarda orta derecede risk, 7 nolu noktada ise yüksek derecede risk oluşturduğu tespit edildi. Yaz mevsiminde 200 mesh altı değerlerde 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu noktalarda aşırı derecede yüksek risk, 6 nolu noktada yüksek derecede risk, 7 nolu noktada risk oluşturmadığı, 200 mesh üstü değerlerde ise 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu noktalarda aşırı derecede yüksek risk, 6 nolu noktada risk yok, 7 nolu noktada ise düşük risk oluşturduğu tespit edildi. Her mevsim için 200 mesh altı ve üstü  $\%F1$  değerlerinin toplam  $\%$  olarak incelenmesi sonucu, sonbaharda Pb metalinin 200 mesh altı ve üstü tüm noktaların  $\%$ toplam değeri  $<1$  olduğundan risk oluşturmadığı tespit edilmiştir. Kış mevsiminde Pb metali için 200 mesh altı örneklerin  $\%F1$  toplamları 1-30 aralığında olduğundan risk var, 200 mesh üstü örneklerde ise  $\%$ toplam  $<1$  olduğundan risk olmadığı tespit edildi. İlkbahar mevsiminde Pb metali için 200 mesh altı ve üstü noktaların ayrı ayrı  $\%F1$  toplam değerlerine bakıldığında 1-30 aralığında olduğu görülmektedir ve risk olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ise Pb metali için 200 mesh altı ve üstü noktalarda  $\%F1$  toplam değerlerinin  $<1$  olduğu görülmektedir ve risk oluşturmadığı tespit edildi. Cd metali için  $\%F1$  toplam değerleri için 200 mesh üstü ve altı noktalar incelendiğinde tüm mevsimler için toplam değer  $>50$  olduğu görülmektedir ve aşırı derecede yüksek risk oluşturduğu tespit edildi. Cr metali analiz limitinin altında (ALA) kaldığı için risk oluşturmadığı tespit edilmiştir. Kurşun için risk analizi yapıldığında genel anlamda tüm mevsim ve bölgelerde bir risk oluşturmadığı tespit edildi. Krom için risk analizi yapıldığında analiz limitinin altında (ALA) kaldığı için tüm mevsim ve bölgeler için risk oluşturmadığı tespit edildi.

Kadmiyum risk analizi yapıldığında tüm mevsim ve bölgeler için genel anlamda risk oluşturduğu tespit edildi. Risk değerlendirme değerleri ölçülen değerlerin yüzde ifadeleri ile paralellik göstermektedir.

## 5.5. İstatistiki Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Veri gruplarındaki veri sayısının az olmasından ( $n < 7$ ) dolayı Pb ve Cd konsantrasyonları arasında istatistiksel anlamda farklılığın var olup olmadığı Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney testi ile % 95 güven seviyesinde belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen veriler arasında ilişki korelasyon testi ile ortaya konmuştur. Çalışmalar IBM SPSS 22 programı ile yapılmıştır.

### 5.5.1. Pb ve Cd konsantrasyonlarında zamansal değişimlerin incelenmesi

#### 5.5.1.1. Cd 200 mesh altı F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Test Statistics <sup>a,b</sup>	
	CdF1-A
Chi-Square	14,551
df	3
Asymp. Sig.	,002

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup1

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,002$  dir.  $p < 0,05$  olduğundan 200 mesh altı toprak örneklerindeki F1 fraksiyonun Cd konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olduğu tespit edildi.

5.5.1.2. Cd 200 mesh üstü F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Test Statistics <sup>a,b</sup>	
	CdF1-U
Chi-Square	8,591
df	3
Asymp. Sig.	,035

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup2

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,035$  dir.  $p<0,05$  olduğundan 200 mesh üstü toprak örneklerindeki F1 fraksiyonun Cd konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olduğu tespit edildi. RCA risk değerlendirmede kullanılan F1 fraksiyonunun Cd değerlerinin mevsimsel farklılık göstermesi ve anlamlı olarak tespit edilmesi, bölgeye çeşitli yollarla Cd taşınabileceğini ya da çevresel faktörlerle topraktaki pH değişimleri sonucu topraktaki Cd metalinin değişebilir formunun hareketli bir yapıda olduğunu gösterebilir

5.5.1.3. Pb 200 mesh altı F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Test Statistics <sup>a,b</sup>	
	PbF1-A
Chi-Square	16,763
df	3
Asymp. Sig.	,001

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup1

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,00$  dir.  $p<0,05$  olduğundan 200 mesh altı toprak örneklerindeki F1 fraksiyonun Pb konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olduğu tespit edildi.

5.5.1.4. Pb 200 mesh üstü F1 konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Test Statistics <sup>a,b</sup>	
	PbF1-U
Chi-Square	3,013
df	3
Asymp. Sig.	,390

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup2

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,39$  dir.  $p>0,05$  olduğundan 200 mesh üstü toprak örneklerindeki F1 fraksiyonun Pb konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olmadığı tespit edildi. Topraktaki Pb metalinin F1 konsantrasyonlarının mevsimsel bir farklılığın olmaması çevresel faktörlerin topraktaki Pb konsantrasyonlarına etkisi olmadığını gösterebilir.

5.5.1.5. Cd 200 mesh altı toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Test Statistics <sup>a,b</sup>	
	CdT-A
Chi-Square	21,097
df	3
Asymp. Sig.	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup1

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,00$  dir.  $p<0,05$  olduğundan 200 mesh altı toprak örneklerindeki toplam Cd konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olduğu tespit edildi.



5.5.1.6. Cd 200 mesh üstü toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Test Statistics <sup>a,b</sup>	
	CdT-U
Chi-Square	21,300
df	3
Asymp. Sig.	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup2

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,00$  dir.  $p<0,05$  olduğundan 200 mesh üstü toprak örneklerindeki toplam Cd konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olduğu tespit edildi. Bu durum bölgedeki çevresel faktörlerin toprak yapısındaki Cd mobilitesine etki ettiğini göstermektedir.

5.5.1.7. Pb 200 mesh altı toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

Test Statistics <sup>a,b</sup>	
	PbT-A
Chi-Square	3,249
df	3
Asymp. Sig.	,355

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup1

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,36$  dir.  $p>0,05$  olduğundan 200 mesh altı toprak örneklerindeki toplam Pb konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olmadığı tespit edildi.

#### 5.5.1.8. Pb 200 mesh üstü toplam konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi

	PbT-U
Chi-Square	2,578
df	3
Asymp. Sig.	,461

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grup2

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,46$  dir.  $p>0,05$  olduğundan 200 mesh üstü toprak örneklerindeki toplam Pb konsantrasyonları arasındaki mevsimsel farklılığın anlamlı olmadığı tespit edildi. Bu sonuçlar çevresel faktörlerin topraktaki Pb konsantrasyonuna etki etmediğini göstermektedir.

#### 5.5.2. Farklı partikül boyutundaki örneklerde Pb ve Cd konsantrasyonlarının değişimlerinin incelenmesi

Farklı partikül boyutundaki toprak örneklerinde Pb ve Cd konsantrasyonlarının arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olup olmadığı Mann-Whitney testi ile belirlenmiştir.

##### 5.5.2.1. Cd F1 konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi

	CdF1-A-U
Mann-Whitney U	391,000
Wilcoxon W	797,000
Z	-,016
Asymp. Sig. (2-tailed)	,987

a. Grouping Variable: Grup

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,98$  dir.  $p>0,05$  olduğundan 200 mesh altı ve üstü toprak örneklerindeki F1 fraksiyonun Cd konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi.

### 5.5.2.2. Cd Toplam konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi

Test Statistics <sup>a</sup>	
	CdT-A-U
Mann-Whitney U	388,000
Wilcoxon W	794,000
Z	-,066
Asymp. Sig. (2-tailed)	,948

**a. Grouping Variable: Grup**

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,95$  dir.  $p>0,05$  olduğundan 200 mesh altı ve üstü toprak örneklerindeki toplam Cd konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi. Elde edilen değerler toprağın tanecik boyutunun Cd metalinin dağılımına etki etmediğini göstermektedir.

### 5.5.2.3. Pb F1 konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi

Test Statistics <sup>a</sup>	
	PbF1-A-U
Mann-Whitney U	338,500
Wilcoxon W	744,500
Z	-,877
Asymp. Sig. (2-tailed)	,381

**a. Grouping Variable: Grup**

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,38$  dir.  $p>0,05$  olduğundan 200 mesh altı ve üstü toprak örneklerindeki F1 fraksiyonunun Pb konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi.

#### 5.5.2.4. Pb toplam konsantrasyonlarının partikül boyutuna göre değişimi

Test Statistics <sup>a</sup>	
	PbT-A-U
Mann-Whitney U	368,000
Wilcoxon W	774,000
Z	-,393
Asymp. Sig. (2-tailed)	,694

a. Grouping Variable: Grup

Yapılan test sonucunda elde edilen  $p=0,69$  dir.  $p>0,05$  olduğundan 200 mesh altı ve üstü toprak örneklerindeki toplam Pb konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi. Cd metalinde olduğu gibi toprağın tanecik boyutu Pb metalinin topraktaki dağılımına etki etmediği görülmektedir.

#### 5.5.3. Korelasyon testleri

- Elde edilen veri grupları arasındaki ilişki Pearson Korelasyon testi yapılarak belirlendi. Sonuç aşağıda verilen sonuç tablosuna göre;
- 200 mesh altı F1 fraksiyonun Cd konsantrasyonları ile 200 mesh altı toplam Cd konsantrasyonları arasında % 99 güven seviyesinde  $r=0,49$  düzeyinde pozitif korelasyon olduğu tespit edildi.
- 200 mesh altı F1 fraksiyonun Cd konsantrasyonları ile 200 mesh üstü F1 fraksiyonun Cd konsantrasyonları arasında % 99 güven seviyesinde  $r=0,81$  düzeyinde pozitif korelasyon olduğu tespit edildi.
- 200 mesh altı toplam Cd konsantrasyonları ile 200 mesh üstü toplam Cd konsantrasyonları arasında % 99 güven seviyesinde  $r=0,40$  düzeyinde pozitif korelasyon olduğu tespit edildi.
- 200 mesh altı toplam Pb konsantrasyonları ile 200 mesh üstü toplam Pb konsantrasyonları arasında % 99 güven seviyesinde  $r=0,62$  düzeyinde pozitif korelasyon olduğu tespit edildi.

Çizelge 5.26. Korelasyon testi

	CdF1-A	PbF1-A	CdT-A	PbT-A	CdF1-U	PbF1-U	CdT-U	PbT-U
CdF1-A	1	,183	,494**	,096	,805**	-,275	,010	-,009
Pearson Correlation		,350	,008	,628	,000	,157	,958	,963
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28
PbF1-A	,183	1	,323	,206	,187	,053	-,020	,102
Pearson Correlation	,350		,094	,293	,341	,787	,919	,604
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28
CdT-A	,494**	,323	1	,101	,315	-,211	,399*	,281
Pearson Correlation	,008	,094		,609	,102	,281	,035	,148
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28
PbT-A	,096	,206	,101	1	,155	-,312	-,259	,619**
Pearson Correlation	,628	,293	,609		,432	,106	,183	,000
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28
CdF1-U	,805**	,187	,315	,155	1	,091	-,051	-,141
Pearson Correlation	,000	,341	,102	,432		,647	,798	,476
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28
PbF1-U	-,275	,053	-,211	-,312	,091	1	-,172	-,229
Pearson Correlation	,157	,787	,281	,106	,647		,380	,241
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28
CdT-U	,010	-,020	,399*	-,259	-,051	-,172	1	-,002
Pearson Correlation	,958	,919	,035	,183	,798	,380		,993
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28
PbT-U	-,009	,102	,281	,619**	-,141	-,229	-,002	1
Pearson Correlation	,963	,604	,148	,000	,476	,241	,993	
Sig. (2-tailed)								
N	28	28	28	28	28	28	28	28

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## 5.6. Metal Ölçüm Sonuçlarının Diğer Çalışmalar İle Kıyaslanması

Farklı bölgelerden elde edilen Cd, Pb ve Cr metal değerleri çizelge 5.27’ de kıyaslanmıştır.

Çizelge 5.27. Farklı bölgelere göre yapılan çalışmaların metal değer kıyaslaması

BÖLGE	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	LİTERATÜR
EDİRNE	1,405	0,1766	24,78	KOCABAŞ (2008)
BALIKESİR	-	2,30	0,002	ŞEN (2010)
TEKİRDAĞ	3,02	7,08	2,24	SÜMER VE ARK. (2013)
MUĞLA	0,495	2,8	ALA	BU ÇALIŞMA

Yapılan bu çalışma, bazı çalışmalar ile karşılaştırıldığında bölgesel farklılığın olduğu görülmektedir. Bu durum topraktaki metal içeriği, çevresel faktörlerin ve toprağın jeolojik yapısından kaynaklandığını açıkça göstermektedir.

## 5.7. Sonuç

Bu çalışmada, Muğla Şehir Merkezinden toplanan toprak örneklerini, tanecik boyutuna göre (200 mesh üstü ve altı) ayırarak, tüm toprak örneklerinde bulunan Pb, Cd ve Cr ağır metallerinin fiziko-kimyasal parametreleri, ağır metal kimyasal fraksiyonları ve bu ağır metallerin topraktaki yüzde dağılımları tespit edildi. Tespit edilen bu değerler arasında bir farklılığın olup olmadığı Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney testiyle ve aralarındaki ilişki ise Person korelasyon testi yapılarak istatistiksel olarak analiz edildi ve RAC risk değerlendirmesine göre risk dereceleri tespit edildi. Muğla Şehir Merkezi topraklarında fiziko-kimyasal değerleri olarak; İletkenlik, pH,

%Organik madde, %Organik C ve %CaCO<sub>3</sub> parametleri ölçüldü. Elde edilen ölçüm ve analiz sonuçlarına göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Yapılan bu çalışma, literatür verileriyle karşılaştırıldığında toprak örneklerindeki Cd, Pb ve Cr değerlerinin bölgesel farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumun topraktaki metal içeriği, çevresel faktörlerin ve toprağın jeolojik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.
2. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda topraktaki metal içeriğinin tanecik boyutu ile çok büyük değişimlerin olmadığı ve her bir metalin 200 mesh üstü ve altı taneciklerindeki konsantrasyonları arasında pozitif korelasyonlar görüldü.
3. Muğla Şehir merkezi topraklarındaki kadmiyum metal içeriğinde RAC göre tüm mevsim ve tüm ölçüm noktaları için genel anlamda risk oluşturduğu tespit edildi. Diğer iki metal için risk oluşturmadığı görülmüştür. Risk değerlendirme değerleri ölçülen değerlerin yüzde ifadeleri ile paralellik göstermektedir.
4. Muğla Şehir merkezi topraklarındaki Krom (Cr<sup>+6</sup>) değerleri tüm bölgelerde yapılan tüm ölçümlerde sadece kalıntı fraksiyonda (F4) tespit edildi.
5. Muğla Şehir Merkezinde 7 farklı noktadan alınan toprak örneklerinde Sonbahar, Kış ve Yaz mevsimlerinde tanecik boyutlarına göre yapılan analizde (200 mesh altı-üstü) Cd değerlerinde farklılıklar gözlenmedi. İlkbahar mevsiminde ise tanecik boyutlarına göre analiz yapıldığında (200 mesh altı-üstü) Cd metal değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir. Fraksiyonlar arası Cd metal değerleri hem İlkbahar mevsiminde hem de Yaz mevsiminde %F1 oranı diğer dönemlere göre artmıştır. İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde elde edilen Cd metali sonuçları havanın ısınması ve kuru rüzgârların artması ile çalışma bölgelerimize Cd metali taşınabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdu, N., Abdullahi, A.A. Ve Abdulkadir A. (2017) *Heavy Metals And Soil Microbes. Environmental Chemistry Letters*, 15, 65-84s.
- Açar ve Ark., (2013) *Metot Validasyonu ve Ölçüm Belirsizliği Hesaplanması*, TC. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Ulusal Gıda Referans Laboratuvarı, Nisan 2013.7s.
- Ağcasulu, Ö. (2007) *Sakarya Nehri Çeltikçe Çayında Yaşayan Caopeta Tinca (Heckel, 1843) 'Nın Dokularında Ağır Metal Birikinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 43s.
- Akdemir, F. (2014) *Xrf Ve Icp-Oes Teknikleri İle Van Gölü'nün Su Ve Sedimentinin Eser Element Analizi*. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 125 S., 10s.
- APHA, (2012) *American Public Healt Association Standart Methods For The Examination Of Water And Wastewater*. 20th Edn., Apha,Awwa, Wef 3500- Cr B.Apha,Awwa, Wef 3500- Cr B.
- Asrari, E. (2014) *Heavy Metal Contamination Of Water And Soil: Analysis, Assessment, And Remediation Strategies*. Crc Press, Usa.
- Aydın, A. (2010) *Bazı Metallerin Tayinleri Öncesi Birlikte Çöktürme İle Zenginleştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kimya Bölümü, Kayseri.
- Bech, J., Tume, P., Longan, L., Reverter, F., Bech, J., Tume, L., Tempio, M., (2008), "Concentration of Cd, Cu, Pb, Zn, Al, and Fe in soils of Manresa, NE Spain", *Environmental Monitoring and Assessment*, 145, 257-266.
- Büyükyıldız, (2013) *İstanbul Anadolu Yakasında Belirlenen Parklarda Toprak Kalitesi Ve Ağır Metal Kirliliğinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Caselles, J., Colliga, C. And Zornoza, P., (2002) "Evaluation Of Trace Element Pollution From Vehicle Emissions İn Petunia Plants", *Water, Air, And Soil Pollution*, 136, Pp:1-9s.
- Chen T.B., Zheng Y. M. And Lei M., (2005) "Assessment Of Heavy Metal Pollution İn Surface Soils Of Urban Parks İn Beijing, China". *Chemosphere*. (60) P:542-551s.
- Cresser, M. S., (1994) *Flame Spectrometry İn Enviromental Chemical Analysis*, Cambridge.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2011) *Muğla İli 2011 Yılı Çevre Durum Raporu*. Muğla.
- Çiftçi, T. D. (2017) *Topraktan Asidik Ve Bazik Sulara Arsenik, Bakır, Demir, Kurşun Geçişinin İncelenmesi*. Araştırma Makalesi, Ege Üniversitesi, İzmir.



- Daş, Y.K. ve Aksoy, A., (2015) *Yemlerde Toksikolojik Açıdan Oluşabilecek Doğal Olmayan Risk Faktörleri*. Türkiye Klinikleri Journal Of Animal Nutrition And Nutritional Diseases-Special Topics. 1, 43-53s.
- Daşdemir, A., (2015) *İstanbul Avrupa Yakası Otoban Kenarlarındaki Tarım Arazilerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye, 59s.
- Duffus J., (2002) *Heavy Metals: A Meaningless Term (Iupac Technical Report)*. Pure Appl Chem. 74, 793-807s.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., Clark, R.B., (2002) “*Micronutrients In Crop Production*”, Adv Agron, 77, 185-268s.
- Ferrara, G., Brunetti, G., Senesi, N., Mondelli, D Ghezza, V.L., (2003), “*Total and potentially phytotoxic trace metals in southeastern italian soils*”, Food, Agriculture&, Environment, 1, 279-286
- Filgueiras, A. V., Lavilla, I., Bendicho, C., (2002), “*Chemical sequential extraction for metal partitioning in environmental solid samples*”, Journal of Environmental Monitoring, 4, 823-857.
- Gleyzes, C., Tellier, S., Astruc, M., (2002), “*Fractionation studies of trace elements in contaminated soils and sediments: a review of sequentia extraction procedures*”, Trends in Analytical Chemistry, 21, 451-467.
- Gommy, C., (1997), Ph. D. Thesis, Universite de Technologie de Compiègne, France, 1997.
- Hall, G.E.M., Pelchat, P., (1999), “*Comparability of results obtained by the use of different selective extraction schemes fort he determination of element forms in soils*”, Water Air and Soil Pollution, 112, 41-53.
- Islam, Mn., Jo, Yt., Park, Jh. (2012) *Remediation Of Pahs Contaminated Soil By Extraction Using Subcritical Water*. J. Ind. Eng. Chem., 18: 1689–1693s.
- İsen, H. (2011) *Sakarya D-100 Karayolu Cadde Tozlarında Bazı Ağır Metallerin Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi (Bcr) İle Tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 54s.
- İşler M. ve Ark., (2018) ‘*Özbek Ovası (Çanakkale) Tarım Topraklarında Ağır Metal Mobilitesinin Bir Ardışık Ekstraksiyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi*’ Araştırma Makalesi, Çanakkale Omsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A. And Timur S., (2007) *Metallerin Çevresel Etkileri- Mtealurji* 136. Sayı
- Kalyoncu H. Ve Ark., (2015) ‘*Isparta Deresi'nin Su Ve Sedimentlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi*’ Araştırma Makalesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Fakültesi, Isparta, 2015.
- Karaca, A., (2003) *Çayırhan Termik Santrali Emisyonlarının Etkisinde Kalan Toprakların Kirlilik Veri Tabanının Oluşturulması Ve Toprak Özellikleri İle Etkileşimlerinin Araştırılması*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ankara.

- Karaçağıl, D., (2013) *İstanbul'da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi Ve Ağır Metal Kirliliği*. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 71s.
- Keskin, F., (2012) “ *Köyceğiz Gölü Sedimentinde Ağır Metal Fraksiyonlarının İncelenmesi*” Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, 2012.
- Kim, D.S., An, K.G., And Kim K.H., (2003) “*Heavy Metal Pollution In The Soils Of Various Land Use Types Based On Physicochemical Characteristics*”,
- Kiracı, A., (2014), ‘*Azap Gölü'nün Sedimentlerindeki Ve Sularındaki Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi*’ Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 2014.
- Kocabaş, A., (2008) *Edirne'de Yol Kenarlarındaki Topraklarda Ağır Metal İçeriğinin Araştırılması*. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, 91s.
- Ljung, K., (2006) *Metals In Urban Playground Soils, Distribution And Bioaccessibility*. Doctoral Thesis Swedish University Of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Madrid, L., Diaz-Barrientos, E., Madrid, F. (2002) *Distribution Of Heavy Metal Contents Of Urban Soils In Parks Of Seville, Chemosphere*, 49, 1301-1308s.
- Manta, D.S., Angeleno, M., Bellanca, A., Neri, R., Sprovieri, M., (2002) *Heavy Metals In Urban Soils: A Case Study From The City Of Palermo (Sicilya)*, Italy, *The Science Of The Total Environment*, 300, 229-243s.
- Marin, B., Valladon, M., Polve, M., Monaco, A., (1997) “*Reproducibility Testing Of Asequential Extraction Scheme For The Determination Of Trace Metal Speciation In A Marine Reference Sediment By Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*”, *Analytica Chimica Acta*, 342, 91-112s.
- Martinez-Villegas, N., Flores-Ve'lez, L.Ma., Dominguez, O., (2004), “*Sorption of lead in soil as a function of pH: a study case in Mexico*”, *Chemosphere*, 1537-1542.
- Mehr, M.R., Keshavarzi, B., Moore, F., Sharifi, R., Lahijanzadeh, A. And Kermani, M., 2017. *Distribution, Source Identification And Health Risk Assessment Of Soil Heavy Metals In Urban Areas Of Isfahan Province, Iran*, *Journal Of African Earth Sciences*, 132, 16-26s.
- Mikanova O., (2006) *Effects Of Heavy Metals On Some Soil Biological Parameters, Journal Of Geochemical Exploration* 88, 220-223s.
- Morari, F., (2008), “*Olsen phosphorus, exchangeable cations and salinity in two long-term experiments of north-eastern Italy and assessment of soil quality evolution*”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124, 85–96.
- Nannoni F., Protano G. ve Riccobono F., (2011) *Fractionation and geochemical mobility of heavy elements in soils of a mining area in northern Kosovo*. *Geoderma* 161: 63-73s.

- Nasr radi, T., Badacsonyi, A., Nemeth, N., Tuba, Z. And. Batic F., (2004) “Zinc, Lead And Cadmium Content In Meadow Plants And Mosses Along The M3 Motorway (Hungary)” Journal Of Atmospheric Chemistry, 49, Pp: 593–603s.
- Öktüren, F. Ve Sönmez, S. (2017) *Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Üzerindeki Etkileri*. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya.
- Önal, E., 2002, “Çevre Sağlığı-Türkiye’den Örnekler” İstanbul Üniversitesi İstanbul
- Örün E. (2011) *Kurşun, Cıva, Kadmiyum: Çocuk Sağlığına Etkileri Ve Temasın Belirlenmesinde Saç Örneklerinin Kullanımı*. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi. Ankara 2011.
- Özbo lat, G. Ve Tuli, A., (2016) *Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri*. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25, 502-521s.
- Özkan, A. (2017) *Antakya-Cilvegözü Karayolu Etrafındaki Tarım Arazilerinde Ve Bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği*. Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Petrol Ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, Hatay.
- Poyraz, G., (2016) *Aydın Buharkent Yöresinde Jeotermal Sularla Sulanan Toprak Ve Bitki Örneklerinde Bazı Kirlenici Parametrelerin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye, 117s.
- Qing, X., Yutong, Z. And Shenggao, L., (2015) *Assessment Of Heavy Metal Pollution And Human Health Risk In Urban Soils Of Steel Industrial City (Anshan)*, Liaoning, Northeast China, *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 120, 377-385s.
- Raison, R.J., McGarity, J.W., (1980), “Some effects of plant ash on the properties of soils and aqueous suspensions”, *Plant and Soil*, 55, 339-352.
- Rauret ve Ark., (1999) “Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials”, *Journal of Environmental Monitoring* 1, 57-61.
- Rauret, G., (1998), “Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment”, *Talanta*, 46, 449-455.
- Slavin, M., (1978) *Atomic Absorption Spectroscopy*, Elving, Pj, Winefordner J.D., John Wiley And Sans, New York.
- Sönmez, S., (2008), “Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies”, *Geoderma*, 144, 361-369.
- Stone, M., Droppo, I.G., (1996), “Distribution of lead, copper and zinc in size-fractionated river bed sediment in two agricultural catchments of southern Ontario, Canada”, *Environmental Pollution*, 93, 353-362.
- Sungur, A., (2013) *Ardışık Ekstraksiyon Yöntemiyle Ergene Havzasından Alınan Toprak Örneklerinde Metal Analizi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora tezi. Çanakkale.

- Sümer ve Ark., (2013) *Karamenderes Havzası Topraklarında Bazı Ağır Metallerin (Cr,Ni,Pb) Kirliliğinin Araştırılması*. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 83-89 s.
- Şen İ., (2010) *Balıkesir (Bigadiç) Bor Madenlerinden Alınan Makrofungus Ve Toprak Örneklerindeki Bor Ve Ağır Metal Fraksiyonlarının Belirlenmesi*. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Muğla, 124 s.
- Terzi, H. Ve Yıldız, M., (2011) *Ağır Metaller Ve Fitoremediasyon: Fizyolojik Ve Moleküler Mekanizmalar*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11, 1-22s.
- Tokaloğlu, Ş., Kartal, Ş., Gültekin, A., (2006), “*Investigation of heavy-metal uptake by vegetables growing in contaminated soils using the modified BCR sequential method*”, Intern. J. Environ. Anal. Chem., 86, 417-430.
- Tunca, Ü. E., (2016) *'Beyşehir Gölü'nde Su ve Sedimentte Ağır Metal Birikimi Ve Sedimentte Antropojenik Kontaminasyon Değerlendirmesi'* Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Ordu, 2016.
- Tunçok, Y. (2008) *İçme Suyunda Ağır Metaller Ve İnsan Sağlığına Etkileri*. Deütf Farmakoloji Anabilim Dalı Klinik Toksikoloji B.D. İlaç Ve Zehir Danışma Merkezi, İzmir.
- Usero ve Ark., (1998) “*Comparative study of three sequential extraction procedures for metals in marine sediments*”, Environ. Int., 24, 487- 496.
- Wang S., Jia Y., Wang S., Wang X., Wang H., Zhao Z. ve Liu B., (2010) *Fractionation of heavy metals in shallow marine sediments from Jinzhou Bay, China*. Journal of Environmental Sciences, 22(1): 23-31s.
- Yaylalı G., (2011) *Heavy Metal Contamination Of Surface Soil Around Gebze Industrial Area, Turkey*, Microchemical Journal, 99, 82-92s.
- Yıldız, N. (2004) *Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller*. Zt-531. Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum.
- Yılmaz T., (2015) “*Ağır Metallerin (Kurşun, Çinko, Bakır Ve Kadmiyum) Bazı Karayosunu Türlerinin Klorofil İçeriği Üzerine Etkisi*”. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59 s.
- Yücel, D., (2010) *Sakarya İli Sanayi Bölgesinin Yakın Çevresinde Ve Şehir Merkezinde Oluşturduğu Atmosferik Ağır Metal Birikim Seviyelerinin Bir Biyomonitör Karayosunu (Hypnum Cupressiforme Hedw.) ve Toprak Örnekleri Üzerinden Araştırılması*. Yüksek lisans tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zongulda

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Murat KOCAKAYA  
Uyruk : T.C.  
Doğum Yeri ve Tarihi: Diyarbakır / 01.09.1990  
Medeni Hali : Bekâr  
Telefon : +90 507 288 27 73  
E-posta : muratkocakaya@windowslive.com

### Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Ziya Gökalp Lisesi	2007
Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2015

### Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce, vs)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma		X	
Konuşma		X	
Anlama	X		
Okuma		X	