



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**AKUT AĞIR METAL (Pb ve Cd) ZEHİRLENMESİNE
MARUZ KALMIŞ RATLARIN, TOPRAK ÜZERİNDE
ÇÜRÜMESİ AŞAMASINDA TOKSİK MATERYAL İLE
TOPRAĞIN ETKİLEŞİM MEKANİZMASI**

Murat MERT

**ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayten NAMLI**

2015 - ANKARA

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKUT AĞIR METAL (Pb ve Cd) ZEHİRLENMESİNE
MARUZ KALMIŞ RATLARIN, TOPRAK ÜZERİNDE
ÇÜRÜMESİ AŞAMASINDA TOKSİK MATERYAL İLE
TOPRAĞIN ETKİLEŞİM MEKANİZMASI**

Murat MERT

**ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayten NAMLI**

2015 - ANKARA

ANKARA ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE,

Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “***Akut Ağır Metal (Pb ve Cd) Zehirlenmesine Maruz Kalmış Ratların, Toprak Üzerinde Çürümesi Aşamasında Toksik Materyal ile Toprağın Etkileşim***” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir. Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Murat MERT

Tarih: 03.12.2015

İmza:

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Disiplinlerarası Adli Bilimler Anabilim Dalı
Adli Kimya ve Adli Toksikoloji Doktora Programında

Murat MERT tarafından hazırlanan

“Akut Ağır Metal (Pb ve Cd) Zehirlenmesine Maruz Kalmış Ratların, Toprak Üzerinde
Çürümesi Aşamasında Toksik Materyal ile Toprağın Etkileşim Mekanizması” adlı tez
çalışması

aşağıdaki jüri tarafından **DOKTORA** olarak

OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

02.12.2015



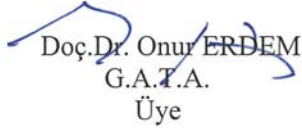
Prof.Dr. Ayla SEVİM EROL
Ank.Ü. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi
Jüri Başkanı



Prof.Dr. Ayten NAMLI
Ankara Ü. Ziraat Fakültesi
Üye



Prof. Dr. Sinan SÜZEN
Ank.Ü. Eczacılık Fakültesi
Üye



Doç.Dr. Onur ERDEM
G.A.T.A.
Üye



Doç.Dr. Ramazan AKÇAN
Hacettepe Ü. Tıp Fakültesi
Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.



Prof.Dr.K.Zafer KARAER
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Adli Bilimlerde yapılan çalışmaların amacı; bulgu ve delillerin multidisipliner yaklaşımla incelenmesi ve adaletin sağlıklı tecellisinde kullanılmasıdır. Adli Bilimler bünyesinde yapılan bu çalışmada; zehirlenmeye bağlı olarak öldürülen cinayet olgularında, toprak üzerinde çürüme sonrası, cesedin temas ettiği toprakta yapılacak incelemelerde toksik materyalin türünün tespit edilip edilemeyeceği incelenmiştir. Elde edilen bulgulardan olay üzerinden geçen zaman zarfında toprağın önemli veriler verebileceğinin ortaya konması hedeflenmiştir.

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 15L0217003 proje numarasıyla desteklenmiştir.

Bu çalışmanın konusunun seçiminden, tezin tamamlanmasına kadar her aşamada araştırmalarımı yönlendiren, bilimsel katkılarda bulunan, kendisini tanıdığım günden beri yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ayten NAMLI'ya,

Çalışma alanın araştırma grubumuza tashihi sırasında her türlü desteklerinden ötürü A. Ü. Ziraat Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Gökhan SÖYLEMEZOĞLU'na, A.Ü. Adli Bilimler Enstitü Müdürü Aslıhan AVCI'ya ve Enstitü Müdür Yardımcısı Prof. Dr. Ayla Sevim EROL'a, çalışma sırasında ki desteklerinden ötürü Doç. Dr. Yalçın BÜYÜK ve Doç. Dr. Bora ÖZDEMİR'e,

Tez çalışması sırasında verdikleri bilimsel katkı ve desteklerinden ötürü Prof. Dr. Sinan SÜZEN'e ve Doç. Dr. Onur ERDEM'e, tez içeriği konusunda görüş ve önerilerinden dolayı Doç. Dr. Ramazan AKÇAN'a,

Deney hayvanları ile çalışma aşamasında A.Ü. Veteriner Fakültesi Anatomi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Çağdaş OTO'ya, arazi incelemeleri sırasındaki destek ve katkılarından ötürü Nevşehir Üniversitesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Yard.

Doç. Dr. Ersin KARAPAZARLIOĞLU'na, Patolojik incelemelerde; kesitlerin hazırlanmasında ve yorumlanmasında verdiği destekten ötürü Uzm. Dr. Sultan PEHLİVAN'a,

Örneklerin XRD ve ICP-MS incelemelerinde verdiği destekten ötürü İstanbul Üniversitesi Teknoloji Transfer Merkezi uzmanı Yük. Kimyager Julide BAŞALAN ve Biyolog Şermin GARİP'e, XRD analizlerinin detaylandırması aşamasında Anka Analitik GNR firması Türkiye temsilcisi Feda RAHAL'a, temel toprak analizleri sırasında verdiği destekten ötürü Biyotar A.Ş. çalışanlarına ve Yaşar ÇELİK'e,

Yapılan çalışmanın mevcut olayların çözümüne sağlayacağı katkı konusundaki teşfikleri, destekleri ve önerilerinden ötürü Prof. İ. Hamit HANCI'ya, Emniyet Genel Müdürlüğü Olay Yeri İnceleme Uzmanı Emniyet Müdürü Fatih KOLAY'a ve Jandarma Kriminal Daire Başkan Yardımcısı Albay Mustafa MERCAN'a,

Arazi çalışması sırasındaki yardımlarından dolayı A.Ü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğrencileri, Mert Ulaş DİŞBUDAK'a, İlke DEMİRÖZ'e, Eda BOLAT'a, Dilara ERGİN'e, A.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğrencisi Melike GÜVENARSLAN'a ve Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğrencisi Ülkü Nur NAZLIER'e,

Çalışmaların sırasında her türlü desteği benden esirgemeyen sevgili eşim Şenay MERT'e, çocuklarım Nuray, Feray ve Fatih'e en derin sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Murat MERT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
ETİK BEYAN	ii
KABUL YAZISI	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Toksikoloji	5
1.2. Maruz Kalma	10
1.3. Maruziyet Yolları	11
1.4. Doz	11
1.5. Ölüm	12
1.5.1. Somatik Ölüm (Fizyolojik Ölüm)	13
1.5.2. Hücresel Ölüm	13
1.6. Postmortem İnterval Tayini (PMİ)	13
1.6.1. Ölüm Sonrası Değişimler	14
1.6.1.1. Erken Dönemde Meydana Gelen Değişimler	14
1.6.1.2. Geç Dönemde Meydana Gelen Değişimler	16
1.6.1.3. Çürüme (Dekompozisyon)	17
1.7. Adli Bilimlerde Toprak	20
1.7.1. Toprakta Ağır Metallerin davranışı	21
1.8. Metal Toksikolojisi	24
1.8.1. Kurşun	26
1.8.2. Kadmiyum	30
2. GEREÇ VE YÖNTEM	35

2.1. Deney Aşaması	35
2.2. Arazi Çalışması	38
2.3. Laboratuvar Aşaması	42
2.3.1. Toprak Bünye (% Kum, Silt, Kil) İncelemesi	43
2.3.2. Toprak reaksiyonu (pH) İncelemesi	43
2.3.3. Toprak tuzluluğu (EC25, dSm ⁻¹) inceleme	43
2.3.4. Organik Madde Tayini	43
2.3.5. XRD incelemeleri	43
2.3.6. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi (ICP-MS) İncelemeleri	46
2.3.7. Elektron Mikroskobu (SEM)	47
2.4. Büro Çalışmaları	49
2.4.1. Değerlendirme ve istatistiksel Analizler	49
3. BULGULAR	50
3.1. İnceleme Alanının Yeri	50
3.2. Akut İntoksikasyon Aşamasında Klinik Ve Arazi Gözlem Bulguları	55
3.3. Laboratuvar Bulguları	62
4. TARTIŞMA	74
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
ÖZET	86
SUMMARY	87
KAYNAKLAR	88
EKLER	99
EK 1. ETİK RAPORU	99
EK 2. TOPRAK İSTATİSTİK SONUÇLARI	101
EK 3. ARAZİDEN ALINAN ÖRNEKLERE AİT XRD PATERNLERİ	103
ÖZGEÇMİŞ	118

KISALTMALAR

Cd	:	Kadmiyum
Pb	:	Kurşun
kg	:	Kilogram
mg	:	Miligram
mg/kg	:	Miligram/ Kilogram=ppm
ml	:	Mililitre
mm	:	Milimetre
μ	:	Mikron
MT	:	Metallotenin
PMİ	:	Postmortem İnterval
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
KDK	:	Kasyon Değişim Kapasitesi
Q	:	Kuvars Minerali
A.Feld.	:	Alkali Fedispat (Ortoklas, Mikroklin, Sanidin)
Plj	:	Plajioklas

ÇİZELGELER

	<u>Sayfa No:</u>
Çizelge 1.1. Çürüme Sürecinde Meydana Gelen Morfolojik Değişimler	19
Çizelge 1.2. Sektörel Bazda Ağır Metal Kaynakları	25
Çizelge 1.3. Önemli Bazı Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflaması	25
Çizelge 1.4. Kurşun metali ile ilgili genel bilgiler	26
Çizelge 1.5. Kadmiyum metali ile ilgili genel bilgiler.	31
Çizelge 2.1. Ratlara verilen ağır metallerin miktarları	36
Çizelge 3.1. Ankara bölgesinin yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri	51
Çizelge 3.2. İnceleme Arazisinin mineral parajenezi	53
Çizelge 3.3a. Kayaç yapıcı elementlerin % değeri	54
Çizelge 3.3b. İnceleme Alanındaki ağır metallerin ppm değeri	54
Çizelge 3.4. Kurşun metali uygulanmış ve uygulanmamış ratların toprakla temas ettiği alandaki toprakların ortalama analiz değerleri	63
Çizelge 3.5. Kadmiyum metali uygulanmış ve uygulanmamış ratların toprakla temas ettiği alandaki toprakların ortalama analiz değerleri	64
Çizelge 3.6. Cd grubu ratlardakiCd miktarı ve Kontrol grubundaki miktar	68
Çizelge 3.7. Pb grubu ratlardaki Pb miktarı ve kontrol grubundaki miktar	73

ŞEKİLLER

	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 1.1. Toplamsal doz- yanıt ilişkisi	11
Şekil 1.2. Maksimum tolere edilen dozun tedavi dozu oranı (Ti)	12
Şekil 1.3. Gömülü cesetlerde dekompozisyon	17
Şekil 1.4. Kurşunun vücuda alım yolları (Kurşun Zehirlenmesi, Centro Labaratuvarları sitesinden alınmıştır.)	28
Şekil 1.5. Kurşunun sağlık üzerine etkileri (Kurşun Zehirlenmesi, Centro Labaratuvarları sitesinden alınmıştır.)	30
Şekil 2.1. Ankara Üniversitesi Deney Hayvanları ve Araştırma Laboratuvarı	35
Şekil 2.2. Numune Hazırlama ve oral gavaj ile akut intoksikasyon	36
Şekil 2.3.a. Kontrol grubu ratların servikal dislokasyonlar sakrifiye edilmeleri.	37
Şekil 2.3.b. Rastgele seçilen bir adet rata otopsi yapılrken	38
Şekil 2.4. Çalışma öncesi arazinin yapısını belirlemek amacı ile örnekleme lokasyonları (Kontrol toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar)	39
Şekil 2.5. Arazideki ratların konumları	39
Şekil 2.6. Çalışma alanında parselasyon yapılrken	40
Şekil 2.7. Arazide ratların konumu ve yırtıcı hayvanlardan korunma şekli	40
Şekil 2.8. Toprak Örnekleme	41
Şekil 2.9. Dış sıcaklık ölçer data logger ve arazi hazırlığı	41
Şekil 2.10. Araziden alınan toprak örneklerinde mineral tanımlamasının yapıldığı Olympus 8Z model stereomikroskop	42
Şekil 2.11. XRD cihazları ve çalışma aşaması	44
Şekil 2.12. Toprak örneklerini agat havan ile toz haline getirme işlemi	45
Şekil 2.13. Toprak örneklerinde çeyrekleme	45
Şekil 2.14. ICP - MS cihazı ve analize hazır çözeltiler	46
Şekil 2.15. ICP- MS Kalibrasyon eğrisi	47

Şekil 2.16.	Elektron mikroskobu (SEM) Zeiss Evo Ma 15 modeli (Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı Lab.)	48
Şekil 2.17.	Elektron mikroskop incelemesi	48
Şekil 3.1.	Çalışma alanının 1/25 000 Topografik Haritası ve Numune Lokasyonları	50
Şekil 3.2.	a. Deneme Sahasında Mayıs Haziran aylarındaki en yüksek ve en düşük sıcaklıklar ait grafik b. Sıcaklık Ortalamasına ait grafik.	51
Şekil 3.3.	Deneme Sahası Jeoloji Haritası (MTA' dan alınmıştır) ve Stratigrafisi	52
Şekil 3.4.	1 numaralı kontrol örneğine ait XRD incelemesine ait diyagram	53
Şekil 3.5.	1 numara kontrol örneğine ait Steromikroskop görüntüsü	54
Şekil 3.6.	İnceleme Alanındaki Pb ve Cd ppm (mg/kg) durumu gösterir grafik	55
Şekil 3.7.	Uygulama öncesi ve sonrasında ratlar	56
Şekil 3.8.	Kontrol grubu ratlarının Akciğer (AC), Kalp, Karaciğer (KC), Mide ve böbrek dokusunda ait histopatolojik kesitler (H&E x 200).	57
Şekil 3.9.	Kurşun grubu ratlarının Akciğer (AC), Kalp, Karaciğer (KC), Mide ve böbrek dokusunda ait histopatolojik kesitler (H&E x 200).	58
Şekil 3.10.	Kadmiyum grubu ratlarının Akciğer (AC), Kalp, Karaciğer (KC), Mide ve böbrek dokusunda ait histopatolojik kesitler. (H&E x 200)	59
Şekil 3.11.	Ratlarda meydana gelen larva oluşumları ve incelemesi	60
Şekil 3.12.	Cd ve Pb grubunda meydana gelen çürümenin 7. günü	61
Şekil 3.13.	Ratların Toprak Üzerinde Çürümesi sırasında vücut sıvıları ile toprağın etkileşimi	62
Şekil 3.14.	Stereomikroskopta Cd ve Pb görünümü	64
Şekil 3.15. (a, b).	Cd ile akut zehirlenmeye maruz kalmış ratların temas ettiği yüzeyden alınan toprağın XRD grafiği.	66
Şekil 3.16.	Cd grubu ratın çürüme sonrası mide içeriği	67

Şekil 3.17. Cd grubu Cd Konsantrasyonu ile kontrol grubu Cd konsantrasyonu	68
Şekil 3.18 (a, b, c). Pb ile akut zehirlenmeye maruz kalmış ratların temas ettiği yüzeyden alınan toprağın XRD grafiği	71
Şekil 3.19. Pb grubu ratın çürüme sonrası mide içeriği	72
Şekil 3.20. Pb grubu Pb Konsantrasyonu ile kontrol grubu Pb konsantrasyonu	73
Şekil 3.21. Ağır Metallerin toprak bünyesindeki hareketi	79

1. GİRİŞ

Ölüm, kişiye canlılık niteliği kazandıran temel fonksiyonlarının (solunum, dolaşım ve merkezi sinir sistemi) geri dönüşümsüz olarak durduğu ‘somatik ölüm’ ve daha sonra da biyolojik fonksiyonların durduğu ‘hücrel ölüm’den oluşan progressif ve irreversible bir olaydır (Soysal, 1999). Ölüm olayı doğal ve zorlamalı ölüm (cinayetler, asırlar, zehirlenmeler vb.) olayı olarak sınıflandırılmaktadır. Zorlamalı ölümler adli bilimlerin inceleme konusudur.

Zehirlenme, Adli bilimlerde sıklıkla ölüm nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Zehirlenme vakaları adli olgu olarak kabul edilmektedir. Zehirlenmeye sebep olan etken maddenin ve miktarının saptanması, ölüm nedeninin ve mekanizmalarının aydınlatılması adaletin sağlıklı tecellisi için önemlidir. Zehirlenmeye sebep olan birçok etmen vardır. İlaçlar, gazlar, ağır metaller, narkotik maddeler bunlardan bazılarıdır. Çalışmanın konusunu da oluşturan ağır metal zehirlenmeleri tüm dünyada önemli bir ölüm sebebidir.

Ağır metaller, nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik olan metal olarak tanımlanmaktadır (Duruibe, 2007). Ağır metaller, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikmeleri nedeniyle kimyasal kirleticiler arasında ayrı bir önem taşımaktadırlar (Asri, 2009; Çağlarırnak ve Hepçimen 2010).

Çevre ve besin kirlenmesine yol açan ağır metaller arasında kadmiyum ve kurşun ilk sıralarda yer almaktadır. Kurşun, doğada az miktarlarda ama her yerde bulunabilen, mavimsi-gümüş grimsi renginde bir ağır metaldir. İnorganik ve organik olmak üzere iki formu bulunur. Organik Pb bileşiği, petrol yapısına eklenen formdur (WHO, 2001). Kurşunlu benzin kullanımı atmosfere salınan Pb’nun en önemli kaynağıdır. Organik ve inorganik bileşikler halinde boya üretimi, akümülatör imalatı ve yenileştirilmesi, şehir su şebekesi, seramikçilik ve kauçuk üretimi, matbaacılık,

pestisid ve antelmintik, avcılık ve benzin katkı maddesi olarak geniş alanda kullanılmaktadır. Kurşun plasentadan kolaylıkla geçer ve birey/bireylerin Pb ile teması prenatal dönemde baslar. Fetüse geçen Pb miktarı anneye ait vücut Pb yükü ile ilişkilidir. Gebelik sırasında anne kemiğindeki Pb mobilize olur ve plaseenta aracılığı ile fetüse geçer. Devam eden çocukluk dönemlerinde en önemli Pb teması Pb ile kontamine boya tozu, kırıntısı, toprak, su ve yabancı cisimleri ağız yoluyla alması ile olmaktadır (Markowitz, 2007). Kurşun özellikle gelişen beyin üzerine toksiktir. Kadmiyum (Cd), batarya yapımında, reaktör kontrol çubuklarının üretiminde, boya ve plastik yapımında, metal kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır (ATSDR, 2008). Havadaki Cd tozlarının atmosferde birikmesi, Cd içeren gübrelerin kullanılması ve tarım alanlarının sulanmasında lağım sularının kullanılması insanların tüketeceği ürünlerin kontaminasyonuna yol açarak Cd alımının artmasına neden olabilir (Jarup ve Akesson, 2009). Özellikle Cd ile kontamine toprakta yetişen lifli yeşillikler, patates, havuç, kereviz gibi koklu sebzeler, pirinç, buğday gibi tahıllarda, yağlı tohumlarda yüksek konsantrasyonda bulunur. Ayrıca kabuklu deniz hayvanlarında (istiridye, yengeç), yumuşakçalarda, hayvan sakatatlarında (özellikle yaşlı hayvanların karaciğer ve böbreklerinde), yabani mantarlarda Cd düzeyi yüksektir. Ayrıca sigara dumanında Cd bulunur ve içicilerin vücutlarına bir paketle 1-2 µg Cd girmektedir. Diyetle kalsiyum, protein, çinko, demir ve bakırın az olması bağırsaktan Cd emilimini arttırmaktadır (Patrick, 2003). Kadmiyum kronik maruziyette kemikte birikir ve böbrek, akciğer ile gastrointestinal sistemi etkilemektedir.

Amerika Çevre Koruma Ajansının (EPA) Çevresel Yanıt, Yerine Koyma, Sorumluluk Hareketi (CERCLA- The Comprehensive Enviromental Response) ile Toksik Maddeler ve Hastalıkları Kayıt Altına Alma Oluşumu (ATSDR- Agency for Toxic Substances & Disease Registry) gibi kuruluşlarca hazırlanan toksik maddeler öncelikler listesinde bu iki metalin ilk yedi içerisinde yer aldığı görülmektedir. Son dönemlerde ağır metallerin toksik ve istenmeyen etkilerini inceleyen çalışmalara ağırlık verilmiştir.

Yaşadığı çevrede ağır metal düzeyinin fazlalaşması çoğu canlı dokusunda ağır metal düzeylerinin artmasına yol açmıştır (Dietz vd, 2009). Besin zincirinin en üstünde yer alan bebekler, giderek artan düzeylerde ağır metallerle temas etmektedir. Bu nedenle son 30 yıldır ağır metallerin toksik ve istenmeyen etkilerini inceleyen çalışmalara ağırlık verilmiştir. İnsanların toksik metallerle tanışması intrauterin dönemde başlar ve sonrasında başlıca anne sütü ve soludukları hava ile ağır metal teması sürer. Hızlı büyüme ve gelişim sürecinde olan fetüs ve bebekler ağır metallerin toksik etkilerine karşı erişkinlerden daha hassastır (Jarup, 2003; Wong ve Lye, 2008; Örün, 2011).

Günümüzde canlı üzerindeki ağır metal maruziyetlerini belirlemek için vücuttaki toksikokinetiğine göre tam kan (plazma, tam kan), tükürük, diş, tırnak, kemik, gaita, idrar, kord kanı ve anne sütü gibi birçok biyolojik materyalde analiz edilmektedir. Adli tıpta ise cesetten alınan kan, idrar, böbrek, akciğer, karaciğer, beyin gibi dokularda ağır metal taraması yapılabilmektedir.

Ağır metal zehirlenmeleri akut ve kronik olarak karşımıza çıkmaktadır. Kronik zehirlenmelerde maruziyet 3 aydan daha fazla iken akut maruziyet 24 saat içerisinde meydana gelmektedir (Vural, 2005). Kronik maruziyette ağır metaller önce bir organda birikmekte daha sonra maksimum seviyeye ulaşınca hedef organı etkilemektedirler. Kurşun ve kadmiyum kronik maruziyette kemikte birikir. Bu tip vakalarda ölüm ile birlikte kemik üzerinde yapılacak incelemeler maruziyette sebep olan madde hakkında bize bilgi verecektir.

Akut zehirlenmelerde ölüm ile birlikte kan, idrar, böbrek, akciğer, karaciğer, beyin gibi dokularda yapılacak inceleme bize zehirlenmeye maruz kalınan maddeyi vermekte fakat ölüm olayı üzerinden yıllar geçtiğinde çürüme olayı gerçekleştiğinde kemikleşmiş cesetlerde akut maruziyete ait dokular kalmadığından inceleme güçleşmektedir ve zehirlenmeye sebep olan etken madde belirlenmemektedir.

Zehirlenmenin tespiti için ceset üzerinde yapılacak incelemeler önem arz etmektedir. Ölüm olayı ile birlikte kokuşma, çürüme ve toprağa karışma işlemi

gelişmektedir. Biyolojik varlıklar, öldükten sonra çürümek ve ekolojik sisteme katılmaktadır. Ölüm sonrası meydana gelen değişimlerin bitmesi için yıllar, yüz yıllar bazen binlerce yıl geçmektedir (Açıkgöz vd., 2002). Bu dekompozisyon süreci otoliz ve pütrefikasyon olarak iki aşamada incelenir. Otoliz, hücre ve organların intrasellüler enzimlerin etkisiyle aseptik kimyasal bir süreçte yıkılmasıdır. Dekompozisyonun ikinci aşaması olan pütrefikasyon, günlük kullanımda sıklıkla çürüme ile eş anlamlı olarak kullanılır. Bakteriler ve fermantasyonun başrolde oynadığı bir süreçtir. Ölümünden sonra dokular ve hücreler bozulmaya ve cesetteki dokular sonunda kademeli olarak gaz, sıvı ve tuzlara ayrışmaya başlar (Birinci, 2012; Volaka, 2010). Kişi canlı iken vücutta bulunan bakteriler, ölümünden sonra vücudun bakterilerin çoğalması için mükemmel bir ortam oluşturmasından dolayı çoğalarak dokuları istila ederler (Soysal, 1999).

Açıktaki kalan cesetlerde kemiriciler, etoburlar, yırtıcı kuşlar, balıklar, böcek ve sineklerin müdahalesine açık olduğundan cesedin çok hızlı değişimine zemin hazırlar ve çürümenin çok hızlı ilerlemesine neden olur. Hayvanlar tarafından oluşturulan dış müdahaleler, çürümenin ilk başlarında canlıdaki yaralanmaları taklit eden lezyonlara sebep olabilir (Birinci, 2012). Çürümenin başlamasından sonra açıktaki kalan cesetlerin çürümesinde böcekler çok önemli rol oynar.

Gömülen cesetlerde çürüme açık hava ve suda bulunan cesetlere göre daha yavaş olmaktadır. Toprak altında, sıcaklığın daha düşük olması, hava akımının olmaması, dış müdahalelerin olmaması çürümeyi geciktirir. Toprak içerisindeki bakteri çeşitliliği, toprağın türü, iklim koşulları da çürümeye etki eden faktörlerdendir (Birinci, 2012).

Zehirlenmeye bağlı ölümlerde gömülme ve/veya toprak üzerinde çürüme sırasında toprağın çürüme üzerine etkileri önemli olduğu gibi ileri çürüme ve kemikleşme ile birlikte toksik materyalin belirlenmesinde toprağın incelenmesi önem arz etmektedir.

Kronik zehirlenmelerde çürüme ve kemikleşme gerçekleşse bile kemikten yapılacak inceleme ile zehirlenmeye sebep olduğu düşünülen ağır metal tespit edilebilme ihtimali vardır. Ancak akut maruziyette bu durum biraz daha imkansızdır. Bu nedenle cesedin temas ettiği toprak ayrı bir önem kazanacaktır.

Bu çalışmanın ana konusunu akut zehirlenme vakalarında toksik materyalin türünün belirlenmesinde metodoloji geliştirilmesi ile adaletin sağlıklı işlemesine katkı sağlamak oluşturmaktadır. Ağır metal maruziyetleri doğal yollarla, çevreden yada mesleksenel olarak maruz kalınabildiği gibi kasten öldürme amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Kasten öldürme amacı ile yapılan zehirlenme olgularında maruziyet şekli, maruziyetlerin derecesi ve boyutu önem teşkil etmektedir. Öldürme olaylarında cesette ileri derecede otoliz, çürüme olsa da cesedin temas ettiği toprağı ve çevresini incelemenin de olayın niteliğı ve durumunu ortaya koyması açısından önemli olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, toprak üzerinde çürümüş ve zehirlenme şüphesi olan vakalarda cesedin temas ettiği toprağı ve çevresinin incelenerek toksik materyalin türü, maruziyet şekli ve boyutu hakkında bilgi elde edilmesi amaçlanmaktadır. Akut zehirlenmelerde arazide bulunan cesetlerde yapılacak Adli Toksikoloji incelemelerde iyi bir olay yeri incelemesinin ve delillendirmenin sonuca götürücü özelliğı vurgulanacak ve toprak incelemelerinin, Adli Toksikolojik incelemelerde önemli bir yere sahip olup olmadığı irdelenecektir.

1.1. Toksikoloji

Toksikoloji, sözcük anlamı olarak zehir bilimi şeklinde tanımlanmaktadır (Vural, 2005). Modern anlamda toksikoloji, kimyasal maddelerin canlı organizma üzerindeki olumsuz (negatif advers) etkilerini inceleyen bilim dalıdır. Bir başka değışle toksikoloji, kimyasalların zararsızlık sınırlarını belirleyen bilim dalıdır (Orhan, 2010).

Bir kimyasal maddenin toksikolojik özelliği değerlendirilirken, absorbsiyon, dağılım, metabolizma ve atılım hızı kadar ani ve gecikmiş ters etkileri, toksisitenin hedef organları zehirlenmenin klinik bulguları, etki mekanizması ve doz yanıt ilişkisinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Dencker ve Mulder, 2006).

Toksikoloji bilimi multidisipliner çalışma gerektiren bir alandır. Toksikolojinin ilgili alanlarına göre birçok alt gruba ayırmak mümkündür.

- Genel Toksikoloji
- Klinik Toksikoloji
- **Adli Toksikoloji**
- Mesleki Toksikoloji
- Çevresel Toksikoloji
- Ekotoksikoloji
- Analitik Toksikoloji
- İlaç Toksikolojisi
- Biyokimyasal Toksikoloji
- Gıda Toksikolojisi
- Fitotoksikoloji

1.1.1. Adli Toksikoloji

Mathieu Orfila ile başlamış olup toksikolojinin en eski bilim dallarındandır. Kimyasal maddelerin insanlar üzerindeki zararlı etkilerinin teşhis ve tedavileri ile uğraşır, zehirlenmeleri adli tıp açısından inceler. Zehirlenmenin, hukuksal açıdan değerlendirilmesinde, maruz kalınan kimyasal maddenin "neden-etki" ilişkisinin saptanması önemlidir (Vural, 2005).

Adli bilimler açısından zehirlenmeye/ zehirlemeye neden olan madde/maddelerin ne olduğunun belirlenmesi önemlidir. Toksik maddenin etkisine maruz kalarak hastalanmış veya ölmüş kişilerle ilgili adli olayların çözümünde toksikoloji biliminin alt dalı olan Adli Toksikoloji kullanılmaktadır. Adli toksikolojik incelemeler sırasında toksik maddenin aranmasında kullanılan yöntemleri inceleyen Analitik Toksikoloji ve zehirlenme belirtileri ile tedavi yöntemlerini inceleyen Klinik Toksikolojinin bilinmesi önemlidir (Baban vd. 2008).

Olay yerinde bulunan ilaçların, kimyasal maddelerin büyük hassasiyetle incelenmesi, hastanın kusmuğu, mide yıkaması yapılmışsa yıkama sıvıları, mide içeriği ve delillendirilmesi, adli toksikolojik incelemelerde önem arz etmektedir.

Adli Toksikolojinin en önemli inceleme alanını Postmortem toksikolojik incelemeler oluşturmaktadır. Post-Mortem Toksikoloji: Zehirlenme şüphesi olan şüpheli bir ölüm olgusunda, olası ölüm nedeni tespiti için otopsi aşamasında toksikolojik analiz için uygun adımlar atılmalıdır. Olguya ait bilgiler (yaş, cinsiyet, ağırlık, meslek, ilaç kullanımı öyküsü, mevcut hastalıklar, klinik tablo vs.), olay şekli, olay yeri inceleme bulguları (ilaç kutuları, gıda artıkları vs.), görgü tanıklarının ifadeleri, otopsi bulguları, uygun örneklerin toplanması, alınan örneklerin analizi ve bulguların yorumlanmasıyla yapılır (Özdemirel, 2010). Tüm adli ve tıbbi bilgi ve bulgular birlikte değerlendirildiğinde ölüm nedeni ve orijini hakkında yorum yapılabilir.

Toksikolojik analiz sonuçlarının güvenilirliğini arttırmak için ölüm ile postmortem örnek alımı arasındaki süre olabildiğince kısa tutulmalıdır. Örnekler anamnez bilgilerine göre uygun yerlerden alınmalı, postmortem difüzyon nedeniyle periferik kan (özellikle femoral kan), karaciğer sağ lob derin parenkimden, akciğer apeksten, kas ekstremitelerden tercih edilmelidir (Özer, 2015). Yeterli miktarda (daha sonrası çalışmalar içinde kalacak şekilde şahit numunelerde alınmalı) uygun örnek alınmalıdır. Örnek alımı sırasında kontaminasyon riski en aza indirilmelidir. Tüm örnekler ayrı ve temiz kaplarda muhafaza edilmelidir. Etiketleme ayrı ayrı ve dikkatlice yapılmalı, eğer transfer edilecekse soğutucu ya da derin dondurucuda saklanmalıdır.

Zehirlenme şüphesi olan olgularda nereden ve nasıl örnek alınacağı madde konsantrasyonunun tespitinde önemlidir. Otopsi yapılan olgulardan rutin toksikolojik analiz için kan, idrar, mide içeriği ve özellikle karaciğeri de içine alan doku örnekleri alınmaktadır. Çürümüş cesetlerde ise karaciğer, böbrek ve kas örneklerinin yanı sıra beyin, saç ve kemik gibi bazı başka örnekler de alternatif olarak alınabilmektedir (Özer, 2015). Zehirlenme şüphesi olan olgularda cesedin temas ettiği toprak ve ceset üzerindeki böceklerde toksik maddenin tayininde önemli olduğundan örneklenmesi gerekmektedir.

Toksikolojik İnceleme İçin Kullanılan Örnekler

Kan: Postmortem süreçte kan, toksikolojik analiz için alınacak en önemli örnektir. İlaçların toksik ve terapötik konsantrasyonları hakkında elde edilen verilerin, kandan elde edilen verilere dayanıyor olması da bu örneğe ayrı bir önem katmaktadır (Özer, 2015).

İdrar: Her otopside mevcut tüm idrar örneklenmelidir. Mesanede idrarın az veya hiç bulunmaması durumunda saf su ile mesane yıkaması yapılarak örnekleme yapılması gerekmektedir. Pek çok ilaç ve metaboliti idrarda kandan çok daha yüksek konsantrasyonda bulunurlar. Ayrıca ilaçlar kullanımlarından günler sonra bile idrarda bulunabilirler (Flanagan, vd. 2005).

Göz İçi Sıvısı: Göz içi sıvısında hücrelerin bulunmayışı ve nispi anatomik izolasyon durumu, onu biyokimyasal değişiklikler ve kontaminasyona karşı çok daha korunaklı kılar. Alkol gibi bazı maddelerin göz içi sıvısındaki miktarları, ölümden bir iki saat önceki kan konsantrasyonlarını yansıtabilecek kadar değerlidir (Özer, 2015)

Mide-Bağırsak İçeriği: Mide içeriği aşırı doz ilaç alımlarında ve oral yolla meydana gelen zehirlenmelerde, genellikle toksik madde en yüksek konsantrasyonda mide içeriğinde önemlidir. Ağır metal zehirlenmelerinde emilim mide, ince ve kalın

bağırsakta meydana geldiğinde mide, ince ve kalın bağırsak içeriği de örneklenmelidir.

Karaciğer: Karaciğer, ilaçların ve toksik maddelerin metabolize edildiği yer olması nedeniyle diğer tüm örnekler içinde ayrı bir önem taşır. Kan örneğinden sonra en çok tercih edilen doku karaciğerdir.

Böbrek: Böbrek ilaçların ve toksik maddelerin vücuttan atımının gerçekleştiği temel organ olması açısından önemlidir. Böbrek örnekleme, ağır metal zehirlenmelerinde toksik maddenin tayininde ayrı bir önemi vardır.

Beyin: Beyin dokusu pek çok toksik maddenin etkilerinin görüldüğü organ olması nedeniyle önemlidir. Sınırlı bilgi edinilebilen olgularda beyin örneği toksikolojik analiz için alternatif bir seçenektir.

Akciğer: İnhalasyon yolu ile ve oral yolla meydana gelen zehirlenme vakalarında akciğer mutlaka örneklenmelidir.

Dalak: Ağır metal zehirlenmelerinde kan elde edilemediğinde ya da bulunan kan analiz için uygun olmadığında, alternatif bir kan kaynağı olarak kullanılabilir.

Deri ve Yağ Dokusu: Klorlu hidrokarbonlar ve diğer pestisidlerde meydana gelen akut ve kronik zehirlenme olgularında deri ve yağ dokusu örneklenmesi değer taşımaktadır.

Kas: Çürümüş olgularda değerli bir örnektir. Vücut sıvılarının bulunamadığı, solid organların da çürümeden etkilendiği olgularda, kas dokusu bu örneklerle kıyasla daha iyi korunduğundan, toksikolojik analiz için tercih edilebilir (Skop, 2010).

Saç: Arsenik zehirlenmesi, morfin, kokain, amfetamin gibi suistimal edilen ilaçların taramasında da kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Kemik, Kemik İliği: Kemik, kemik iliği örnekleme, yanmış ve çürümüş olgular gibi bazı özel durumlarda önemlidir (Özer, 2015).

Tırnak: El ve ayak tırnakları, keratinin bir başka formu olduğundan, saçta görüldüğü gibi ilaç ve toksik maddeleri depolayabilmektedirler (Özer, 2015).

Entomolojik Örnekler: Zehirlenme olgusu olan şüpheli ölüm vakalarında çürüme ile birlikte larva, pupa, sinek gibi toksikolojik amaçlı örneklemeler son dönemlerde önemli delillerden sayılmaktadır.

Toprak Örnekleri: Araziye atılmış veya gömülü cesetlerde çürüme sonrası cesetin temas ettiği yüzeyden alınacak örnekler toksik maddenin türü, miktarı ve maruziyet şeklinin belirlenmesi açısından önemlidir (Mert, 2015).

1.2. Maruz Kalma

Zehirlenme olayında canlı organizmanın kimyasal madde ile temasta olması maruz kalma (exposure) olarak tanımlanmaktadır (Vural, 2005). Maruz kalma süresi kimyasal maddelerin toksik etkileri ve sıklığına bağlı olarak akut, subakut, subkronik veya kronik tipte olabilmektedir (Dencker ve Mulder, 2006).

Akut Maruziyet: Kimyasal maddenin 24 saat içerisinde bir veya birden fazla dozlarda verilmesine denir.

Subakut Maruziyet: Kimyasal maddenin 1 ay ve daha sürede tekrarlanan dozlarda verilmesine denir.

Subkronik Maruziyet: Kimyasal maddenin 1 aydan 3 aya kadar olan sürede tekrarlanan dozlarda akut dozun altında verilmesine denir.

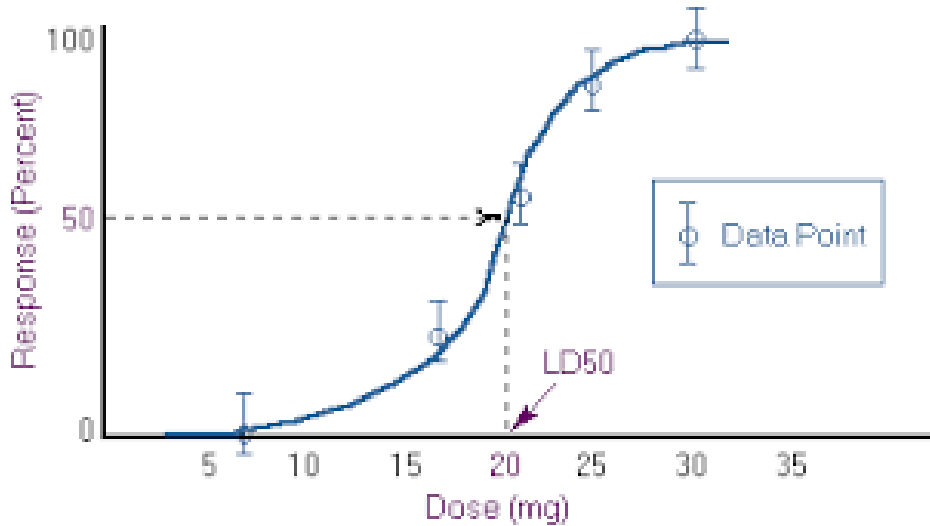
Kronik Maruziyet: 3 aydan daha uzun sürede tekrarlanan dozlarda akut dozun altında verilmesine denir.

1.3. Maruziyet Yolları

Zehirlenme ve zehirlenme olaylarında toksik madde solunum yolu (inhalasyon) ile alınabildiği gibi, deri, oral (ağız yolu) ve enjeksiyon ile de alınabilmektedir. Akut intoksikasyonda oral alımda birçok çalışmada tek seferde uygulama yapılmaktadır (Mulder ve Dencker, 2006).

1.4. Doz

Toksikolojideki en önemli kavramlardan biri de her maddeyi zehir yapanın dozu olduğudur (Mulder ve Dencker, 2006). Toksik materyaller hedef organda yüksek konsantrasyona ulaşmadıkça advers etki oluşturamazlar. Akut intoksikasyonda lethal doz (LD₅₀) çok önemlidir (Şekil 1.1).



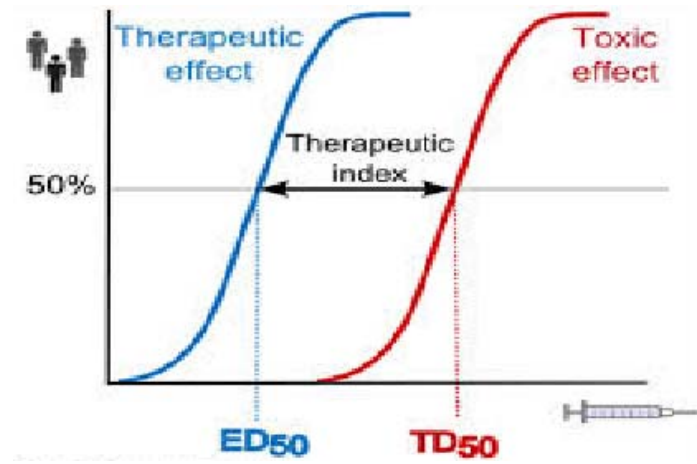
Şekil 1.1. Toplamsal doz- yanıt ilişkisi (Mulder ve Dencker, 2006)

LD₅₀: Deney hayvanlarına verilen toksik materyaldan sonra %50'sinde ölüm yol açan doz

ED₅₀: Deney hayvanlarına verilen toksik materyaldan sonra %50'sinde yararlı etkiye yol açan doz

Ti (Terpötik İndeks): Maksimum tolere edilen dozun tedavi dozu oranına denir (Şekil 1.2).

$$Ti: LD_{50} / ED_{50}$$



Şekil 1.2. Maksimum tolere edilen dozun tedavi dozu oranı (Ti)

(<https://www.studyblue.com/notes/note/n/exam-1/deck/9658444>)

1.5. Ölüm

Ölüm, yaşamın sona ermesi, kişiye canlılık niteliği kazandıran solunum, dolaşım ve merkezi sinir sistemi gibi temel fonksiyonlarının geri dönüşümsüz olarak durması olarak tanımlanmaktadır (Özderin, 2006). Ölüm ‘somatik ölüm’ ve daha sonra da biyolojik fonksiyonların durduğu ‘hücrel ölüm’den oluşan progressif ve irreversible bir olaydır (Soysal vd., 1999) (Şahin, 2014).

1.5.1. Somatik Ölüm (Fizyolojik Ölüm)

Yaşamın devamını sağlayan üç temel sistem mevcuttur. Bunlar merkezi sinir sistemi, dolaşım sistemi ve solunum sistemidir. Bu üç sistemden birinin fonksiyonunun geri dönüşümsüz olarak kaybı ölümü meydana getirir (Şahin, 2014).

1.5.2. Hücresel Ölüm

Somatik ölümden sonra tüm doku ve hücreler oksijen eksikliğine bağlı olarak belirli sürede ölürlür. Oksijene ihtiyacı çok olan ve vücudun en önemli fonksiyonlarını yürüten beyin sapı ve bazal gangliyonlar gibi dokular birkaç dakika oksijen yokluğunda ölürlür (Özderin, 2006). Somatik ölüm ile birlikte dokulara kan pompalanması sona erdiğinden dokulara oksijen gelimi durur. Tüm dokularda bir oksijensizlik, yani anoksi durumu oluşur (Birinci, 2012). Somatik ölümle birlikte ortaya çıkan oksijensizliğe her doku değişik cevaplar verir.

1.6. Postmortem İnterval Tayini (PMİ)

Postmortem interval (PMİ), kısaca ölüm zamanı olarak tarif edilmesine rağmen, PMİ ölüm ile ölüm sonrası incelemeler arasında geçen süre olarak tanımlamak daha doğru olacaktır (Şahin, 2014). Belli bir zamanı değil bir aralığı ifade eder. PMİ'in tespit edilmesi adli vakalarda, cinayet soruşturmalarında önem taşır.

Tıbbi olarak kesin ölüm zamanını belirlenebilmesi için bir yöntem bulunmamaktadır. PMİ yönelik birçok bilimsel çalışma olmasına rağmen, bu tarz çalışmalar tek başına yeterli olamamaktadır. PMİ belirlenmesi PM değişimleri çevresel ve içsel faktörlerden etkilendiği için ve bu faktörlerin tamamını belirleyip hesaba katmak mümkün olmadığı için bilimsel olarak kesin bir tespitten ziyade yaklaşık bir tahmin olabilmektedir (Şahin, 2014).

PMİ erken dönemde saat aralıkları, geç dönemde gün ve haftalar, çok ileri dönemlerde ise ay ve yıllarla ifade edilen zaman dilimleri şeklinde ifade edilir. PMİ saptanmasında öncelikle erken ve geç PM bulgularından yararlanılır ve bununla birlikte değişik laboratuvar yöntemlerine başvurulur (Şahin, 2014).

1.6.1. Ölüm Sonrası Değişimler

1.6.1.1. Erken Dönemde Meydana Gelen Değişimler

1.6.1.1.1. Fonksiyonel Belirtiler

Canlıya, canlılık özelliğini veren merkezi sinir sistemi, solunum ve dolaşım sisteminin durması ile ortaya çıkan geri dönüşümsüz belirtilerdir (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011).

1.6.1.1.2 Kasların Gevşemesi

Somatik ölüm gerçekleştiği anda vücuttaki tüm çizgili ve düz kaslar normal durumda sahip oldukları sertliklerini kaybederek gevşerler. Bunun sonucunda kişinin duruş pozisyonu bozulur. Bu duruma primer kas gevşemesi adı verilir (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011).

1.6.1.1.3. Sıvı Kaybı

Cesedin, kişinin yaş, cinsiyet ve cilt yapısının özelliklerine, bulunduğu ortama ait nem, hava, ısı sirkülasyonu gibi çevresel faktörlere bağlı olarak su kaybı oluşarak, cesedin ağırlığı azalmaktadır. Vücut ağırlığındaki bu azalma özellikle yenidoğan bebeklerde daha belirgin olarak gözlemlenir (Alper vd. 1999). Vücudun özellikle nemli ve cildi ince olan bölgelerinde sıvı kaybına bağlı olarak cilt kuruduğunda PM muayenesinde dehidratasyon bulguları ortaya çıkar. Vücut ağırlığında azalma, korneada

matlaşma, göz küresinde yumuşama ve çökme, skleranın kuruması ile kahverengi görünüm (tache noire sklerotica), erkeklerde skrotum cildinin dehidratasyona bağlı olarak kuruyup renginin koyulaşarak parşömenleşmesi, cildin sıyrıldığı bölgelerde sıvı kaybına bağlı olarak oluşan parşömen plağı en sık rastlanan PM dehidratasyon bulgularındandır (Şahin, 2014).

1.6.1.1.4. Kanın Pıhtılaşması ve Yıkılması veya Ayrışması:

Ölümden yaklaşık yarım saat sonra kalp boşlukları ve damar içerisindeki kan pıhtılaşmaya başlar. Ölümden yaklaşık 3 saat sonra eritrositlerde hemoliz olayının başladığı, yaklaşık 24 saatte de tamamlandığı bildirilmektedir (Tsokos, 2004).

1.6.1.1.5. Vücut Sıvılarının Postmortem Biyokimyasal Değişimi

Ölümden sonra, mikroorganizmaların üremeye başlaması, glikojenolizis, glikolizis, fosforik ve laktik asit birikimi sonucu kan pH'ı düşer, çürümenin başlamasından 24-36 saat sonra NH₃ gibi bazik ürünlerin ortaya çıkması sonucu pH yeniden yükselir (Birinci, 2012).

1.6.1.1.6. Cesedin Soğuması (Algor Mortis)

Ölümden sonrası vücut ısısı çevre ısısı ile eşitlenene kadar soğur. Cesedin soğuma hızı bize erken dönemde ölüm zamanı hakkında fikir verebilir. Cesedin soğuması yüzeyden başlar ve iç organlara doğru ilerler ve yaklaşık 24 saat sonra çevre ısısı ile eşitlenir. Ölüde vücut sıcaklığı dıştan yalnızca rektal yoldan yapılır (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011).

1.6.1.2. Geç Dönemde Meydana Gelen Değişimler

1.6.1.2.1. Rigor Mortis (Ölü katılığı)

Ölümden sonra, primer kas gevşemesini vücudun istemli ve istemsiz tüm kasların ölüm sonrası katılaşması ve sertleşmesidir. Ölüm sonrası vücutta enerji üretimi durduğundan kasların kasılması için gerekli olan adenozi trifosfat (ATP) üretilmemesine bağlı olarak kasların kasılı halde kalmasıdır (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011).

Ölü katılığı olgudan olguya değişiklik göstermektedir. Ölümden sonraki 3-5 saatlerde ortaya çıkar ve 8-10 saatten 15-18 saate kadar değişen sürelerde maksimum seviyeye ulaşır ve genellikle 36-48 saat sonra çürüme ile birlikte çözülmeye başlar. Sıcak ve nemli ortamlarda bu süreler kısalırken soğuk ortamlarda bu süreler birkaç güne kadar uzamaktadır. Çevre ısısının arttığı durumlarda, ateşli hastalıkları takip eden ölümlerde, bebeklerde, vücutta elektrik akımı geçtiği durumlarda, epileptik nöbetlerde ve ölüm öncesi aşırı kas aktivitesinin olduğu durumlarda daha hızlı oluşurken, zayıf hastalarda, yaşlılarda ve soğuk ortamda ölü katılığı hafif yada daha geç oluşur (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011).

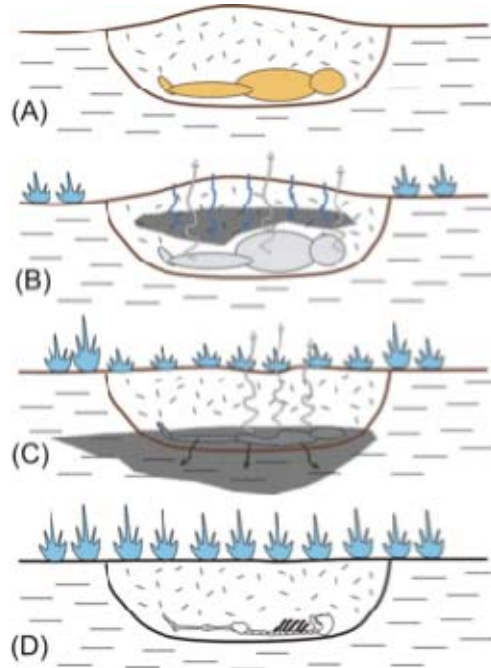
1.6.1.2.2. Livor Mortis (Ölü lekeleri)

Ölü lekeleri, kanın ölümden sonra kalp ve özellikle büyük venlerde hareketsiz kalıp, yerçekiminin etkisi ile vücudun pozisyonuna göre altta kalan kısımlarında küçük damarların içerisinde birikmesi sonucu meydana gelen renk değişimidir (Şahin, 2014). İlk önce eritrositlerin parçalanmasına bağlı olarak kırmızı olan rengi daha sonra eritrositlerin oksijenini kaybetmesi sonucu sonucu morumsu bir renk alır. Ölü lekeleri vücudun yerle temas eden kısımları basıya uğradığından bu kısımlardaki damarlarda kan birikimi olmayacağından bu bölgelerde oluşmayacak ve soluk olarak kalacaktır (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011).

Ölü lekeleri en erken 1-2 saatte, genelde ise ölümden 3-5 saat sonra vücudun alt kısımlarında bası görmeyen kısımlarında ince çizgiler halinde oluşmaya başlar. 8-12. saatlerde maksimuma ulaşır ve fiske olur. Kanda bulunan hemoglobin, çürüme sonucu meydana gelen gazlardan kükürt ile birleşince sülfhemoglobin adı verilen yeşil-siyahımsı bir renkte bileşik oluşturur ve ölü lekelerinin ayırt edilmesi imkansız hale gelir. Ölü lekeleri, ölümden sonraki ilk 10 saat içerisinde cesedin pozisyonu değiştirilirse ilk olduğu kısımlardan kaybolup yeni pozisyonuna uygun şekilde yeniden oluşur, ölümden sonra 10-15 saat içerisinde cesedin pozisyonu değiştirilirse hem ilk hem de yeni pozisyonuna uygun yerlerinde oluşur, ölümden 15-20 saat sonra cesedin pozisyonu ne kadar değiştirilirse değiştirilsin ölü lekeleri fiske olduğundan yerleri değişmez (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011, Lew ve Matshes, 2005, Şahin, 2014).

1.6.1.3. Çürüme (Dekompozisyon)

Tüm biyolojik canlılar öldükten sonra ekolojik sisteme katılırlar. Bu süreç çok uzun yılları alır (Şekil 1.3). Bu çürüme süreci otoliz ve pütrefikasyon olarak iki aşamada incelenir.



Şekil 1.3. Gömülü cesetlerde dekompozisyon (Mert, 2014)

1.6.1.3.1. Otoliz

Ölümden sonra cesedin dokuları makroskopik ve mikroskopik değişime uğrar. Otoliz olayı, hücre ve organların hücre içi enzimlerin etkisiyle aseptik kimyasal bir süreçte yıkılması olarak tanımlanırken, pütrefikasyonda; dokuların ve organların bakterilere bağlı olarak bozulması söz konusudur (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011). Otolitik süreç, organların hücresel farklılığı, enzim içerikleri ve pH değişiklikleri ile birlikte ısı, hava nemi ve çevresel etkenler gibi değişik faktörlere bağlıdır. Kimyasal bir süreç olan otoliz sıcaklığın çok arttığı ya da azaldığı durumlarda yavaşlar ve aşırı soğukta durur. Otoliz ölümün tipik bulguları olan ölü soğuması, ölü lekeleri ve ölü katılığının da temel sebebidir (Şahin, 2014). Otolizle başlayan çürüme olayı, kokuşma ile devam eder (Şekil 3).

1.6.1.3.2. Pütrefikasyon (Çürüme, Kokuşma)

Çürümenin (dekompozisyonun) ikinci aşaması olan pütrefikasyon, günlük kullanımda sıklıkla çürüme olarak tanımlanır. Bu süreçte bakteriler ve fermantasyon etkindir. Ölümden sonra dokular ve hücreler bozulmaya ve cesetteki dokular sonunda kademeli olarak gaz, sıvı ve tuzlara ayrılmaya başlar (Adli Tıp Ders Kitabı, 2011). Kişi canlı iken vücutta bulunan bakteriler, ölümden sonra vücudun bakterilerin çoğalması için mükemmel bir ortam oluşturmamasından dolayı çoğalarak dokuları istila ederler (Soysal vd, 1999). Çürümede vücuttaki bakteriler önemli rol alır. Bakterilerin sayıları çürüme üzerinde doğru orantılı olarak etkilidir. Az sayıda bakteri, içeren yeni doğan cesedi geç çürürken, sepsis gibi enfeksiyon durumlarında çürüme çok hızlı seyreder (Birinci, 2012). Çürüme sıcak ortamlarda postmortemde 24 saat içerisinde oluşabilmekle iken soğuk ortamlarda bu durum 10-14 güne kadar gecikebilir. Çürümenin en iyi olduğu sıcaklık normal vücut sıcaklığı olan 36,5-37 derece olup bu sıcaklıklarda çürüme maksimum olup 0 derece ve altındaki sıcaklıklarda durma noktasına gelir (Birinci, 2012). Cesetteki çürüme genelde çekumda batın sağ alt kısmında yeşil renk değişikliğiyle başlar.

Açıktaki kalan cesetlerde kemiriciler, etoburlar, yırtıcı kuşlar, balıklar, böcek ve sineklerin müdahalesine açık olduğundan cesedin çok hızlı değişimine zemin hazırlar ve çürümenin çok hızlı ilerlemesine neden olur. Çürüme olayının başlamasından sonra çürüme sürecinde böcekler önemli rol oynar. Böceklerin cesetle olan etkileşimini inceleyen Adli entomoloji bilim dalı PMİ tayinine önemli katkılar sağlamaktadır (Açıkgöz vd., 2002, Şahin, 2014).

Gömülen cesetlerde çürüme açık hava ve suda bulunan cesetlere göre daha yavaş olmaktadır. Toprak altında, sıcaklığın daha düşük olması, hava akımının olmaması, dış müdahalelerin olmaması çürümeyi geciktirir. Toprak içerisindeki bakteri fauna, toprağın tekstürü, organik madde içeriği, toprak rekasiyonu (pH), kation değişim kapasitesi (KDK), toprağın mineralojik, kimyasal, fiziksel özellikleri ile iklim koşulları da çürümeye etki eden faktörlerdendir (Mert, 2015).

Çürümüş olan dokularda temelde üç değişiklik meydana gelir. Bunlar dokulardaki renk değişiklikleri, gazların oluşumu ve dokuların likefaksiyonudur (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Çürüme Sürecinde Meydana Gelen Morfolojik Değişimler (Şahin, 2014)

Gün	Çürümeye bağlı dış muayenede gözlenen morfolojik değişimler
1-2	Gözde renk kaybı ve yumuşama Batında yeşil renk gelişimi ve değişimi
2-3	Şişmenin aktif başlaması, Batının büyük kısmında koyu yeşil renk dönüşümü, Diğer alanlarda yamalar halinde yeşil renk görülmesi
3-4	Ciltte mermerleşme belirtileri Ağız ve burundan çürüme sıvısı sızması
5-6	Ciltte gül oluşumu, cilt soyulması Batın, skrotum ve yüzde şişme,
8-14	Tüm vücutta belirgin şişme, Yüz, boyun ve toraks duvarında kırmızımsı yeşil renk değişimi, Saç-kıllar gevşek, dökülmeye başlamış
21-25	Gözlerin dışarıya doğru fırlaması ile dokuların yumuşaması ve kokuşmanın devam etmesi
>28	İlerlemiş cilt sıvılaşması ve siyah renk değişimi, Tırnaklarda kayıp

1.6.1.3.2.1. Renk Değişiklikleri

Çürümenin harici muayenede görülebilecek en erken bulgu, su, batin sağ alt kadranda cildin yeşilimsi bir renk almasıdır (Şahin 2014). Genelde potmortem 24-48 saat içerisinde oluşmaya başlar. Renk değişiminin burada görülmesinin sebebi; bağırsak içeriğinin daha sulu ve bakterilerin çok olduğu çekum bölgesinin üzerinde olmasıdır. 18-20°C' de PM bir hafta içerisinde çürüme haritaları meydana gelir (Soysal, 1999).

1.6.1.3.2.2. Gazların Oluşumu

Ölüm sonrasında, otoliz ve mikroorganizma üremesi ile hidrojen sülfür, metan, karbondioksit, amonyak, hidrojen ve merkaptan gibi gazlar oluşmaktadır (Hancı, 2002). Bağırsaklardaki gazlar karnın gerilmesine, şişmesine neden olur. Gazların basıncıyla feçes rektumdan, mide içeriği ağız ve burundan çıkar. Gazlar vücudu şişirir. Dokuların gevşek olduğu skrotum, göz kapakları gibi bölgelerde şişme daha fazladır (Hancı, 2002).

1.6.1.3.2.3. Dokuların Yumuşaması - Sıvılaşması

Çürümenin ileri dönemlerinde tüm vücut dokuları içerdikleri kas ve fibröz doku miktarına göre farklı derecelerde yumuşama ve sıvılaşma (likefaksiyon) gösterirler. Cilt ve dokular hipostatik sıvı ile dolar ve çürümeye bağlı olarak epidermisin yumuşaması ile cilt soyulur ve üst epidermis ayrılır. Saçlar ve tırnaklar kolaylıkla köklerinden ayrılabilir (Soysal, 1999).

1.7. Adli Bilimlerde Toprak

Toprak; magmatik, metamorfik ve sedimanter süreçlerle oluşan kayaların, atmosferik etkilerle (aşınma, rüzgar, meteorik sular gibi) parçalanması sonucu

oluşan inorganik ve organik materyalleri bünyesinde barındıran temel yapı taşıdır. Son yıllarda teknoloji ve bilimin gelişmesine paralel olarak birçok alanda kullanıldığı gibi, adli bilimlerde de adli olayların çözümüne katkı sağlayan önemli deliller arasında yer almaktadır.

Adli toprak ve adli jeoloji bilimleri, adli mühendislik, adli antropoloji ve adli arkeoloji ile yakından ilgilidir. Adli incelemelere, jeoloji ve jeolojinin bütün alt disiplinleri (sedimentoloji, mineraloji, petroloji, jeokimya, paleontoloji ve jeofizik) önemli katkılar sağlamaktadır (Pye, 2004). Adli toprak incelemeleri ile gömülü veya toprak üzerinde çürümeye bırakılmış cesetlerde toksikolojik incelemeler gibi geniş bir kullanım alanına sahipken, terör, asayiş ve cinayet olaylarında, olay mahallinde ve maktulden elde edilen jeolojik materyaller fiziksel delil olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda adli ve hukuki literatürde daha genel anlamda sediment, toprak, toz ve kayaç parçacıkları “Toprak delilleri” olarak kullanılmaktadır.

1.7.1. Toprakta Ağır Metallerin davranışı

Toprak su sisteminde Cd katyonları ile karbonat, fosfat ve benzeri anyonlar arasındaki reaksiyon çok farklı olabilmektedir. Çünkü katyon ve anyonlar, toprak kolloidleri tarafından absorbe olduğu zaman tepkimeye girerler. Örneğin toprak tarafından Cd alımının 10 dakikada tam % 90 olduğu saptanmıştır.

Cd, diğer iz elementlere kıyasla daha mobil olmasına rağmen, toprak partiküllerine kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Toprakta Cd transferi azdır, bunun nedeni ise elementin toprak katında bekleme süresinin yüksek olmasıdır. Cd'un toprağın sürüm katında ortalama bekleme süresi 200-800 yıl olarak tespit edilmektedir.

Katyon ve anyonlar toprak partikülleri tarafından adsorbe edilir ve kimyasal reaksiyonlara yeterince giremezler. Önce Cd, Ca ve Mg gibi katyonlarla yer değiştirir, daha sonra karbonat ve fosfat anyonları tarafından kimyasal olarak tutulduğu zaman reaksiyon meydana gelir. Eğer topraklar negatif elektrik yükü ile

yüklenmişse veya anyon ve katyon hidratasyon derecesi yüksekse ortamda kolaylıkla değişebilir durumda serbest Cd iyonları kalır. Bunun aksi durumlarda ise kimyasal reaksiyonlarla Cd immobilizasyonu artar. Asit topraklarda, anyon yüzeyleri geniş miktarlardaki serbest H^+ , Al^{+3} , Fe^{+3} ve Mn^{+2} iyonlarıyla dominant hale getirilir, bu durumda Cd'un reaksiyon yüzeyine girişi sınırlandırılır ve Cd asit topraklarda daha fazla mobildir. Ancak kuru asit topraklarda iyon hidrotasyonu azalacağı için mobilite azalır, Cd immobilizasyonu artar (Haktanır ve Karaca, 1995).

Cd'un topraktan bitkiler tarafından alınımı üzerine iki önemli faktör etki etmektedir.

a- Toprak pH'sı,

b- Topraktaki Cd konsantrasyonu.

Bu faktörlerin yanında çok önemli olmasada toprak sıcaklığı, toprağın Fe ve Mn hidroksit kapsamı, toprak tekstürü, toprağın redoks potansiyeli ve diğer metallerle olan interaksyonu da bitkilerin Cd alınımı üzerine etki etmektedir. Ayrıca bitkideki Cd birikimi bitki çeşidine bağlı olarak da değişmektedir.

a- Toprak pH'sının Etkisi: Diğer koşullar aynı kaldığı sürece toprak pH'sının artmasıyla bitki dokularının Cd konsantrasyonu azalmaktadır.

b- Toprağın Cd Konsantrasyonunun Etkisi: Aynı kimyasal, fiziksel, biyolojik ve minerolojik koşullar altında toprağın Cd konsantrasyonunun artmasıyla bitkilerin Cd absorpsiyon miktarının arttığını çeşitli araştırmacılar rapor etmişlerdir. Feeney et al. (1984) Kaliforniya'da Cd konsantrasyonu düşük ve yüksek topraklarda yetiştirdikleri ıspanak, salata, havuç ve domates bitkilerinin Cd konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre gübre ve kanalizasyon atığı ilave edilmiş topraklarda yetiştirilen bitkilerin Cd konsantrasyonu, doğal topraklarda yetiştirilen aynı bitkilerin Cd konsantrasyonuna göre çok yüksek bulunmuştur.

Toprak pH'sının ve toprağın Cd konsantrasyonunun toprakta kadmiyumun hareketliliğine ve bitkinin Cd alımındaki rolü çok büyüktür. Bazı araştırmacılar bu faktörlerin yanında diğer bazı faktörlerinde bitkinin Cd alımı üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Örneğin, KDK, topraktaki Fe, Mn oksit miktarı, topraktaki P, Se, Mn, Cu, Zn ve toprak sıcaklığı Cd mobilitesi üzerinde etkili olmaktadır.

Topraklarda ağır metallerin tutulması ve birikiminde inorganik kolloidlerin cins ve miktarı diğer önemli bir etkidir. İnorganik toprak kolloidleri içerisinde kil minerallerinin tipi ve miktarı diğer elementlerin tutulmasının yanı sıra, ağır metallerin topraktaki tutulumunda önemli bir bileşen olmaktadır (Scheidegger ve ark. (1996). Shuman (1979), killi ve organik madde kapsamı yüksek olan topraklarda Zn, Cu ve Mn'ın, kumlu ve düşük katyon değişim kapasitesine sahip topraklara göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu, killi topraklarda çinko ve bakırın büyük bir kısmının toprağın kil fraksiyonunda bulunurken, kumlu topraklarda mikro elementlerin daha çok organik madde tarafından tutulduğunu belirtmiştir. Lothenbach ve ark. (1998), montmorillonit ve Al-montmorillonitin çinko ve kadmiyumu tuttuklarını belirtmişler, araştırmacılar ayrıca Al-montmorillonit ve çakıl çamurunun çinko ve kadmiyumu immobilize etmekte montmorillonite göre daha etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Ağır metallerin topraktaki hareketliliği üzerinde killerin yanı sıra organik madde miktarı ve toprak pH'sı önemli bir rol oynamaktadır (Sauve ve ark. (1998). Toprakta kil miktarı ve organik madde miktarı arttıkça ağır metallerin hareketliliği (mobilitesi) artmakta, toprak pH'sının artmasıyla ise metallerin mobiliteleri azalmaktadır (Gönülsüz ve Mordoğan (2000).

Eyüpoğlu ve ark. (1998), toprak pH'sı ile çinko kapsamı arasında azalan doğrusal bir ilişki olduğunu ve pH'nın artmasıyla çinko içeriğinin azaldığını yanısıra toprağın organik madde kapsamı arttıkça yarayışlı Zn kapsamının arttığını belirtmişlerdir. Luczak (1998), illit ve baydellit minerallerinin toprakta Pb adsorpsiyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, her iki kil mineralinin de farklı yüzey alanlarına sahip olmasına rağmen Pb elementinin

adsorbsiyonu üzerine aynı derecede etkili olduğunu, toprakta Pb adsorbsiyonunda asıl etkileyen faktörün pH olduğunu belirtmiştir.

Toprakların tanecik büyüklüğündeki farklılık fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özellikleri değiştirmesine bağlı olarak, çürüme sürecini etkilemektedir. Kaba bünyeli (kumlu) topraklarda tanecikler arası boşluk büyük olduğundan yoğun gaz difüzyonu (Carter ve Tibbett, 2010) sayesinde kuruma ve dolayısıyla nemin azalmasına bağlı olarak C ve N mineralizasyonunda işlev gören hidrolitik enzimler (beta glukosidaz, üreaz) yavaşlamaya başlar ve çürüme süreci tamamen durabilmektedir (Micozzi, 1997). Kaba bünyeli toprak eğer yüksek nem içeriğine sahipse bu durumda meydana gelen çürüme ise kalsiyum, fosfor ve manganez artışına bağlı olarak pseudomorf oluşumuyla sonuçlanabilmektedir (Bethell ve Carver, 1987). İnce bünyeli (killi) topraklarda ise gaz difüzyonu yeterli oranda gerçekleşmediğinden aerob mikroorganizmalar yerine daha az çürükçül olan anaerobikler üremekte (Swift, 1979) ve çürüme süreci yavaşlamakta (Hopkins 2000), cesedin dış yüzeyinde ve iç organlarda indirgenme koşulları altında kadavranın etrafında parçalanmayı yavaşlatıcı adiposir oluşumu meydana gelmekte ve sabunlaşma görülebilmektedir (Forbes et al., 2005; Tümer et al, 2013). Yüksek miktarda su, lipid ve protein içeren aynı zamanda dar C/N oranına sahip olan kadavra olup enteric (bağırsakla ilgili) ve dermal formda yüksek mikrobiyal kominite kaynağıdır (Wilson et al., 2007). Bu özelliklere sahip kadavranın parçalanması ise hızlı olup parçalanmada rol oynayan otoliz ve putrefaksiyon (putrefaction) prosesleri meydana gelmektedir.

1.8. Metal Toksikolojisi

Metallerin toksik etkileri her metalin özelliğine göre değişmektedir. Metallerin hepsi kronik ve akut alımda birden fazla organ ve sistemi etkilemektedir. Bu nedenle metal zehirlenmelerinde “hedef veya kritik organ”, o metale en duyarlı olan etki yeri için kullanılmaktadır (Konuk ve Liman Ders Notları).

Ağır Metaller bir çok sektörde kullanılmakta (Çizelge 1.2), bu metaller hem çevre hem de toprak toksisitesine sebep olmaktadır (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.2. Sektörel Bazda Ağır Metal Kaynakları (Kahvecioğlu, 2007)

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor- alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir- Çelik San	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Çizelge 1.3. Önemli Bazı Ağır Metallerin Ekolojik Sınıflaması (Yıldız, 2004)

Element	Özgül ağırlık g/cm ³	Bitki ve hayvan için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Ag Gümüş	10.5	-	Kirletici
Cd Kadmiyum	8.5	-	Kirletici
Cu Bakır	8.9	Gerekli	Kirletici
Fe Demir	7.9	Gerekli	Kirletici
Hg Civa	13.6	-	Kirletici
Mn Mangan	7.4	Gerekli	-
Pb Kurşun	11.3	-	Kirletici
Ni Nikel	8.9	Gerekli	Kirletici

Metaller Domingo tarafından 4 gruba ayrılmıştır (Domingo,1998). Bunlar;

1. Çevrede geniş oranda bulunan ve en fazla toksik etkiye neden ola metaller

Argon (Ar), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb)

2. Esansiyel metaller

Krom (Cr), Kobalt (Co), Mangan (Mn), Selenyum (Se), Çinko (Zn)

3. Biyolojik açıdan önemi olan metaller

Nikel (Ni), Vanadyum (Va)

4. Farmakoloji ile ilgili Metaller

Aliminyum (Al), Kalsyum (Ca), Lityum (Li)'dir.

1.8.1. Kurşun

Kullanılmakta olan en eski metallere biridir. Bilim adamları tarafından kurşunu, en eski metal olarak düşünülmüş ve Satürnne benzeterek ve onun simgesiyle göstermişlerdir. Doğal olarak bulunabilen metaller arasında yer alır. Kurşunun doğada en çok rastlanılan cevher mineralleri, galenit (PbS), serüsit (PbCO₃) ve anglezit'tir (PbSO₄). Bu mineraller arasında en önemli olanı kurşun üretiminde kullanılan galenittir. Genel olarak galenit, sfalerit (ZnS), gümüş ve pirit (FeS₂) ile parajenez yapar.

Kurşun; akü imali, kablo izolasyonu, mühimmat, alaşımlar, kimyasal maddeler ve pigmentler, radyasyon yalıtımlar ve benzin katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kurşunun kolay işlenebilen, yaygın bir metal olması ve ergime derecesinin düşüklüğü (327.5 °C) nedeniyle iş yaşamında çok yaygın olarak kullanılır (Çizelge 1.4).

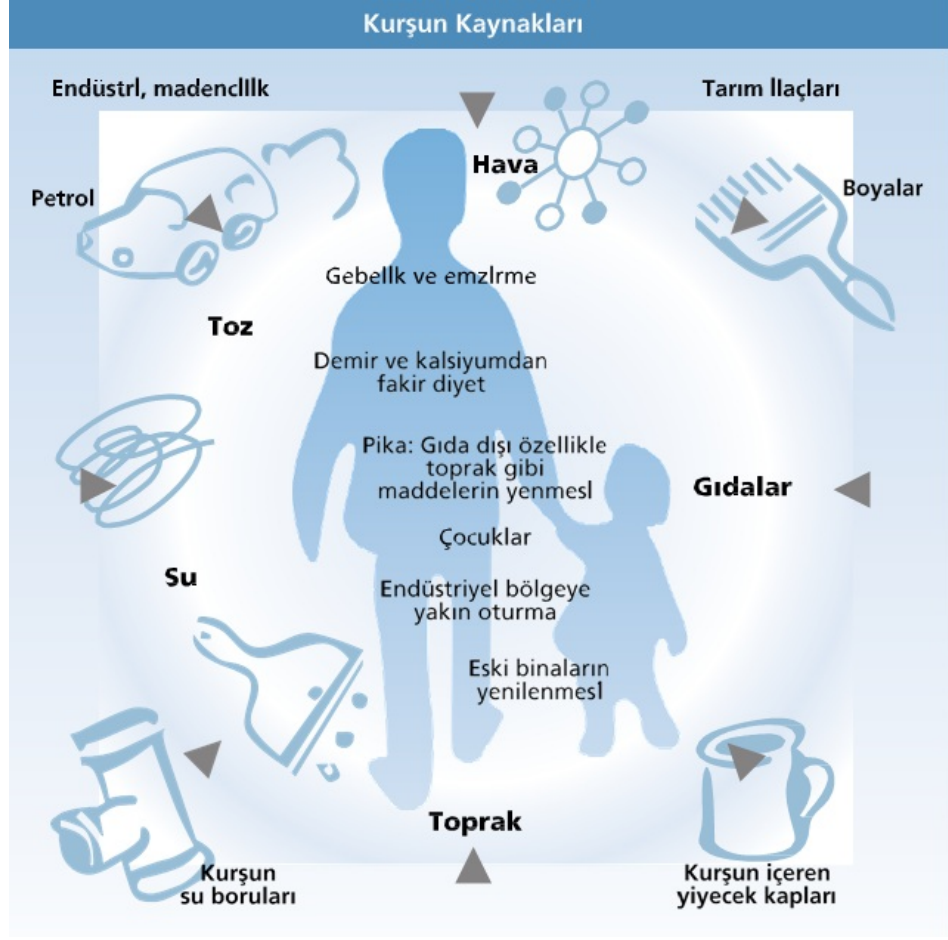
Kurşunun, tetraetil ve terametil gibi bileşikler akaryakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu durum geniş ölçüde çevre ve hava kirliliği açısından önem taşımaktadır. Yüzbinlerce ton kurşun, kurşunlu petrolden elde edilen ve kurşun tetraetil ((CH₃CH₂)₄Pb) eklenerek oktan sayısı artırılan yakıtlarla çalışan içten yanmalı motorlardan çıkan gazlarla dünya atmosferine boşaltılmaktadır. Atmosferden kurşun (büyük oranda metal oksitleri ve tuzları şeklinde) yağmurla tekrar yeryüzüne inerek çevremize her geçen gün daha fazla yayılmaktadır. Atmosferdeki kurşun birikmesinin büyük bir kısmı bu şekilde olmaktadır. Son zamanlarda kurşunsuz benzin kullanma eğilimi havadaki kurşun konsantrasyonunun azalmasına sebep olmuştur.

Çizelge 1.4. Kurşun metali ile ilgili genel bilgiler

Sembol	Pb
Atom Numarası	82
Atom Ağırlığı	207,2 g/mol
Erime Noktası	327,5 °C
Kaynama Noktası	1740°
İzotopları	Kütle Numarası 204, 206, 207 ve 208 olan 4 izotop
Yükseltgenme seviyeleri	+4 ve +2
Yogunluk	11,34 g/cm ³
Renk	Mavimsi/gümüş grisi

Kurşun madenleri ve metal endüstrileri, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayi atık sularında da istenmeyen konsantrasyonlarda kurşun kirliliğine rastlanır. Kurşun, hava, su ve toprak yoluyla, solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Kurşun işletmeciliği yapan madenlerde ve akümülatör fabrikaları çevresinde yetişen bitkilerin gramında 3200 mikrogram kurşun tuttukları belirlenmiştir (Özçelik, 1998). Kurşunca zengin topraklarda yetişen bitkiler ve bu yörelerden geçen akarsularda kurşun konsantrasyonu artmaktadır (Şekil 1.4.). Zamanla tehlikeli düzeye ulaşan kurşun birikimi insanda kronik maruziyete sebep olmaktadır.

Kurşunun deri yolu ile alımı hasara uğramış deri bölgesinden sınırlı oranda olmaktadır. Organik kurşun bileşikleri dışında kalanlar deri yolu alımı yoktur (Dündar ve Arslan,2005). Kurşun vücuda genellikle solunum ve ağız yolu ile alınmaktadır (Şekil 4). Kurşunun emilimi de buna bağlı olarak gastrointestinal yoldan ve akciğerden olmaktadır (İzler, 1989). Solunum yolu ile kurşunun %30 - %50 sisteme yerleşir. Alınan kurşunun tamamı vücut tarafından absorbe edilir. 1-3 mikrometre çapında olan kurşun partikülleri akciğere yerleşirken, daha büyük partiküller solunum yoluna tutulur (Özçelik, 1998).



Şekil 1.4. Kurşunun vücuda alım yolları (Kurşun Zehirlenmesi, Centro Laboratuvarları sitesinden alınmıştır.)

Endüstriyel etkilere maruz kalmamış topluluklarda kurşun kaynağı yiyeceklerdir. Vücuda alınan kurşunun %40'ını yiyecekler ve içeceklerden alınan kurşun oluşturmaktadır. Yiyeceklerde bulunan kurşun üretim ve depolama aşamasından kaynaklanmaktadır.

Suda güçlükle çözünen kurşun, ağız yolu ile alındığında mide asitleri etkisi ile çözünüp emilime uğrayabilir. Bazı kurşunlu bileşiklerde safra etkisi ile çözülür. Kalın bağırsaklara geçen kurşun bileşikleri kurşun sülfür şekline dönüşüp feçesle vücuttan atılır.

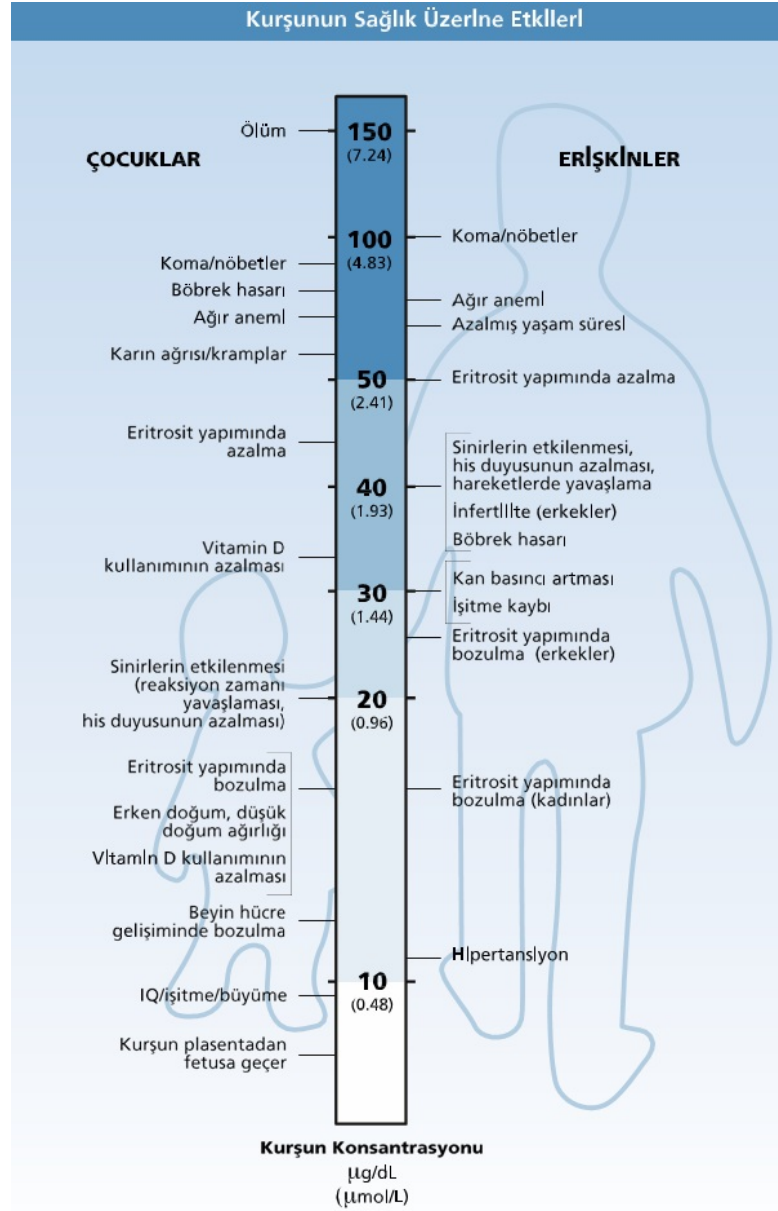
Kurşun asetat gibi çözünebilen bileşikler, oral yol ile alındığında sindirim kanalındaki besin maddelerinin protein ve diğer bileşimlerin yaptıkları komplekslere bağlı olarak emilime uğrarlar. Eğer çözünmeyen bileşikler oluşturlarsa emilim sınırlandırılır (Air Quality Quidelines For Europe, 1987). Kanda demir miktarı kurşun miktarı ile ters orantılıdır. Bu durum çocukların gelişimi için büyük risk teşkil etmektedir.

Çeşitli yollarla vücuda alınan kurşun belirli bir konsantrasyona ulaşana kadar organ ve dokularda birikmeye daha sonra da atılmaya başlar. Kurşunun organ ve dokularda birikimi; birinci aşamada, organlara kadar gelen kurşun karaciğer, dalak, kemik iliği ve böbreklerde tutulur. Daha sonra kaslar, merkezi sinir sistemi, kalp, saç, kıllar ve tırnaklarda tutulur. İkinci aşamada ise yumuşak dokularda mobilize olan kurşun kalsiyumca zengin dokulara özellikle kemik ve dişlere dağılarak, buralarda daha zor çözünen tersiyer fosfatı halinde bağlanarak depolanır (Sanlı vd., 1995).

Akut Kurşun Maruziyeti: intihar, cinayet ve kaza ile ağız yolu ile yüksek dozda kurşun maruziyetidir. Akut zehirlenmelerde; GİS; iştahsızlık, bulantı, abdominal ağrı/kramp, kostipasyon, Geçici beyin hasarı, konvülsiyon, böbrek hasarı, anemi, karaciğer hasarı, hemoliz ve ölüm görülür (Şekil 2. 5).

Kronik Kurşun Maruziyeti: mesleki maruziyetler, çevre kirliliğine bağlı maruziyetler ve öldürme amaçlı maruziyetler olarak solunum ve ağız yolu ile uzun süreli olarak kurşunun vücutta birikmesi ve toksik etkisi olarak tanımlanmaktadır. Kronik Toksisitede; kilo kaybı, güçsüzlük, anemi, öğrenme güçlüğü, sosyal iletişim bozukluğu, ensefalopati, GİS şikayetleri, nöro motor bozuklar ve ölüm görülmektedir (Şekil 1.5).

Kurşunla zehirlenmelerde antidot olarak Ca-EDTA kullanılır. Bu nedenle kandaki serbest kurşun iyonu (zehirlenme durumunda), kompleksteki kalsiyumun yerini alır ve idrarla atılır (Vural, 1996).



Şekil 1.5. Kurşunun sağlık üzerine etkileri (Kurşun Zehirlenmesi, Centro Laboratuvarları sitesinden alınmıştır.)

1.8.2. Kadmiyum

Kadmiyum mavimsi çizgilenmeler gösteren gümüş beyazı renkte, yumuşak, işlenebilir, aşınmaya dayanıklı bir metaldir (Çizelge 1.5). Başlıca Zn, Pb-Zn, Pb-Cu-Zn cevherlerinden elde edilir.

Çizelge 1.5. Kadmiyum metali ile ilgili genel bilgiler.

Sembol	Cd
Atom Numarası	48
Atom Ağırlığı	112,40 g/mol
Erime Noktası	320 °C
Kaynama Noktası	1040°K (767°C 1413°F)
Proton ve Elektron Sayısı	48
Nötron Sayısı	66
Yogunluk	8,6 g/cm ³
Renk	Gümüş beyazı

Pigment ve plastik sertleştirici olarak büyük miktarlarda Cd ve bileşikleri kullanılır. Cd-Ni pillerinde, düşük erime ısıyla alaşımlarda ve Ag lehiminde de kullanılır. Primer ve sekonder Cd eritilmesi, Cd kaplama endüstrisi, alkalin pil fabrikaları, Cd pigment yapımı, kadmiyum alaşımları, kullanıcıları ve kaynakçılar risk grubundadır.

Kadmiyum 1817 yılında keşfedilmiş toksik bir ağır metaldir. Endüstriyel kullanımı 50 yıl öncesine dayanmaktadır. Aşındırıcı olmayan özelliği sebebi ile genellikle kaplama sanayinde kullanılır. Ayrıca nükleer santrallerde nötron absorblayıcı olarak, yine aşındırıcı olmayan özelliği sebebi ile uçak sanayinde, insektisit formülasyonlarında, plastik yapımında stabilizatör olarak, boya yapımında ve nikel-kadmiyum pil sanayinde kullanılmaktadır. Kurşun üretiminde ise yan ürün olarak oluştuğundan çevre kirliliği açısından önemli bir yer oluşturmaktadır (Aberhart vd. 1984; Castaing vd. 1986). Bütün gıdalarda çok az da olsa kadmiyum bulunur. Özellikle mantarlar ve kabuklular kadmiyumca zengindir. 1817 yılında toksikolojik açıdan problem teşkil edeceği düşünülmeyen bu metal son yıllarda endüstriyel kullanıma paralel olarak, kurşun ve civa gibi ekotoksikolojik olarak daha önemli hale gelmiştir (Şener ve Yıldırım 2000; Fikirdeşici, 2010).

Kadmiyum, doğada kurşun ve çinko maden filizleri ile birleşmiş halde bulunur. Yeryüzünde ortalama kadmiyum konsantrasyonu yaklaşık 0.5 µg/g'dır (Kang, 1983).

Atmosferdeki kadmiyumu oluşturan kaynaklar için çelik endüstrisi, volkanik aktiviteler ve çöplerin imhasında uygulanan teknoloji sayılabilir. Bütün ekolojik faaliyetler neticesinde günlük bir kişinin solunum yolu ile aldığı kadmiyum 1- 20 µg'dır. Ayrıca tütün yaprakları bünyesinde önemli miktarda kadmiyum içerdiğinden, bir sigaradaki kadmiyum miktarı 1-2 µg arasında değişim göstermektedir. İçme suları çok düşük konsantrasyonda Cd içerir (WHO,1992).

Kadmiyum maruziyeti, mesleki maruziyetler ile topraktan aldığı kadmiyumu depo eden sebzelerin ve tütünün tüketilmesi ile olmaktadır. Lağım atığından toprağa kadmiyum transferi olduğu gibi, gübrelerle birlikte toprağa ve bitkilere kadmiyum geçmektedir (Wittman ve Hu, 2002; Jarup ve ark., 1998). Dünya Sağlık Örgütü, dünya Gıda ve Tarım Örgütü karma komisyonu tarafından besin maddelerinde izin verilebilir Cd konsantrasyonun maksimum 5 ppm (µg/g) olması gerektiği belirtilmiştir.

Kadmiyum, fizyolojik non-esansiyel bir metaldir. Cd, solunum ve ağız yolu ile akut ve kronik alımı mümkünken, yaralanması olan deri bölgesinden de minimal düzeyde alım söz konusudur (Boğa, 2007). Kadmiyum Klorür gibi suda çözünebilen kadmiyum tuzları deriden yaklaşık %4 oranında emilime uğrar (Özçelik,1998). Oral olarak alınan Cd bileşikleri hayvan türlerine göre % 0.5-12 oranlarında emilir. Cd özellikle oksit bileşiği işletilen maden yataklarında ve kapalı fabrika ortamlarında kolayca buharlaşarak solunum ortamında tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır (Özçelik, 1998). Solunum yolu ile alınan kadmiyumun büyük bölümü akciğerlerden emilir. Vücutta absorbe olan Cd hızla karaciğer, böbrek ve dalakta birikmeye başlar. Kronik maruziyette kalındığında, Cd düzeyi böbrekte, karaciğere oranla bir kaç kat daha fazla olacaktır (WHO, 1992; Sanlı, 1995). Cd atılımı böbreklerde yavaştır. Karaciğerdeki yarılanma ömrü böbrekten daha kısadır (Lauwerys, vd. 1994). Dokulardaki birikimi, kadmiyumun miktarına ve hastanın yaşına bağlı olarak değişim göstermektedir.

İnhalasyon ve oral yolla alınan Cd'un %70'den daha fazlası kanda kırmızı kan hücrelerine bağlanarak, metallothioneine (MT) karaciğer ve böbrek içinde tutunarak akciğer ve böbrekte akümüle olur (Hodgson, 2004). Oral yolla alınan Cd büyük

ölçüde feçes ile dışarı atılır. İdrar da önemli bir atılım yöntemidir. Kronik maruziyet vakalarında tırnak, kıllar ve deride de düşük konsantrasyonda Cd rastlanılabilir.

Oral yolla alınan Cd bileşik şekline göre değişim gösterse de 500 - 800 mg/kg düzeyinde ölüm olayı gerçekleşmekte iken metalik ve suda çözünmeyen bileşik türlerine sahip kadmiyumda bu düzey artmaktadır (Lauwerys, vd. 1994).

Akut Kadmiyum Maruziyeti; kazara, cinayet ve intihar amaçlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Akut Cd zehirlenmesinde çoğunlukla Cd buharının solunması ile üst solunum problemleri ile karşımıza çıkmaktadır. Alınan doza da bağlı olarak mesleki maruziyet olarak karşımıza çıkan akut intoksikasyonda ilk bir kaç saat içerisinde belirtiler ortaya çıkmakta ve inhalasyona bağlı olarak irritasyon ile akciğer problemleri görülmektedir (Last ve Wallace, 1992).

Akut solunum yolu zehirlenmesinde öksürük, boğaz ağrısı erken belirtileri, göğüste sıkışma hissi, nefes, mide bulantısı, baş dönmesi darlığı, halsizlik, ateş vücut ağrıları ve diğer belirtiler ciddi toksik kimyasal pnömoni veya pulmoner ödem, nefes darlığı olabilir. Önemli ölçüde göğüs ağrısı, köpük Scarlet (kırmızı renkte) bir öksürük, balgam, akut solunum yetmezliği ve ölüm ile sonuçlanabilir.

Ağızdan alınan akut kadmiyum zehirlenmesinde; kuluçka süresi çok kısa olup (genellikle 10 ila 20 dakika) hemen bulantı ve kusma, karın ağrısı, ishal ve diğer belirtiler. Şiddetli vertigo çöküşü ile birlikte bol bol ekstremitte kaybı hissi ve hatta konvülsiyonlar, şok ve ölüm gerçekleşir (Hodgson, 2004).

Kronik Kadmiyum Maruziyeti: Mesleki maruziyetler, kazara ve cinayet amaçlı ile intihar amaçlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Kronik Cd zehirlenmesinde çoğunlukla mesleki maruziyetler söz konusudur. Kadmiyum kronik maruziyeti çok endişe vericidir. Yarılanma ömrü 30 yıl olduğundan vücuttan atılımı çok yavaştır (Hodgson, 2004). Kronik Cd zehirlenmelerinde başta böbrek olmak üzere akciğer ve dolaşım

sistemi hedef organlardır. Oral yolla alınan kronik maruziyetlerde ciddi böbrek, akciğer, gastrointestinal sistem problemleri ile karaciğer hasarları ortaya çıkar.

Kronik maruziyette kadmiyum için kritik organ böbreklerdir. Ağız yolu ile alımda da böbrek hasarları maruziyet neticesinde karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde Cd zehirlenmesinin en bariz örneği olarak; Japonya'nın Toyama kentinde maden sahalarında çinko filizlerine bağlı olarak Cd sulama kanallarına karışması oradan aşırı Cd karışan pirinçler nedeniyle 200 kişide ağır Cd zehirlenmesine bağlı olarak kalıcı kemik ve böbrek rahatsızlıklarının ortaya çıkması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kronik Cd zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki akciğer ve prostat kanseridir. Kemik erimesi, kansızlık, diş dökülmesi ve koku duyumunun yitilmesi önemli etkilerindendir (Yağmur vd., 2003). İnsanlar besin zincirinin yanı sıra çimento üretimi, demir işlemesi gibi fosil yakıt kullanım işlemleri sonucunda havaya ve dolayısıyla çevreye yayılan Cd'u solunum yoluyla da almaktadırlar. Bu bağlamda çimento tozlarına maruz kalan bir kırsal yerleşim birimindeki Cd durumunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada yaşları 15-82 yaş üstü insanların kan Cd konsantrasyonu ortalama 2.328 g/l iken kontrol grubunda 1.308 g/l düzeyinde olduğu bildirilmiştir (Işıklı vd., 2007).

Kadmiyumla yapılan deneysel çalışmalarda genital damarlardaki toksik etkiden kaynaklı olarak testis üzerinde olumsuz etkilerden bahsedilmektedir (Çolakoğlu, 2011).

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Doktora çalışması kapsamında olan bu deneysel hayvan çalışması için Ankara Üniversitesi Deney Hayvanları Etik Kurulundan onay alınmıştır. Akut Ağır metalle öldürme olayı sonrası arazide çürüyen cesetlerin temas ettiği topraktan yapılacak inceleme ile toksik materyalin türü ve miktarının belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışma; deney hayvanlarına uygulama, arazi, laboratuvar ve büro çalışmasını kapsamaktadır.

2.1. Deney Aşaması

Çalışmanın ilk aşaması olan ratların akut oral gavaj ile Kurşun (Pb) ve Kadmiyum (Cd) intoksikasyonuna maruz bırakılması ve sonrasında kontrol grubunun servikal dislokasyonu Ankara Üniversitesi Deney Hayvanları ve Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiş (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Ankara Üniversitesi Deney Hayvanları ve Araştırma Laboratuvarı

Akut kurşun ve kadmiyum intoksikasyonu oluşturmak için, deney hayvanı olarak ortalama 250 ile 300 g arasında değişen ağırlıklarda, Wistar Albino türü 30 adet (15 adet dişi ve 15 adet erkek) rat kullanıldı. Ratlar 10'arlı (5dişi+5erkek) olacak şekilde 3 gruba ayrıldı. Birinci grup kurşun, ikinci grup kadmiyum ve üçüncü grup kontrol grubu olarak rastgele belirlendi.

Ratlar için kurşun ve kadmiyum letal dozu literatür taraması yapılarak tespit edildi. Akut zehirlenme ile ölüm olaylarını (cinayet ve/veya intihar) temsil etmesi amacı ile belirlenen dozdaki kadmiyum klorür ve kurşun asetat çözeltisi serum fizyolojik kullanılarak hazırlandı. Hazırlanan çözeltiler ratlara oral gavaj yardımı ile verildi (Çizelge 2.1) (Şekil 2.2).

Çizelge 2.1. Ratlara verilen ağır metallerin miktarları

	Rat Ağırlık (g)	(mg/kg)
1. Grup (Kurşun Asetat - Pb (C₂H₃O₂)₂)	250 -300	4800
2. Grup (Kadmiyum Klorür)	250 -300	800



Şekil 2.2. Numune Hazırlama ve oral gavaj ile akut intoksikasyon

İntoksikasyon işlemi sonrası ilk 45. dakika ila 2 saat içerisinde Kadmiyum verilen grubun ölümü gerçekleşirken, kurşun verilen grubun akut uygulamadan 6 ila 9 saat arasında ölümü gerçekleşti. Kontrol grubu 10 adet (5dişi+ 5 erkek) rat servikal disloksayon ile sakrifiye edildi (Şekil 2.3 a).



Şekil 2.3.a. Kontrol grubu ratların servikal dislokasyonlar sakrifiye edilmeleri.

Her üç gruba ait ratlardan bir adet rastgele seçilerek patolojik inceleme amacı ile otopsi yapılmıştır (Şekil 2.3b). Ratların dokularından örnekleme yapılmıştır. Ratlardan örneklenen dokular eksize edildiği andan itibaren %10'luk tamponlu formalin solüsyonunda 48 saat bekletilerek fikse edilmiştir. Fikse olan dokulardan; makroskopik olarak en uygun olan alandan, 1x1; 1x0.5 cm boyutunda örnekler doku takip kasetlerine yerleştirilmiştir. Kasetler, Shandon Otomatik Doku Takip Cihazına yerleştirilerek doku örneklerine alkol, ksilen ve parafin aşamaları dahilinde parafin emdirilmesi sağlanmıştır. Takip cihazından alınan doku örnekleri kasetlerden çıkartılarak Leica Doku Bloklama Cihazı ile sıcak parafin içerisine metal havuzlara gömülerek, kasetlerle kapatılarak ve soğumaya bırakılmıştır. Parafine gömülerek soğutulmuş doku örnekleri metal havuzlardan çıkartılarak ve kasetlerin üzerindeki parafinli doku örnekleri Thermo Scientific Microtom Cihazı kullanılarak 4 µm kalınlığında kesilmiştir. Kesitler sıcak su banyosuna ve ardından lamaların üzerine alınmıştır. Lamalar, doku içerisindeki parafini eritmek maksadıyla lam sepetlerine alınarak 65 °C'de 20 dk süre ile etüvde bekletilerek, lamalar Leica Tissue-Tek DRS Otostainer Cihazı Hematoksilen-Eozin (H&E) boyama yöntemi ile boyanmıştır. H&E

boyalı doku örnekleri; ışık mikroskopunda ayrı ayrı incelenerek, değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 2.3.b. Rastgele seçilen bir adet rata otopsisı yapılırken

Çalışma 3 ayda (Mayıs, Haziran, Temmuz) tamamlandı. İntoksikasyon sonrası ratlar Ankara Üniversitesi Deney Hayvanları ve Araştırma Laboratuvarından, Ankara Üniversitesi Adli Bilimler Enstitüsü Adli Tafonomi, Adli Toprak ve Adli Entomoloji Araştırma Merkezi arazisine her grup ayrı ayrı taşıma kutuları ile taşındı. Arazi üzerinde çürümeye bırakıldı. Çürüme aşamaları takip edilerek çürüme sonrası örnekleme işlemi yapıldı.

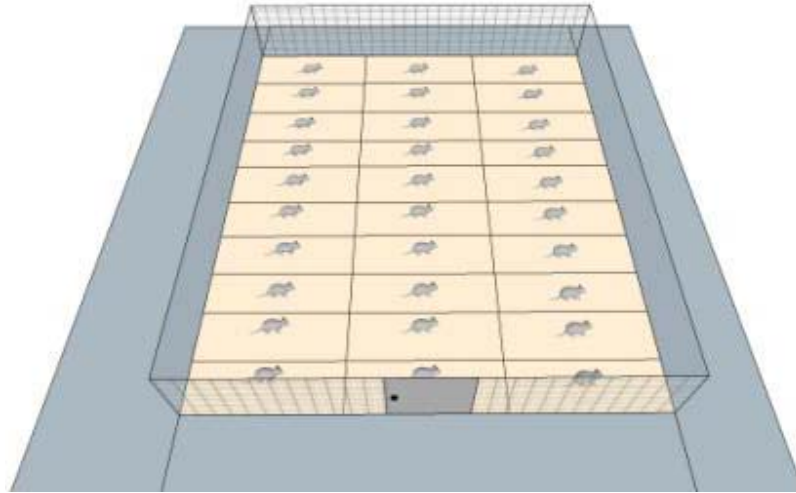
2.2. Arazi Çalışması

Çalışmanın arazi incelemeleri Ankara i29 b1 paftası içerisinde kalan, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi kampüs arazisinde Adli Bilimler Enstitüsü Adli Tafonomi, Adli Toprak ve Adli Entomoloji Araştırma Merkezi için ayrılan arazide gerçekleştirildi. Araziye ratların koyulmasından önce arazinin toprak yapısını belirlemek amacı ile örnekleme yapıldı (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Çalışma öncesi arazinin yapısını belirlemek amacı ile örnekleme lokasyonları (Kontrol toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar)

İnceleme arazisinde parselasyon (karelaj/ Izgara yöntemi) işlemi yapıldı (Şekil 2.5; Şekil 2.6). Parselasyonla belirlenen araziye, akut intoksike edilen ratlar ile kontrol grubu ratlar çürüme aşamalarının incelenmesi ve çürüme sonrası toprak incelemeleri için, etki parametresi de göz önünde bulundurularak bırakıldı (Şekil 2.5; Şekil 2.7). Yırtıcı hayvanlardan korunması için ratlar koruma kafeslerine alındılar (Şekil 2.7).



Şekil 2.5. Arazideki ratların konumları



Şekil 2.6. Çalışma alanında parselasyon yapılırken



Şekil 2.7. Arazide ratların konumu ve yırtıcı hayvanlardan korunma şekli

Çürümenin nihai aşamasında olay yeri incelemesi modeli oluşturularak örnekler ceset temas ettiği yüzey üzerinden (30 cm metre toprak altı dahil) uygun ekipmanlarla toprak örnekleme yapıldı. Öncelikle direk temas ettiği toprak örneklendikten sonra 30 cm kadar derinlikten toprak örnekleri alındı (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Toprak Örnekleme

Toprak örnekleri tek kullanımlık malzemeler ile plastik TİT kaplarına alınmıştır. Alınan tüm örnekler $+4-0^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza altına alınmıştır. Çalışma müddetince ortamın sıcaklık ve nem ölçümleri data logger vasıtası ile yapılmıştır (Şekil 3.9). Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden en yakın istasyona (Atatürk Havalimanı-Yeşilköy) ait sıcaklık verileri de temin edildi.



Şekil 2.9. Dış sıcaklık ölçer data logger ve arazi hazırlığı

2.3. Laboratuvar Aşaması

Çalışma müddetince araziden; kontrol toprağı, kurşun, kadmiyum ve kontrol grubu ratların temas ettiği yüzeyden alınan tüm toprak örnekleri Etüvde 30-40°C de kurutulduktan sonra Olympus marka stereomikroskopta mineral tanımlamaları (deskripsiyonları) yapıldı (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Araziden alınan toprak örneklerinde mineral tanımlamasının yapıldığı Olympus 8Z model stereomikroskop

Mineral tayini sonrasında çalışma müddetince alınan toprak örneklerinde toprağın bünyesi, pH, EC, tuzluluk, organik madde tayinleri, X Işını Difraktogramı (XRD) ile mineral parajenezi, ICP-MS analizi ve Elektron Mikroskop (SEM) incelemeleri yapıldı.

2.3.1. Toprak Bünyeye (% Kum, Silt, Kil) İncelemesi

Bouyoucous (1951)'e göre organik maddesi ve kireci giderilen örnekte hidrometre yardımı ile belirlenmiştir.

2.3.2. Toprak reaksiyonu (pH) İncelemesi

Jackson (1962)'e göre toprak-su karışımında (1:2.5) cam elektrotlu pH-metre ile ölçülerek belirlenmiştir.

2.3.3. Toprak tuzluluğu (EC25, dSm⁻¹) incelemesi

Richards (1954)'e göre toprak-su karışımında (1:2.5) EC-metre ile ölçülerek belirlenmiştir.

2.3.4. Organik Madde Tayini

Jackson (1962)'e göre bir miktar toprak  rneği porselen havanda ezilerek 0.2 mm'lik piriç elekten geçirilmiş, yaş yakılmış organik C'u bulunmuş ve OM'ye çevrilmiştir.

2.3.5. XRD incelemeleri

XRD incelemeleri stereomikroskop ile mineral tayini yapılamayan minerallerin belirlenmesi ve akut intoksikasyon sonra karkas bünyesinden mobilize olan ağır metallerin davranışı ile meydana gelen mineral oluşumlarının tespiti amacı ile yapılmıştır.

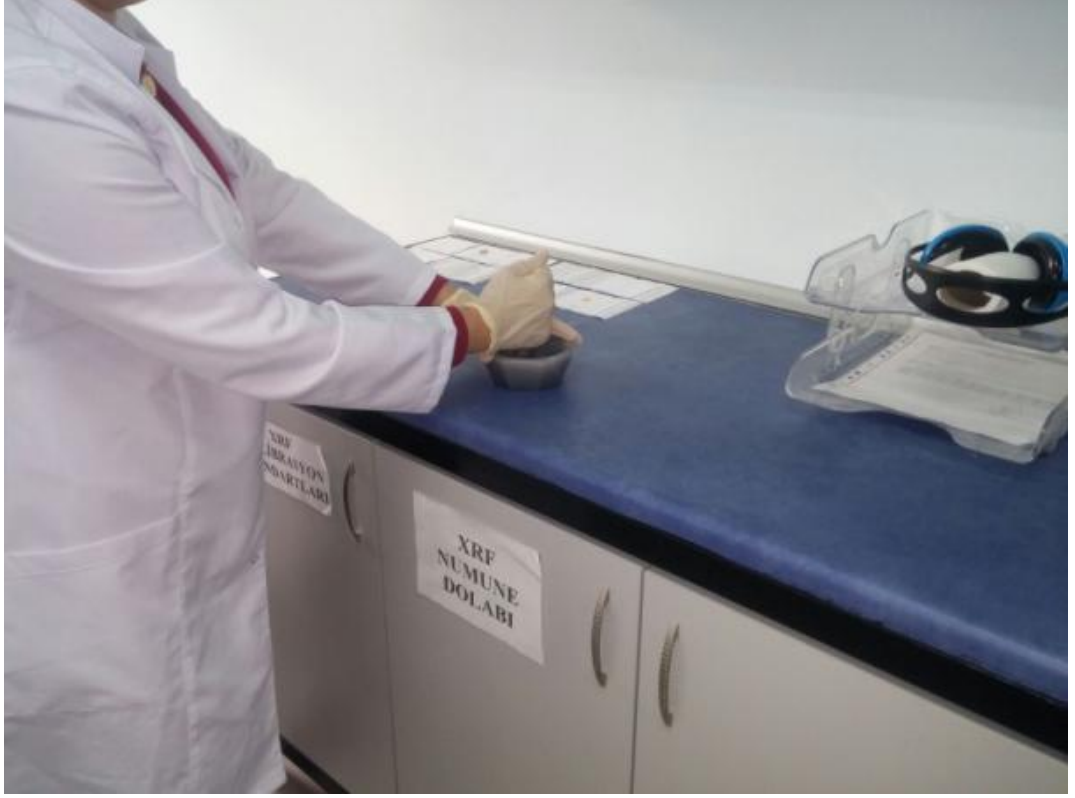
İstanbul Üniversitesi Teknoloji Transfer Merkezi Merkez Laboratuvarı (MERLAB)'da bulunan Rigaku D/Max-2200/PC XRD Cihazı 200 Vac 3q 20 A/50 Hz güç kapasitesine sahip standart ve yüksek sıcaklık fırın üniteleri ile hizmet veren, Cu kaynaklı (A4 1L-Cu / 60 kV, 2.0 kw) X ışını tüpü ve tüpün ani sıcaklık değişimlerini kontrol eden su soğutucusuna (Thermo NESLAB, M 100) sahip olan XRD cihazı kullanılmıştır. Bu cihazda monokromatize X-Işını elde edilmesini sağlayan Grafit Monokromatör kullanılmaktadır. X-Işını Toz Difraktometre dedektörünün Theta-2Theta ve 2Theta-Theta taramaları sonucu kırınım deseni elde edilmektedir. Maddenin X-Işını Kırınım Deseni verilerinin Jade 6.5 yazılım programında bulunan, PDF kart numaralarına sahip yaklaşık 120.000 civarında madde ile karşılaştırılması sonucu Kalitatif Mineral Analizi ile tespit edilmiştir. Aynı örnekler GNR firmasına ait Explorer marka XRD cihazı (EXPLORER, yüksek çözünürlüklü difraktometre sistemi, 0.00001°'lik bir açısal hassasiyete ulaşmasını sağlayan, optik kodlayıcılar tarafından kontrol edilen yüksek verimli, doğrudan tahrikli tork motorları (drive torque motors) içeren XRD) ile kontroller sağlanmıştır (Şekil 2.11).



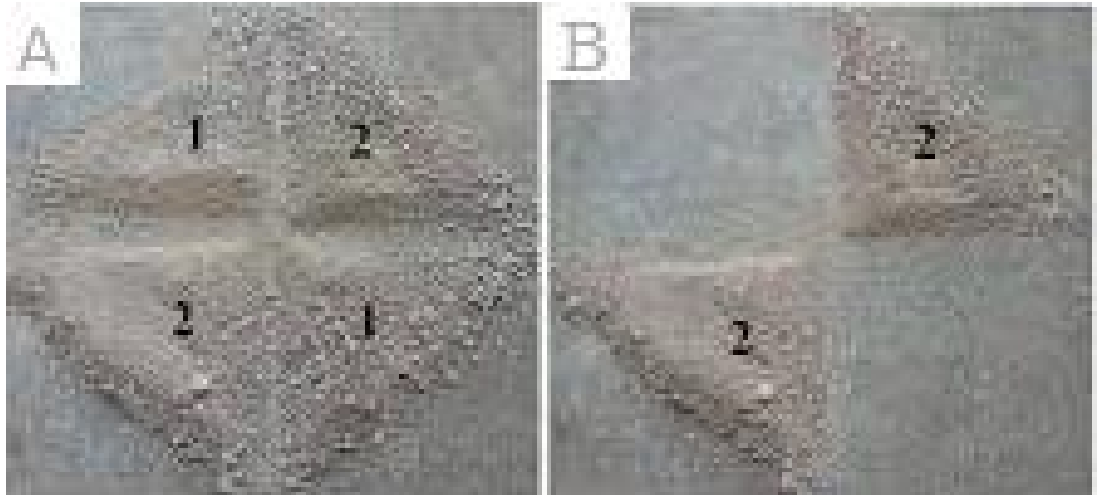
Şekil 2.11. XRD cihazları ve çalışma aşaması

XRD incelemesi öncesinde tüm örnekler agat havanda öğütülerek toz haline getirilmiştir (Şekil 2.12). Toz haline getirilen örneklerden çeyrekleme yöntemi (Şekil 2.13) yapılarak homojen olacak ve tüm yapıyı temsil edecek şekilde yeteri kadar

örnek cihazda okunması sağlanmıştır. Bu işlemler sırasında kontaminasyon olmaması için tüm materyaller her kullanımda asetonla temizlenmiştir.



Şekil 2.12. Toprak örneklerini agat havan ile toz haline getirme işlemi



Şekil 2.13. Toprak örneklerinde çeyrekleme

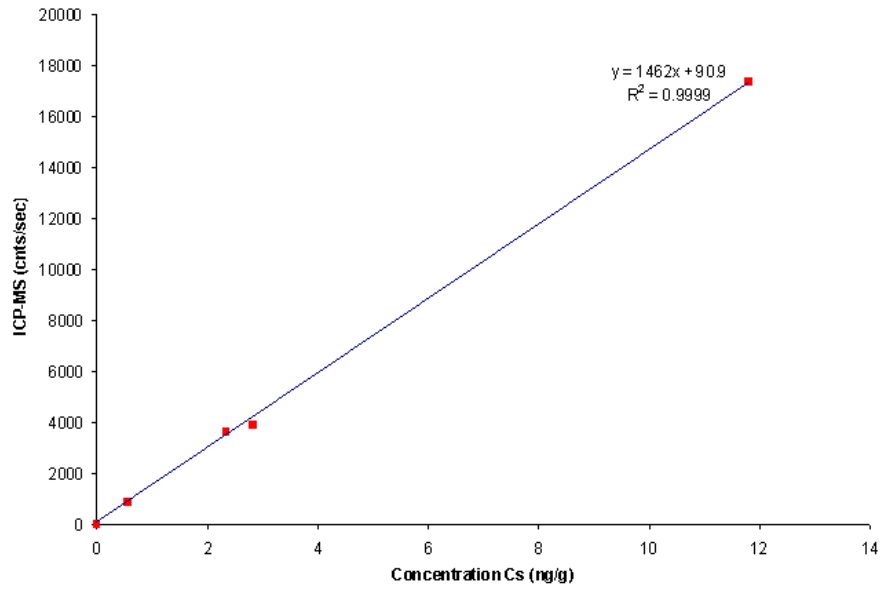
2.3.6. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi (ICP-MS) İncelemeleri

İstanbul Üniversitesi Teknoloji Transfer Merkezi Merkez Laboratuvarı (MERLAB)'da bulunan Thermo Elemental X Series 2 ICP-MS Cihazı direkt (Şekil 2.14), hızlı ve uygun kütle aralığıyla çözeltide eser element tayinine uygundur. Birçok element için gözlenebilme sınırı ppb'nin altındadır. Birçok elementi tayin edebilme özelliği sayesinde kantitatif analiz yapılmıştır.

Numunelerde EPA 3051 A metodu kullanılarak parçalama işlemi yapıldı. 0,0001 hassasiyetle tüm numunelerinden yaklaşık 0,5 gr örnek alındı. 9 ml HNO₃ (nitrik asit) ve 3 ml HCL (Hidro klorik asit) ilave edilerek 200 derecede 30 dakikada mikrodalgada çözündürüldü. Soğuduktan sonra 50 ml ye deiyonize su ile tamamlandı. Tüm numunelerin analiz öncesinde santrifüjlendi. Seyreltme yapılarak cihazda analiz edildi. Kalibrasyon eğrileri lineer olarak çizildi (Şekil 2.15).



Şekil 2.14. ICP - MS cihazı ve analize hazır çözeltiler



Şekil 2.15. ICP- MS Kalibrasyon eğrisi

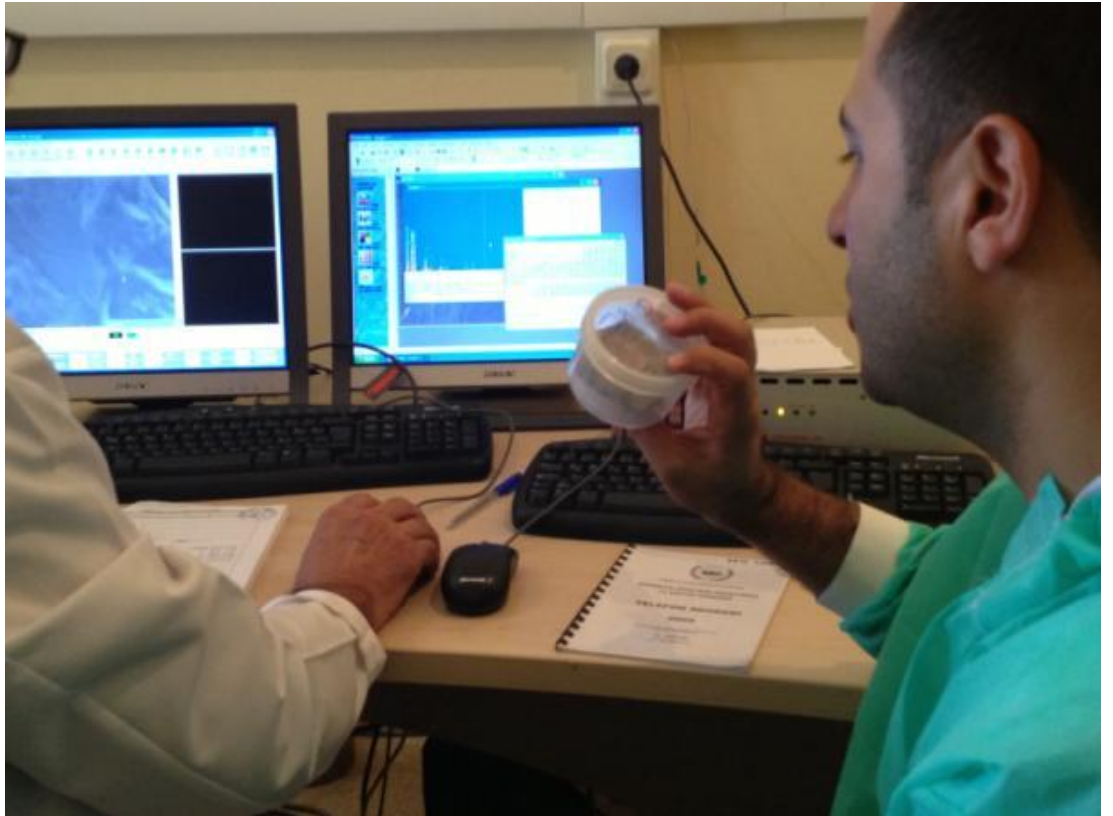
2.3.7. Elektron Mikroskobu (SEM)

Jandarma Genel Komutanlığı Kriminal Daire Başkanlığı Kimya laboratuvarları bünyesinde bulunan Zeiss marka Evo Ma 15 modeli elektron mikroskobu kullanılmıştır. Analiz yapılacak örnekler numune tutturucu ile cihaza yerleştirilmiş ve vakum altında 1000 - 30.000 büyütmede inceleme yapılmıştır (Şekil 2.16; Şekil 2.17).

Prensip olarak bu cihaz elektron demetleri sayesinde görüntülenen bir alanda yine elektronlar tarafından sağlanan enerji ile elde edilen X-Işınının spektrometrik olarak enerji dağılımı saptanarak incelenen yüzeyin hangi atomlardan oluştuğu ortaya çıkarılır. Bu amaç ve ilke ile birlikte oluşturulan sistem SEM-EDS kısa adı ile bilinmektedir. Belirlenen alanlarda EDX incelemesi ile elementer kontrol yapılmıştır.



Şekil 2.16. Elektron mikroskobu (SEM) Zeiss Evo Ma 15 modeli (Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı Lab.)



Şekil 2.17. Elektron mikroskop incelemesi

2.4. Büro Çalışmaları

Deney hayvanlarına akut uygulama, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler uzun bir büro çalışması gerektirmiştir. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler neticesinde öncelikle çalışma yapılan arazinin toprak yapısı, mineralojisi ve ağır metal içeriği belirlendikten sonra uygulama sonrası elde edilen verilerin kontrol toprağından farklılığı istatik programları ile ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Çalışma sırasında çizimler ve resimlerin düzeltmeleri Corel Draw X6 programı ile yapılmıştır.

Büro çalışması neticesinde; akut intoksikasyon neticesinde çürümeye bırakılmış cesedin temas ettiği topraktan toksik materyal tayini yapılmıştır.

2.4.1. Değerlendirme ve istatistiksel Analizler

Araştırma sonuçları, üzerinde durulan özellikler bakımından, tekrarlanan ölçümlü (repeated measurement) varyans analizi tekniğı ile değerlendirilmiştir. Tekrarlanan ölçümler ağır metal seviyelerinde yapılmış ve dokuz tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Hesaplamalarda “SPSS 15.0”, “MSTAT” paket bilgisayar programları kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. İnceleme Alanının Yeri

Arazi denemeleri, Ankara ili, Keçiören ilçesinde bulunan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinde 10 dekar büyüklüğünde Adli Bilimler Enstitüsü'ne bağlı Adli Tafonomi, Adli Toprak ve Adli Entomoloji Araştırma Merkezi adına tahsis edilmiş arazide yürütülmüştür. Çalışma alanı 1/25 000'lik Ankara Topografik haritasında İ29- b1 paftası içersindedir (Şekil 3.1).

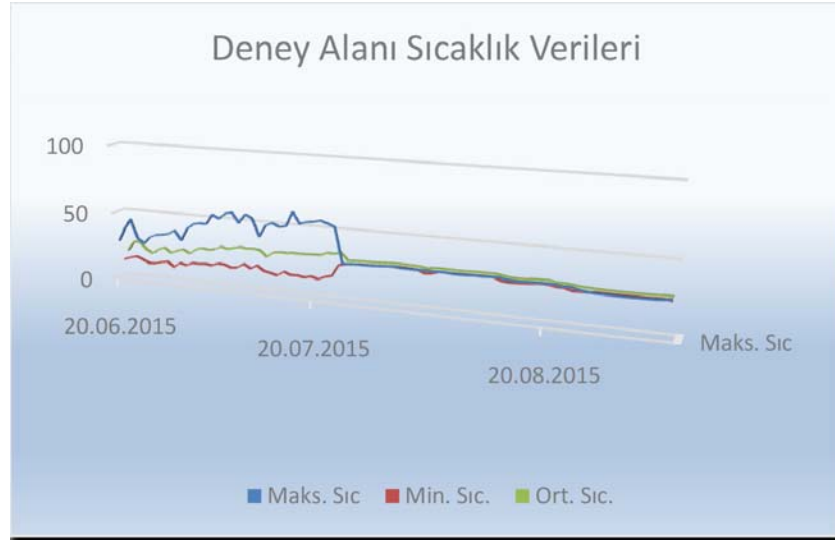


Şekil 3.1. Çalışma alanının 1/25 000 Topografik Haritası ve Numune Lokasyonları

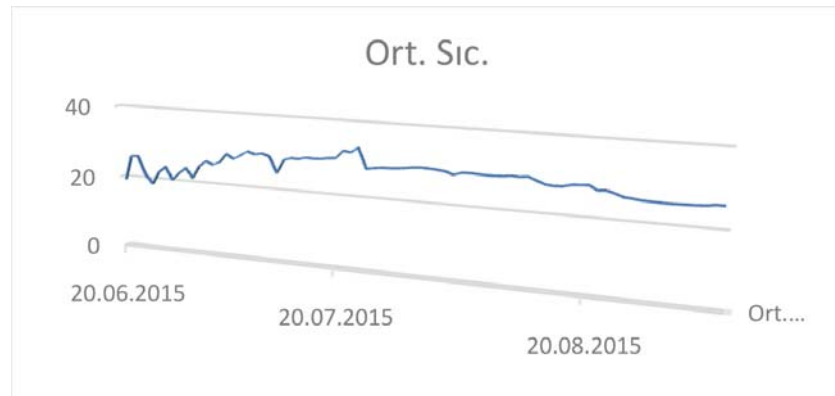
İnceleme bölgesinde iklim özellikleri Ankara'nın tipik karasal iklim şartlarını taşımaktadır (Çizelge 3.1). Deneme Mayıs ve Eylül ayları içerisinde yapılmıştır. Çalışma müddetince datalogger ile ölçülen ortalama sıcaklık 27,19 °C'dir (Şekil 3.2).

Çizelge 3.1. Ankara bölgesinin yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri

ANKARA	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	16.0	20.1	23.5	23.3	18.7	12.9	7.0	2.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.2	26.6	30.2	30.3	26.0	19.8	12.8	6.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	9.6	13.0	15.9	16.0	11.8	7.2	2.4	-0.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	8.4	10.2	11.3	11.6	9.2	6.5	4.4	2.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.6	8.8	3.8	2.7	3.9	6.9	8.5	11.6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	51.8	35.2	14.4	10.7	18.9	28.9	32.1	43.7
En Yüksek Sıcaklık (°C)	33.0	37.0	41.0	40.4	36.0	33.3	24.4	20.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-1.6	3.8	4.5	6.3	2.5	-5.3	-13.4	-18.0



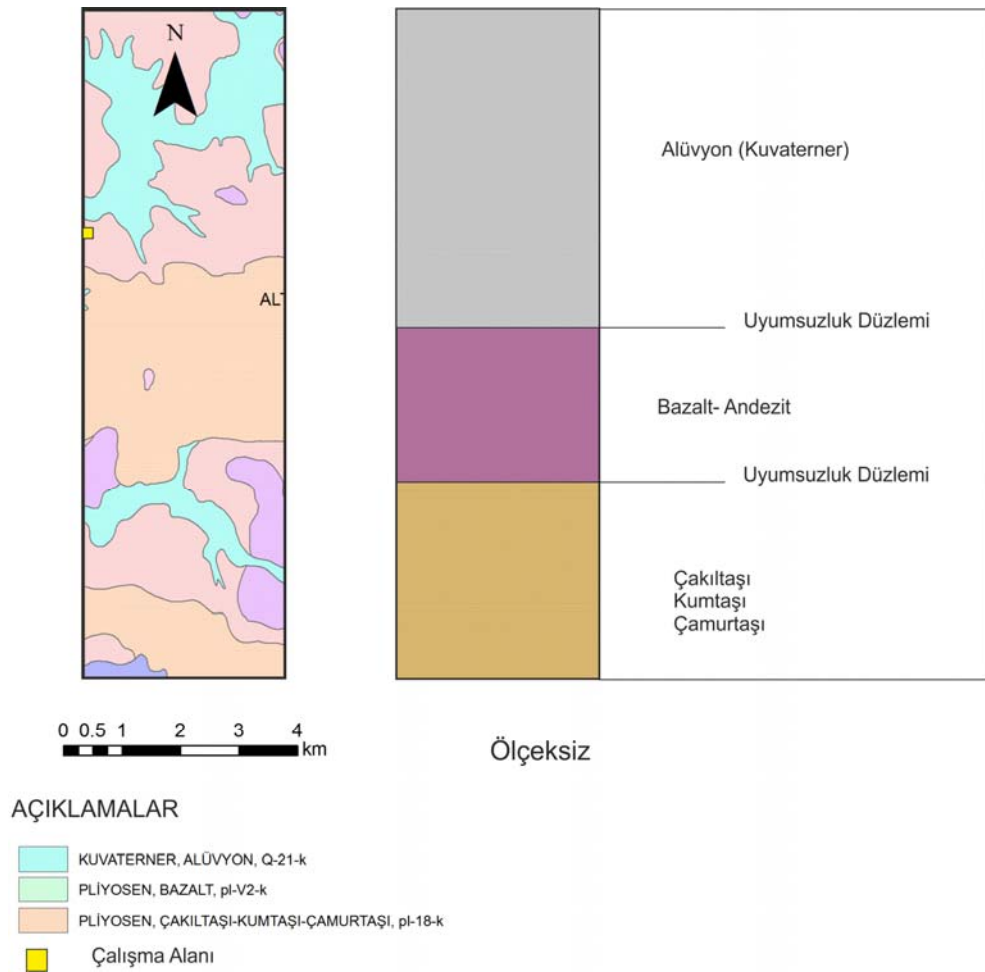
a



b

Şekil 3.2. a. Deneme Sahasında Mayıs Haziran aylarındaki en yüksek ve en düşük sıcaklıklar ait grafik b. Sıcaklık Ortalamasına ait grafik.

Çalışma alanı yakın çevresinde tabanda değişik tane boylarında koyu kahverengiden açık kahverenginde gri renk tonlarında çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanması ile onun üzerine andezitik kayaç kütleleri ile çalışma alanında yaygın olarak görülen alüvyonal çökeller yüzeylemektedir. Çalışma bölgesinin kuzeyinde Çubuk çayı geçmektedir. Çalışma alanı açık kahverengi ve yer yer koyu kahverengi tonlarda değişen alüvyonal çökellerden oluşmaktadır (Şekil 3.3). İnceleme bölgesinde temel kayaları görülmemektedir.

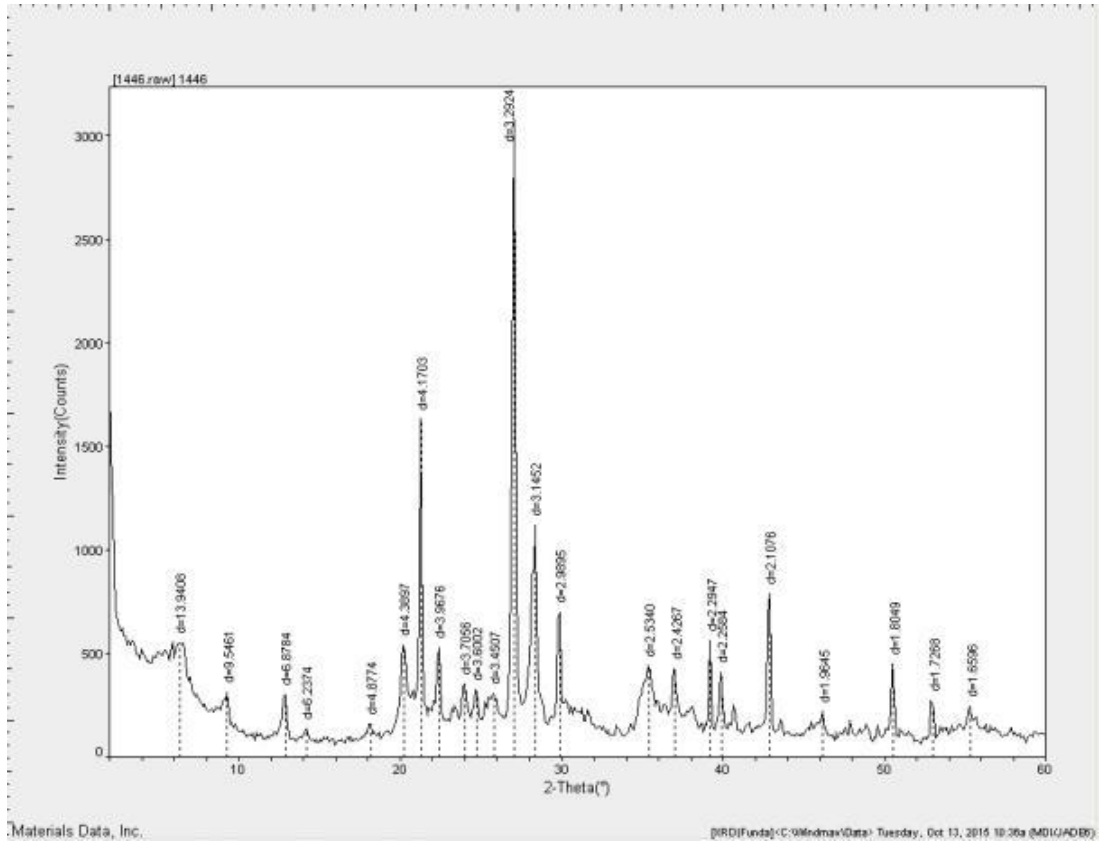


Şekil 3.3. Deneme Sahası Jeoloji Haritası (MTA' dan alınmıştır) ve Stratigrafisi

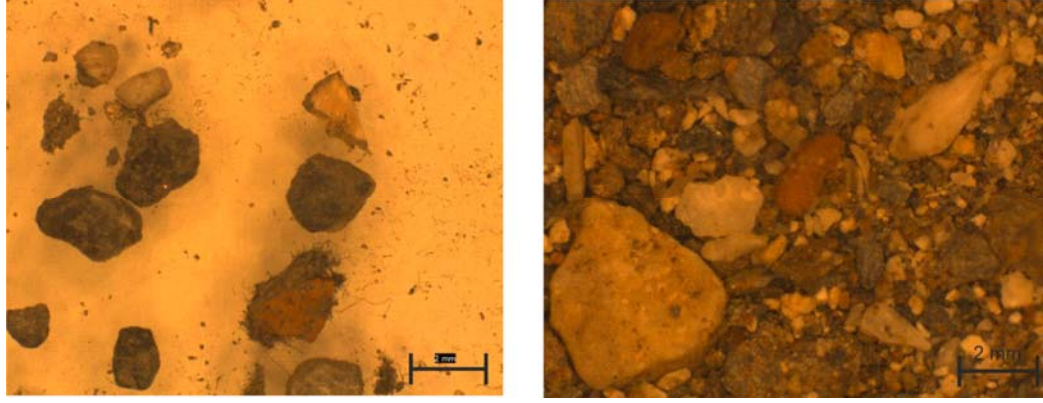
Deneme sahasında yapılan mikroskobik ve XRD incelemelerinde kuvars, plajikolas (Albit), Kalsit, Alkali Feldispat, Muskovit, Klorit+ Serpantin karşık katman ve Montrmorillonit mineralleri tespit edilmiştir (Çizelge 3.2) (Şekil 3.4, Şekil 3.5).

Çizelge 3.2. İnceleme Arazisinin mineral parajenezi

Kontrol Örnek No	Mineral Parajenezi (% olarak çoktan aza doğru)
1	Kuvars, Dolomit (daha az oranda kalsit), Plajioklas (Albit), Klorit- Serpantin karışık katman, Montmorillonit, az oranda Alkali Fedispat (Ortoklas),
2	Kuvars, Dolomit (daha az oranda kalsit), Plajioklas (Albit), Klorit- Serpantin karışık katman, Montmorillonit, az oranda Alkali Fedispat (Ortoklas),
3	Kuvars, Plajioklas (Albit), Kalsit (daha az oranda dolomit), Muskovit, Klorit-Serpantin karışık katman, Montmorillonit
4	Kuvars, Plajioklas (Albit), Kalsit (daha az oranda dolomit), Muskovit, Klorit-Serpantin karışık katman, Montmorillonit
5	Kuvars, Plajioklas (Albit), Kalsit, Muskovit, Klorit- Serpantin karışık katman, Montmorillonit, az oranda Ortoklas
6	Kuvars, Plajioklas (Albit), Kalsit (daha az oranda dolomit), Muskovit, Klorit-Serpanetinkarışık katman, Montmorillonit
7	Kuvars, Plajioklas (Albit), Kalsit, Muskovit, Klorit- Serpantin karışık katman, Montmorillonit, az oranda Ortoklas
8	Kuvars, Dolomit (daha az oranda kalsit), Plajioklas (Albit), Klorit- Serpantin karışık katman, Montmorillonit, az oranda Alkali Fedispat (Ortoklas),
9	Kuvars, Plajioklas (Albit), Kalsit (daha az oranda dolomit), Muskovit, Klorit-Serpantin karışık katman, Montmorillonit
10	Kuvars, Dolomit (daha az oranda kalsit), Plajioklas (Albit), Klorit- Serpantin karışık katman, Montmorillonit, az oranda Alkali Fedispat (Ortoklas),



Şekil 3.4. 1 numaralı kontrol örneğine ait XRD incelemesine ait diyagram



Şekil 3.5. 1 numara kontrol örneğine ait Steromikroskop görüntüsü

İnceleme alanında ICP-MS cihazı ile uygulama öncesinde kayaç yapıcı elementler % (%1=10000 ppm) olarak ağır metaller ise mg/kg şeklinde tespit edilmiştir (Çizelge 3.3a ve 3.3b).

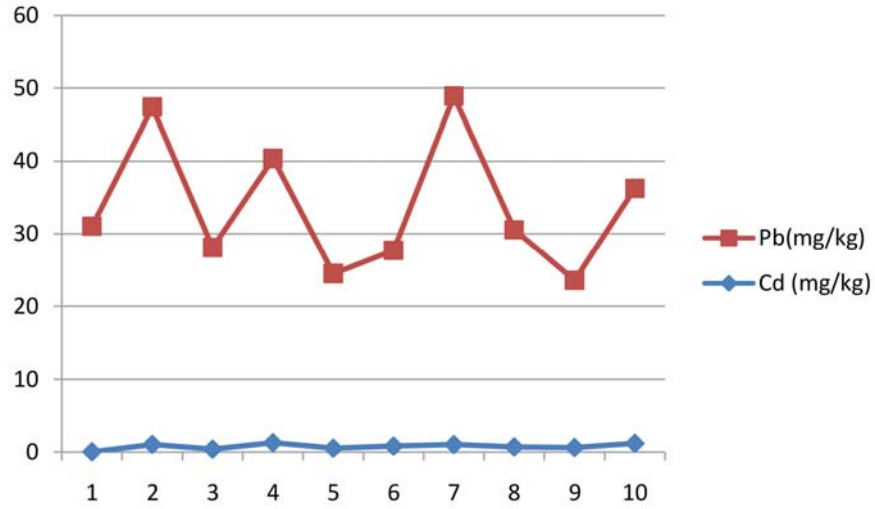
Çizelge 3.3a. Kayaç yapıcı elementlerin % değeri

Numune No	Na (%)	Mg (%)	Al (%)	K (%)	Ca (%)	Ti (%)	Fe (%)
1	0.053	1.173	3.182	0.823	2.437	0.068	3.534
2	0.023	1.180	2.914	0.617	2.343	0.065	3.735
3	0.024	1.058	2.725	0.699	2.300	0.060	3.410
4	0.027	1.521	3.657	1.015	3.227	0.089	5.005
5	0.024	1.013	2.631	0.693	2.315	0.062	3.229
6	0.033	1.101	2.752	1.009	3.321	0.063	3.505
7	0.028	1.016	2.418	1.010	2.415	0.062	3.410
8	0.024	1.152	2.865	0.693	2.320	0.068	3.535
9	0.025	1.101	2.780	0.690	2.425	0.065	3.530
10	0.024	1.079	2.890	0.670	2.521	0.068	3.490

Çizelge 3.3b. İnceleme Alanındaki ağır metallerin ppm değeri

Numune No	Cr (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	70,700	65,310	146,200	21,190	102,800	167,400	0,0653	30,970
2	68,760	67,500	93,660	23,390	97,690	158,500	1,068	46,330
3	62,560	61,080	86,800	23,830	91,200	161,600	0,421	27,670
4	86,220	81,950	136,100	28,440	131,500	219,200	1,305	39,050
5	59,700	57,270	92,760	18,820	92,400	155,200	0,549	23,950
6	65,420	65,890	95,440	21,230	93,400	162,500	0,830	26,870
7	61,540	57,350	94,800	21,010	91,250	161,300	1,050	47,840
8	68,580	67,500	112,300	22,850	96,800	158,900	0,723	29,810
9	65,870	64,680	94,310	23,310	95,500	160,080	0,639	22,930
10	64,410	62080	92,300	22,180	91,00	161,800	1,210	35,050

İnceleme alanında ortalama kadmiyum değeri 0,78603 ppm iken kurşun değeri 32.993 ppm dir (Şekil 3.6). Denemenin yürütüldüğü toprağın tekstürü killi bünyede olup (%26 Kum, % 49 Kil ve %25 Silt), düşük organik madde, orta kalevi, tuzsuz ve çok düşük ağır metal içeriğine sahiptir.



Şekil 3.6. İnceleme Alanındaki Pb ve Cd ppm (mg/kg) durumu gösterir grafik

3.2. Akut İntoksikasyon Aşamasında Klinik ve Arazi Gözlem Bulguları

Ortalama ağırlıkları 250 - 300 gram arasında değişen Wistar Albino türü rattan 10'unda kurşun ve 10'unda kadmiyum olacak şekilde akut intoksikasyon modeli oluşturuldu. 10 rat ise herhangi bir kimyasal madde verilmeden servikal dislokasyonla öldürüldü.

Kadmiyumla akut zehirlenmeye maruz kalan ratların 45. dakikadan itibaren dişi olanları ölmeye başladı. Kadmiyumla zehirlenme olayı sonrası ratların hareketlerinin oldukça yavaşladığı, ölüm anında yaygın titreme ve akabinde eks oldukları gözlemlendi. Tüm kadmiyumla zehirlenen ratların 130 dakika sonra öldükleri gözlemlendi.

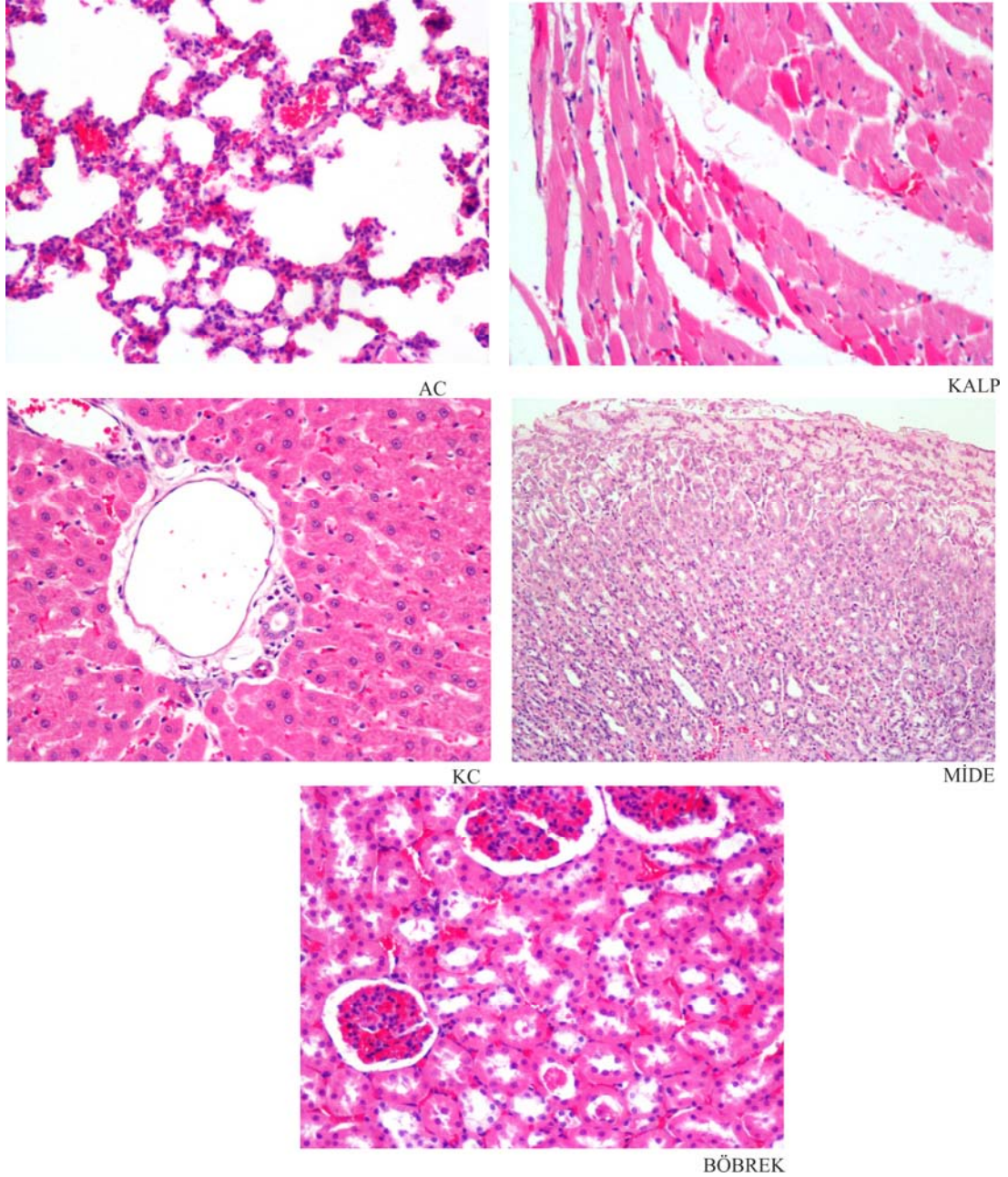
Kurşunla akut zehirlenmeye maruz kalan ratlarda 3. saaten sonra hareketlerinde yavaşlama olmasına rağmen ölüm olayı 6 saat sonra başladı. İlk ölüm olayı bu grup dişilerde gözlemlendi. Ölüm anına yakın hızlı nefes almaya başladıkları ve daha sonrada eks oldukları tespit edildi. Tüm kurşunla zehirlenen ratlar 9. saat sonunda ölüm olayının gerçekleşti. (Şekil 3.7). Kontrol grubu ratlar servikal dislokasyonla eks edildi (Şekil 2.3.a).



Şekil 3.7. Uygulama öncesi ve sonrasında ratlar

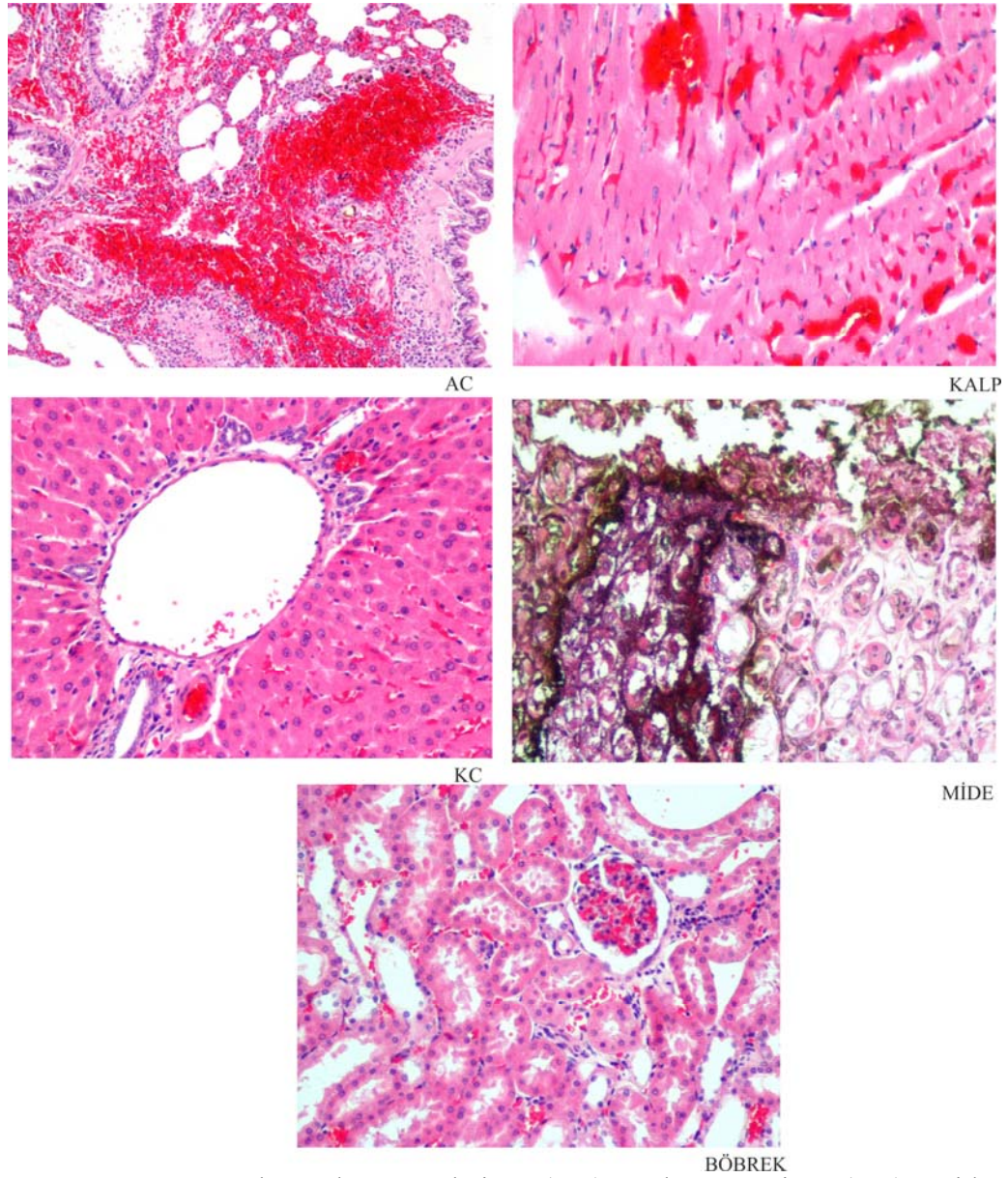
Her üç gruba ait ratlardan bir adet rastgele seçilerek patolojik inceleme amacı ile otopsi yapılmıştır (Şekil 2.3b). Ratlardan dokulardan örnekleme yapılmıştır.

Rastgele seçilen ratlarda yapılan histopatolojik incelemede; kontrol grubunda beyin dokusu subaraknoidal alanda az sayıda ekstrasvaze eritrositler gözlemlenirken, akciğer, böbrek, karaciğer, kalp dokularında konjesyon izlendi. Mideye ait kesitlerde yüzey epitelinde otoliz bulgusu tespit edildi (Şekil 3.8).



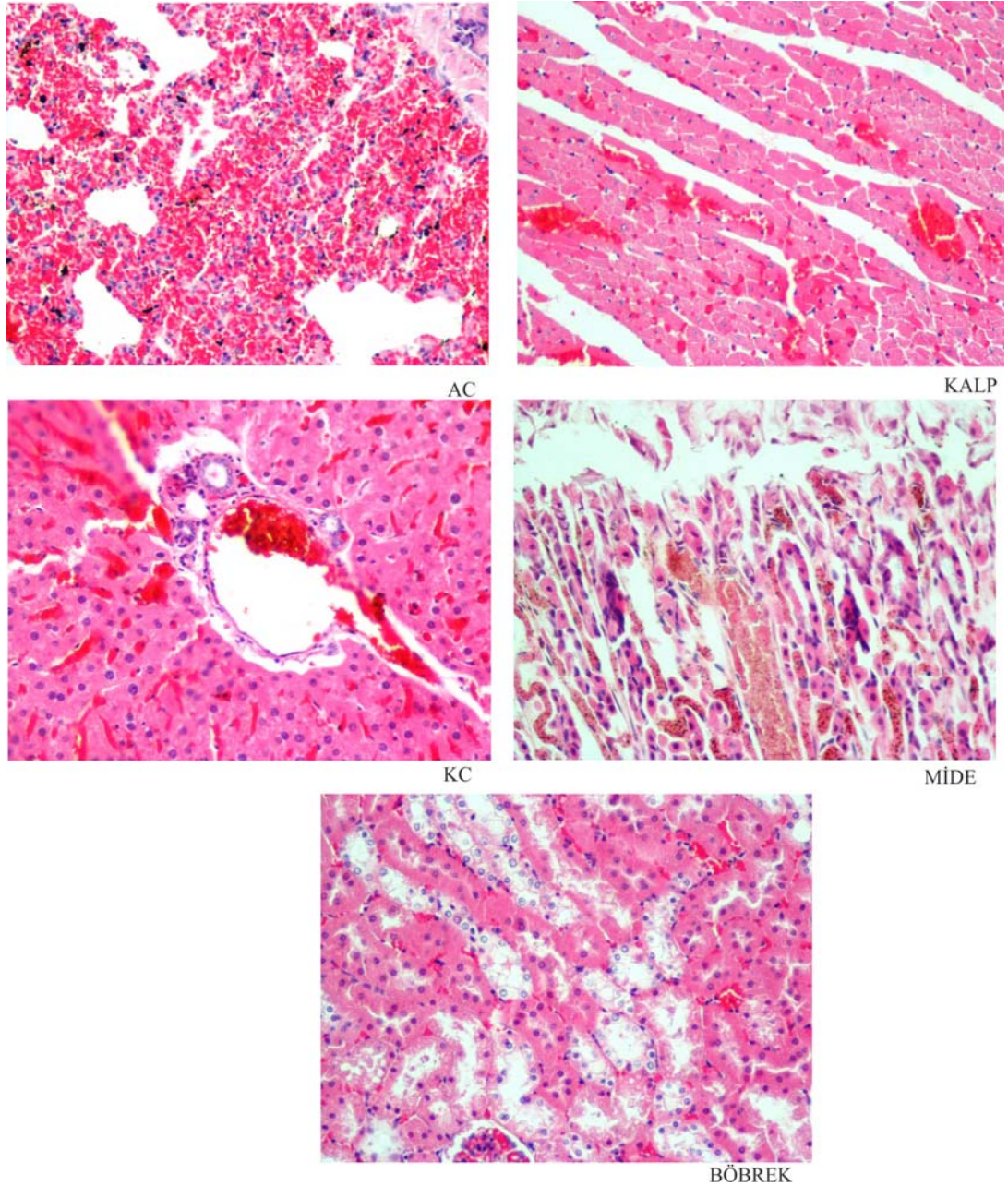
Şekil 3.8. Kontrol grubu ratlarının Akciğer (AC), Kalp, Karaciğer (KC), Mide ve böbrek dokusunda ait histopatolojik kesitler (H&E x 200).

Kurşun verilen ratların beyin dokularında subaraknoidal fokal alanda ekstravaze eritrositler izlendi. Akciğer dokusunda bronş çevresinde kanama odağı, parankimde fokal alanda alveoler boşlukta taze kanama bulgusu, intertisyel alanda belirgin konjesyon izlendi. Pb grubu ratların böbreğine ait kesitlerde tübül epitelinde dejenerasyon ile karaciğer ve kalbe ait kesitlerde konjesyon tespit edildi. Mide mukozasında siyah – kahverengi pigmente madde dikkati çekti. Bağırsağa ait örneklerde enterit bulgusu ve barsak yüzey epitelinde siyah – kahverengi pigmente madde dikkati çekti (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Kurşun grubu ratlarının Akciğer (AC), Kalp, Karaciğer (KC), Mide ve böbrek dokusunda ait histopatolojik kesitler (H&E x 200).

Kadmiyum verilen ratlara ait doku örneklerinde beyinde konjesyon izlendi. Böbrek dokusunda tübül epitelyum hücrelerinde hidropik dejenerasyon izlendi. Kadmiyum grubu ratların akciğer örneklerinde yaygın alveoler ve intertisyel kanama bulgusu görüldü. Karaciğer dokusunda parankimde ekstravaze eritrositler izlendi (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kadmiyum grubu ratlarının Akciğer (AC), Kalp, Karaciğer (KC), Mide ve böbrek dokusunda ait histopatolojik kesitler. (H&E x 200)

Kadmiyum grubu ratların kalp dokusuna ait örneklerde fokal alanda liflerde nükleus kaybı ve lifler arasında ektravaze eritrositler (iskemi bulgusu) görüldü. Mide mukozasında hafif dereceli siyah- kahverengi pigmente madde görüldü. Bağırsak dokusunda yüzey epitelinde dökülme, yüzey epitelinde siyah – kahverengi pigmente madde, enterit bulgusu görüldü (Şekil 3.10).

Akut İntoksikasyon ve Servikal dislokasyonla eks edilen otopsi işlemi sonrası geriye kalan 27 adet rat toprak üzerinde etki parametreleri göz önünde bulundurularak yerleştirildi (Şekil 2.5; Şekil 2.6). İnceleme alanında sadece yırtıcılara karşı üzerinin örtülmesi neticesinde önlem alınmıştır. Normal hava koşullarında ilk 10 günlük çürüme aşaması takip edilmiştir. Kurşun ve kadmiyumla zehirlenen ratların ağız ve burun bölgesine sineklerin larvalarını bırakmadıkları gözlenmiştir. Kurşun ve kadmiyumda sineklerin larvaları genital bölgeye bıraktıkları belirlendi. Kontrol grubunda ağız bölgesinde larva oluşumları birinci günden sonra gözlemlenmiştir (Şekil 3.11). Bütün larva oluşumları işlem sonuna kadar takip edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Ratlarda meydana gelen larva oluşumları ve incelemesi



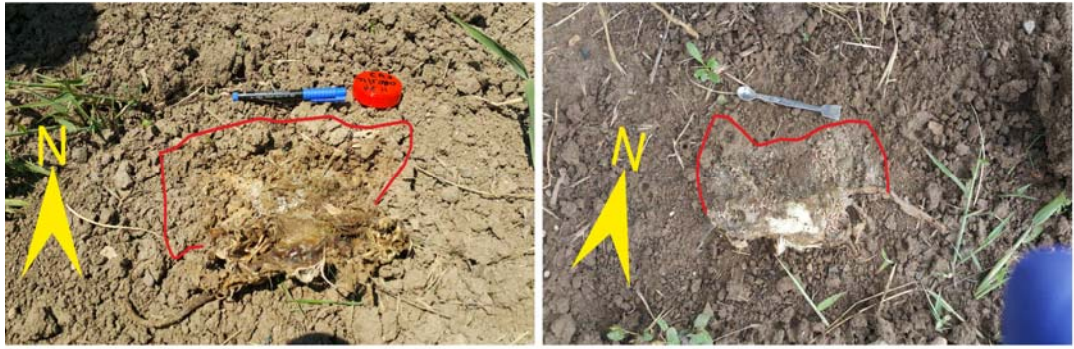
Şekil 3.12. Cd ve Pb grubunda meydana gelen çürümenin 7. günü

Kontrol grubunda larva gelişimi ve kurtların oluşumu devam ederken, kadmiyum ve kurşunda 7. günden sonra batında kurtlanmalar gözlemlendi. Kurşunla eks olan ratlarda kurtlanmadan önce ağız bölgelerinde yaygın karıncalanma tespit edilmiştir (Resim 4.5). Yedinci günden sonra kurşunla intoksikasyona uğrayan ratlarda, kontrol grubundan daha hızlı çürüme gerçekleşti. Pb grubunda kurtlar siyah renkte, Cd grubunda daha kırmızımsı, sarı renkte ve kontrol grubu ratlarda meydana gelen kurtların kahverengi renginde olduğu gözlemlenmiştir. Pb grubu 17 günde tamamen çürürken Cd grubunda çürüme oldukça yavaş ilerledi ve tamamen çürüme 21-25. günler arasında meydana geldi. Kontrol grubunda çürüme olayı Cd grubundan biraz hızlı gerçekleşti ve tamamen çürüme 20. gün sonunda gerçekleşti.

Tüm gruplarda çürüme olayı gerçekleşirken vücut sıvıları toprağa geçmeye başladığı esnada Pb grubunda daha siyah ve gri renk tonunda toprakta renklenme gerçekleşirken, Cd grubu ratlarda toprak üzerinde açık yeşil, fıstık yeşili renginde toprakta boyama meydana geldiği belirlenmiştir. Kontrol grubu ratların vücut sıvıları toprağın rengini daha kahverengi tonlarda boyadığı gözlenmiştir (Şekil 3.13).



Pb Grubu vücut sıvıları ve toprak etkileşimi



Cd Grubu vücut sıvıları ve toprak etkileşimi



Kontrol Grubu vücut sıvıları ve toprak etkileşimi

Şekil 3.13. Ratların Toprak Üzerinde Çürümesi sırasında vücut sıvıları ile toprağın etkileşimi

3.3. Laboratuvar Bulguları

Her üç grupta bulunan ratların temas ettiği yüzeyden alınan örnekler üzerinde temel toprak analizleri yapılmıştır. 4800 mg/kg Pb ve 800 mg/kg Cd uygulanmış ratların çürümeye bırakıldığı topraklarda çürümenin sonlandırılmasını takiben organik madde,

pH ve EC analizleri yapılmış, analiz sonuçları Minitab istatistik testine tabi tutulmuş ve sonuçlar dokuz parselin ortalamaları şeklinde Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Kurşunlu ratların bulunduğu deneme parsellerinden alınan yüzey topraklarının (0-15cm) organik madde kapsamları %1,262, pH’sı 7,51 ve tuz içeriği 0,318 dS/m’dir. Herhangi bir metal uygulaması yapılmamış kontrol parsellerinin organik madde içeriği ise %1,039, pH değeri 7,69 ve tuz içeriği de 0,3 dS/m’dir. Yüzeyinde kurşun içerikli ratların çürüdüğü topraklarda organik madde miktarının kontrol toprağına göre arttığı, pH ve EC değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Kontrol toprağı ile kurşun uygulanmış ratlı toprakların temel özellikleri arasında artış ve azalmalar olmasına rağmen bu değişimler pH ve Pb konsantrasyonları hariç istatistiksel olarak ($P<0,05$ düzeyinde) anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 3.4). Uygulamaların kontrol toprağına göre toprak pH’sını $P<0,05$ düzeyinde anlamlı olacak şekilde düşürdüğü belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Kurşun metali uygulanmış ve uygulanmamış ratların toprakla temas ettiği alandaki toprakların ortalama analiz değerleri

Uygulama	OM %	pH	EC dS/m
Kontrol toprak	1,039öd	7,69a	0,300öd
Kurşunlu toprak	1,262öd	7,51b	0,318öd
LSD<0.05	0,247	0,108	0,106

Küçük harf düşey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırma ($P<0.05$); **öd**: önemli değil **LSD**: Least Significant Difference

Kadmiyumlu ratların bulunduğu deneme parsellerinden alınan yüzey topraklarının (0-15cm) organik madde kapsamları %1,098, pH’sı 7,75 ve tuz içeriği 0,274 dS/m’dir. Herhangi bir metal uygulaması yapılmamış kontrol parsellerinin organik madde içeriği ise %1,039, pH değeri 7,69 ve tuz içeriği de 0,3 dS/m’dir. Yüzeyinde kadmiyum uygulanmış ratların çürüdüğü topraklarda organik madde miktarının kontrol toprağına çok yakın değer gösterdiği, kurşunun aksine OM’nin düştüğü, kurşunla benzer şekilde EC değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Kontrol toprağı ile kadmiyum uygulanmış ratlı toprakların temel özellikleri arasında artış ve azalmalar olmasına rağmen bu değişimler kadmiyum konsantrasyonu hariç istatistiksel olarak ($P<0,05$ düzeyinde) anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Kadmiyum metali uygulanmış ve uygulanmamış ratların toprakla temas ettiği alandaki toprakların ortalama analiz değerleri

Uygulama	OM %	pH	EC dS/m
Kontrol toprak	1,039öd	7,69öd	0,300öd
Kadmiyumlu toprak	1,098öd	7,75öd	0,274öd
LSD<0.05	0,106	0,143	0,102

*Küçük harf düşey olarak uygulamalar arasındaki karşılaştırma ($P<0.05$); **öd**: önemli değil*

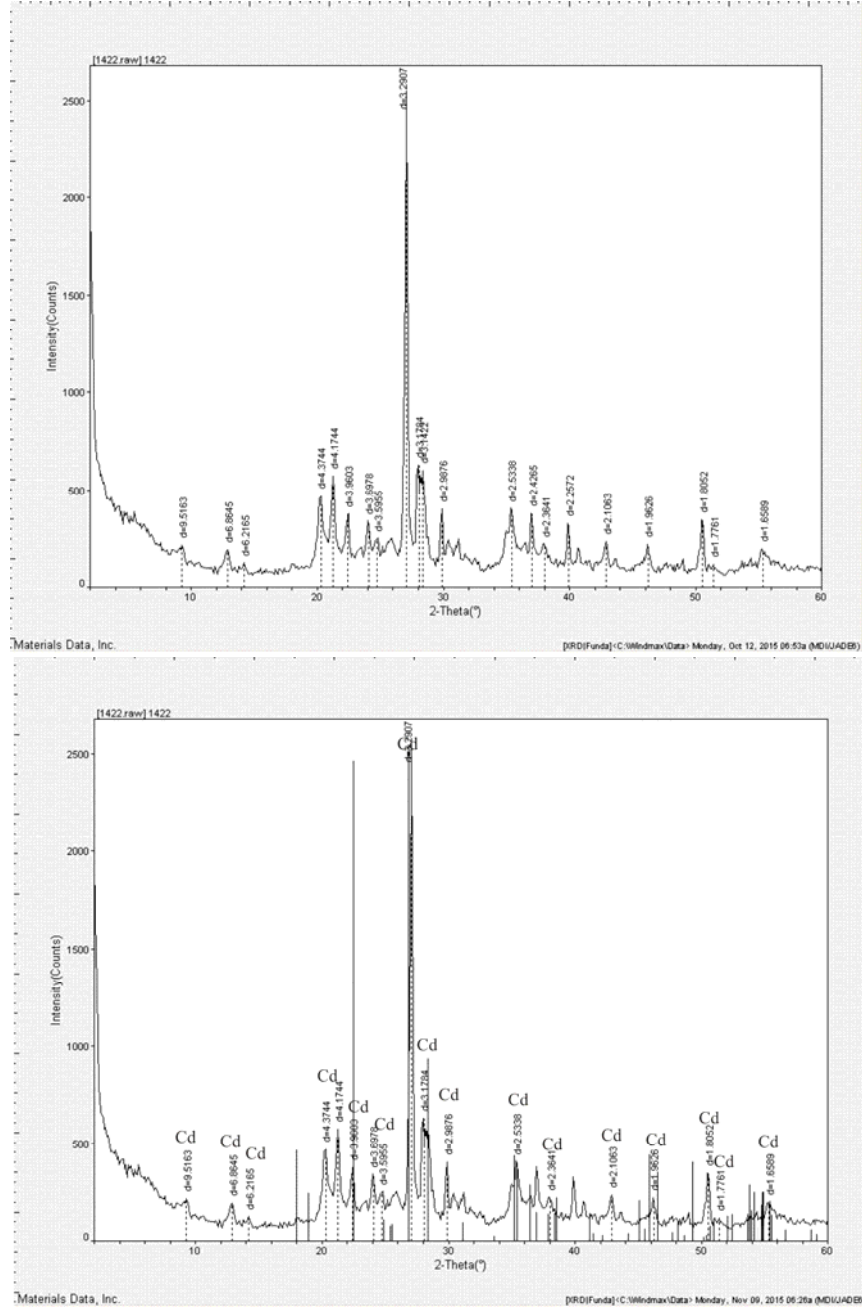
LSD: LeastSignificantDifference

Arazi çalışması sırasında alınan örneklerden belirlenenler stereomikroskopta incelendi. Kurşun ve kadmiyum grubunda toprak üzerinde yapılan mikroskop incelemelerinde toksik materyale benzeyen beyaz renk tonlarında kristal şekli tam tespit edilemeyen materyalin sıvama şeklinde olduğu gözlemlendi (Şekil 3.14).

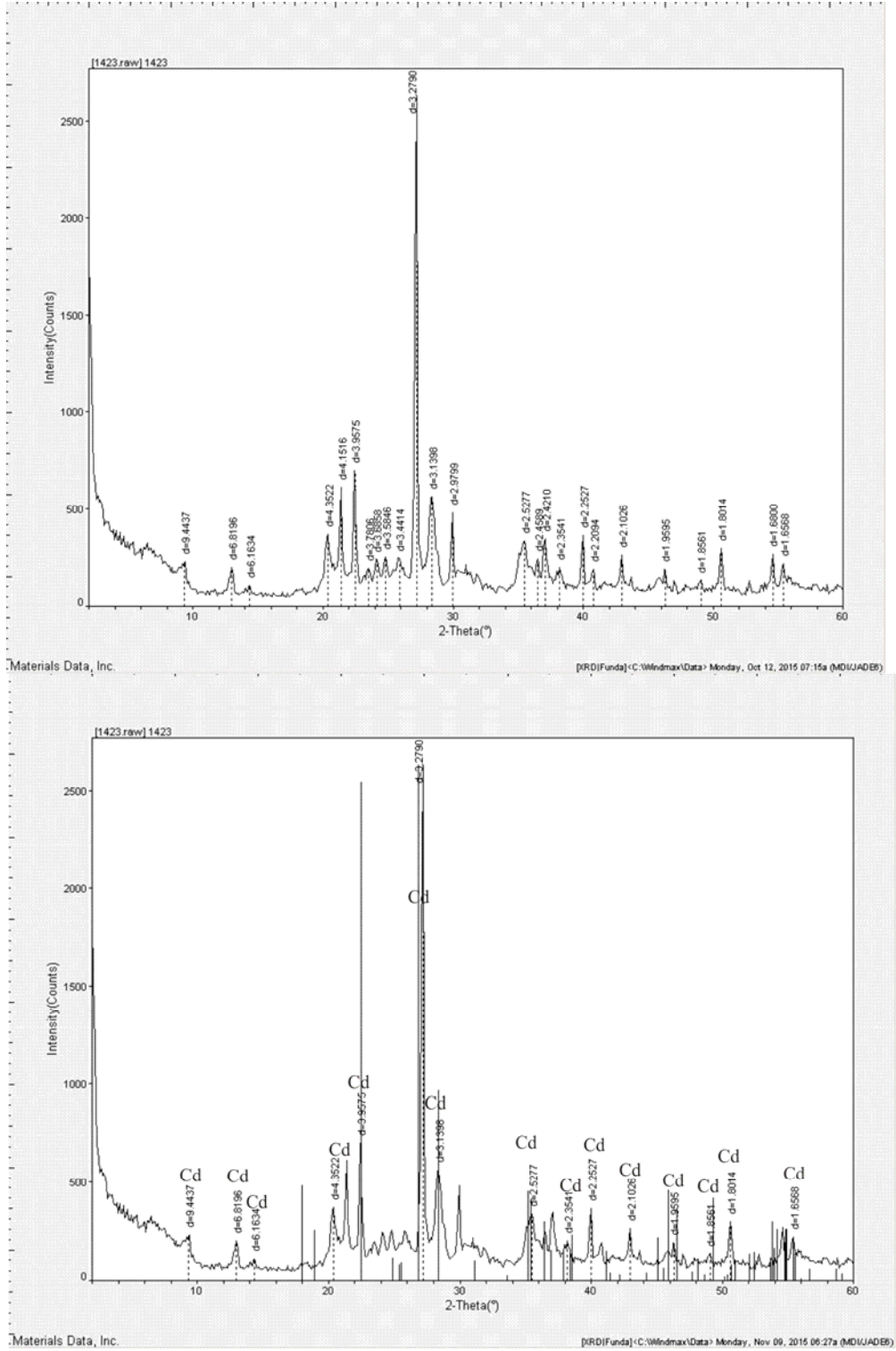


Şekil 3.14. Stereomikroskopta Cd ve Pb görünümü

Cd intoksikasyonuna maruz kalmış ratların çürümesi sonrası cesedin temas ettiği topraktan ve yaklaşık 30 cm derininde alınan toprakta yapılan XRD incelemesi neticesinde; Kuvars, Albit Kalsit, Alkali Feldispat, Muskovit, Montmorillonit mineralinin yanında CdCl_2 , $\text{Cd}(\text{CO}_3)$ ve CdMnF_5 mineralleri ait pikler tespit edilmiştir (Şekil 3.15 a, b).



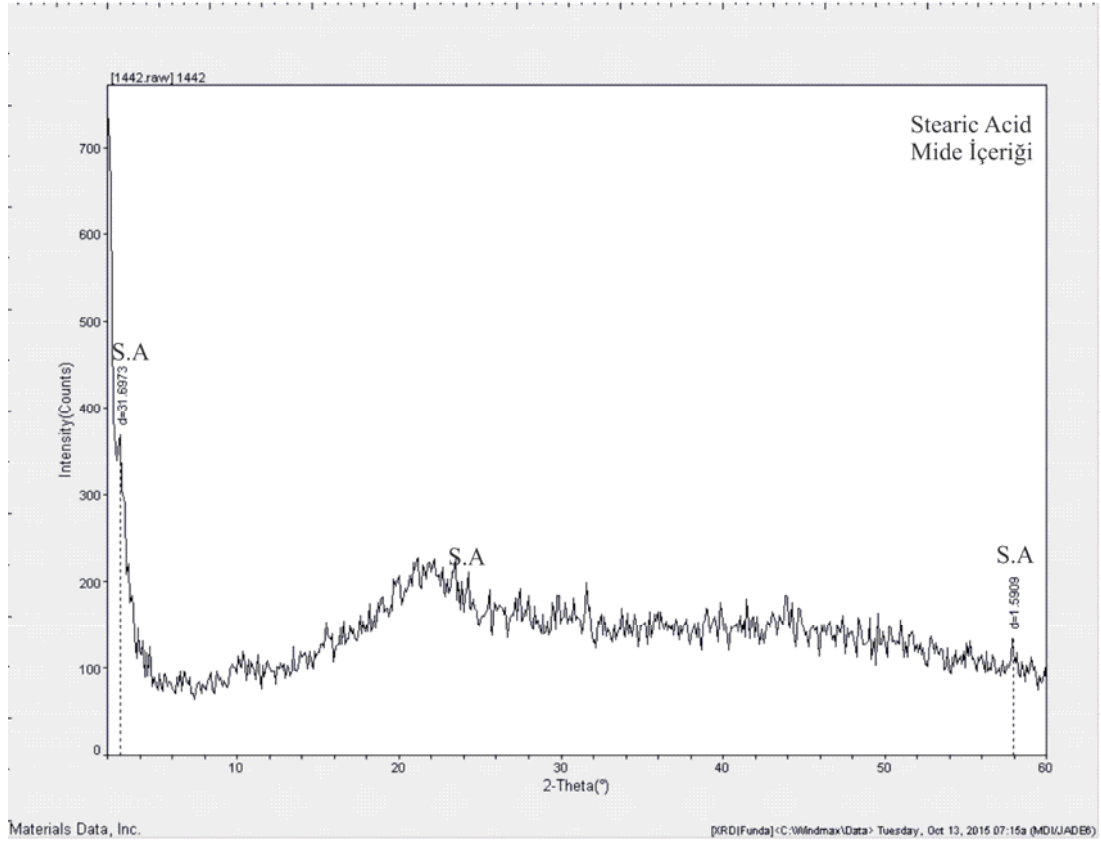
Şekil 3.15 a



Şekil 3.15 b

Şekil 3.15. (a, b). Cd ile akut zehirlenmeye maruz kalmış ratların temas ettiği yüzeyden alınan toprağın XRD grafiği.

Cd grubu ratların mide içeriğinde yapılan incelemede kadmiyum tespit edilmemiştir. Mide içeriğinde stearik asit (18 karbonlu $\text{CH}_3. (\text{CH}_2)_{16}.\text{COOH}$) tespit edilmiştir (Şekil 3.16).



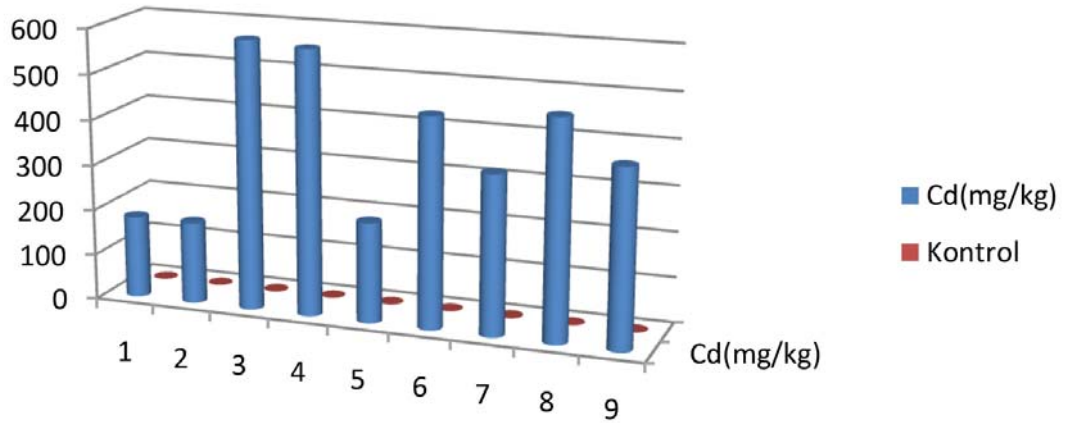
Şekil 3.16. Cd grubu ratın çürüme sonrası mide içeriği

Kadmiyumun mide içeriğinde tespit edilememiş olması tamamen mideden emilimin olduğunu ve hızlı ölümün sebebini açıklamaktadır.

Cd grubu ratların XRD incelemesi yapılan örneklerde ICP-MS incelemesi yapılarak bünyedeki Cd konsantrasyonu tespit edilmiştir (Çizelge 3.6). Kadmiyum uygulanmış ratların bulunduğu topraklarda kadmiyum miktarı (9 parselin ortalaması) 381,11 mg/kg olarak belirlenmiştir. Herhangi bir metal uygulaması yapılmamış ratların bulunduğu 9 deneme parselinin ortalama kadmiyum miktarı ise 0,55 mg/kg şeklinde belirlenmiştir. 800 mg/kg kadmiyum içeren ratların çürümeye bırakıldığı yüzey topraklarının Cd içerikleri, ratların Cd içeriğinin yaklaşık %48'ini içermiştir (Şekil 3.17).

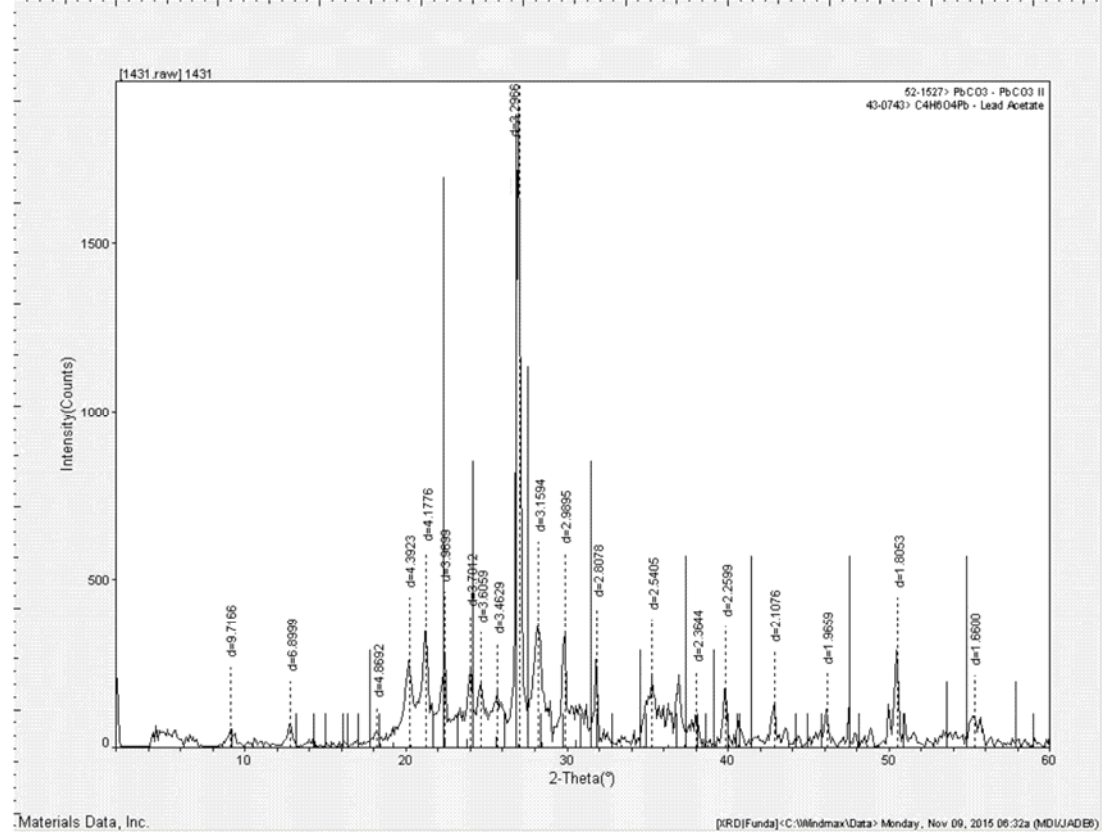
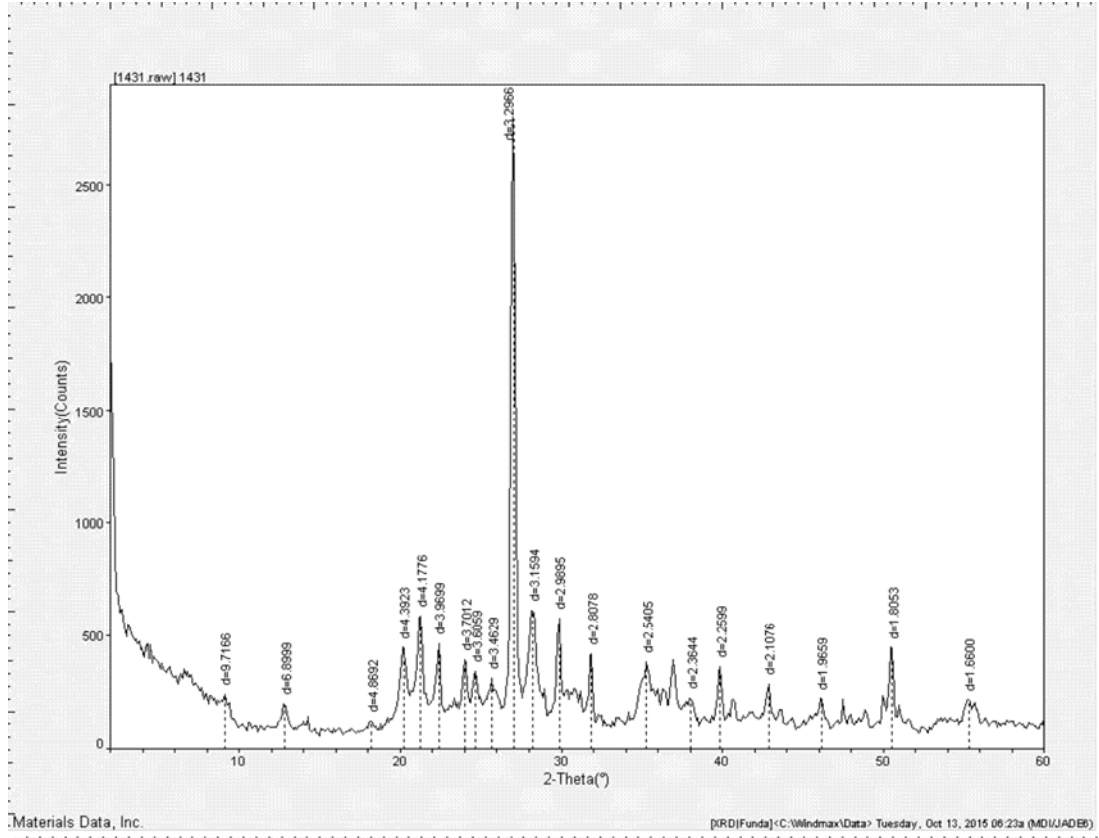
Çizelge 3.6. Cd grubu ratlardakiCd miktarı ve Kontrol grubundaki miktar

Kadmiyum Rat	Akut İntoksikasyona Maruz Kalmış Ratlar		Kontrol Grubu Rat
	Numune No	Cd (mg/kg)	Cd (%)
	1	180	0,018
	2	180	0,018
	3	590	0,059
	4	580	0,058
	5	220	0,022
	6	460	0,046
	7	350	0,035
	8	480	0,048
	9	390	0,039

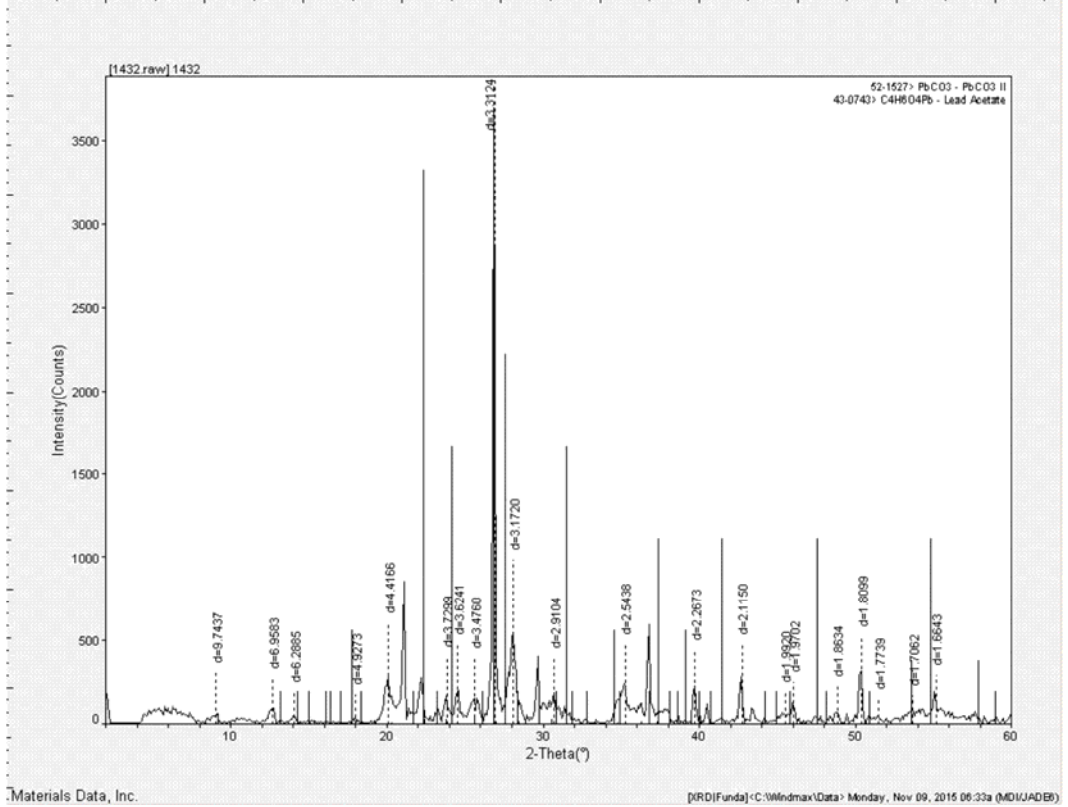
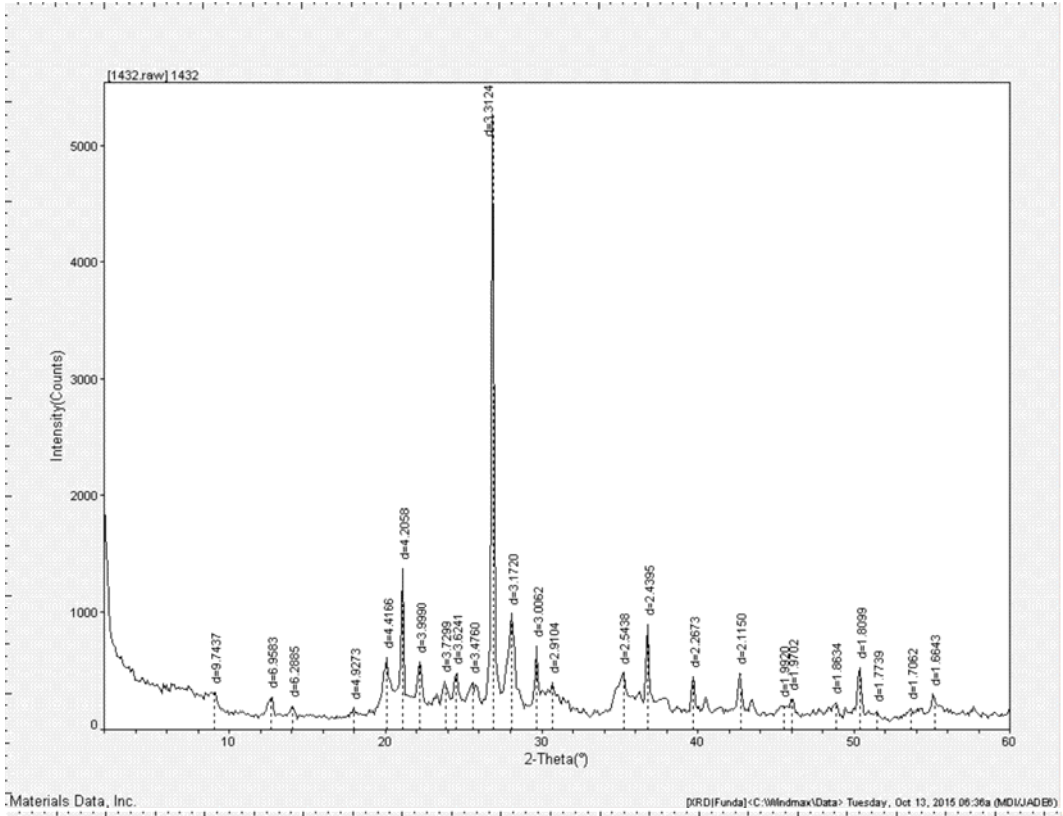


Şekil 3.17. Cd grubu Cd Konsantrasyonu ile kontrol grubu Cd konsantrasyonu

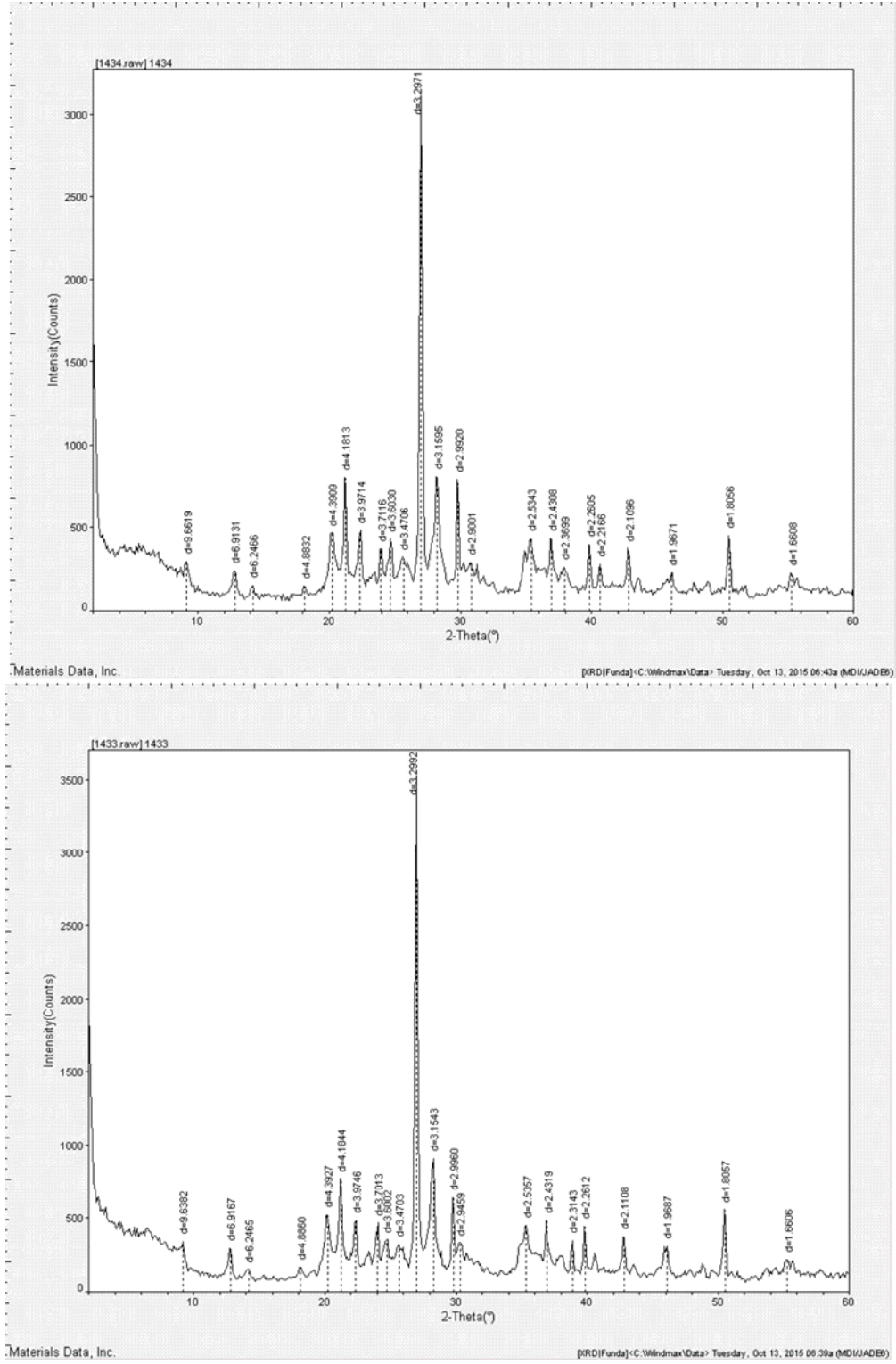
Pb intoksikasyonuna maruz kalmış ratların çürümesi sonrası cesedin temas ettiği topraktan ve yaklaşık 30 cm derinliğinden alınan toprakta yapılan XRD incelemesi neticesinde; Kuvars, Albit Kalsit, Alkali Feldispat, Muskovit, Montmorillonit mineralinin yanında Kurşun Karbonat ($PbCO_3$) ve Kurşun Asetat ($C_2H_6O_4Pb$) mineralleri ait pikler tespit edilmiştir (Şekil 3.18 a, b,c). SEM - EDX analizlerinde de bu minerallere ait elementer bileşim ve kristalografik yapı teyit edilmiştir.



Şekil 3.18 a



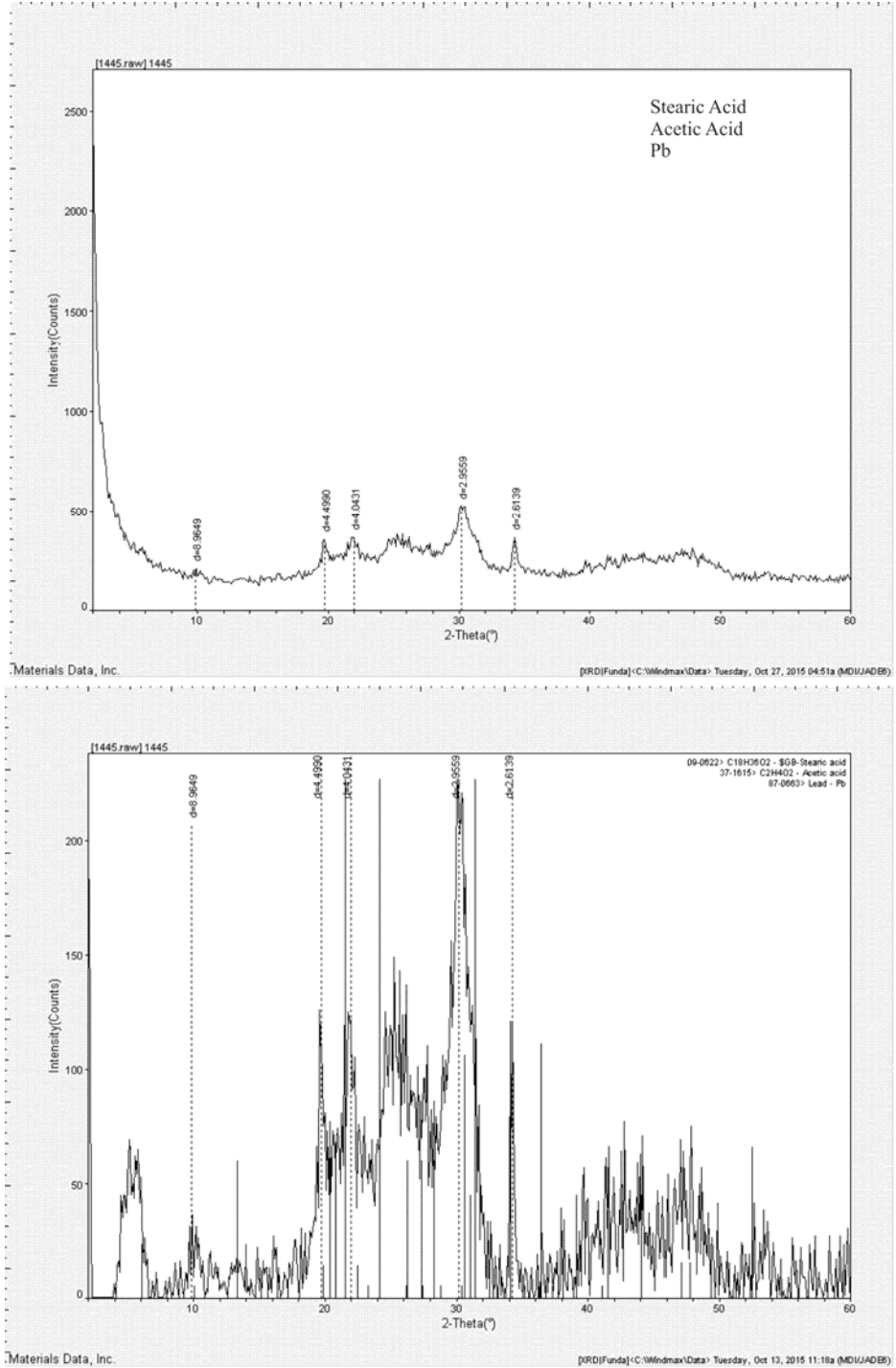
Şekil 3.18 b



Şekil 3.18 c

Şekil 3.18 (a, b, c). Pb ile akut zehirlenmeye maruz kalmış ratların temas ettiği yüzeyden alınan toprağın XRD grafiği

Pb grubu ratların mide içeriğinde yapılan incelemede Kurşun asetatın bileşenlerine ayrıldığı tespit edilmiştir. Mide içeriğinde stearik asit (18 karbonlu $\text{CH}_3. (\text{CH}_2)_{16}.\text{COOH}$) ve bunun yanında kurşun ve asetat oluşumları tespit edilmiştir (Şekil 3.19).



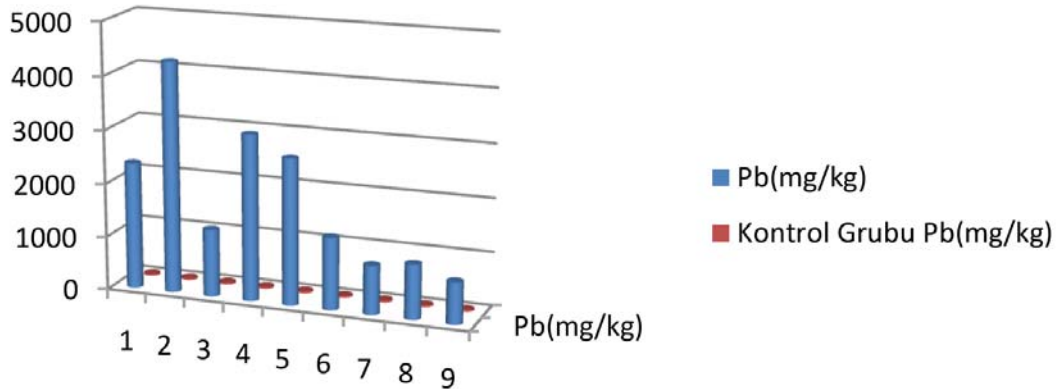
Şekil 3.19. Pb grubu ratın çürüme sonrası mide içeriği

Kurşun grubu ratların mide içeriğinde stearik asit, kurşun asetatın parçalanarak kurşun ve asetat olarak ayrıştığı tespit edilmiştir. Midede emilimin tam olmaması neticesinde yavaş ölümün sebebini açıklamaktadır.

Pb grubu ratların XRD incelemesi yapılan örneklerde ICP-MS incelemesi yapılarak bünyedeki Pb konsantrasyonu tespit edilmiştir (Çizelge 3.7). Toplam 4800 mg/kg kurşun uygulanmış ratların bulunduğu topraklarda kurşun miktarı (9 parselin ortalaması) 1981 mg/kg olarak belirlenmiştir. Herhangi bir metal uygulaması yapılmamış ratların bulunduğu 9 deneme parselinin ortalama kurşun miktarı ise 33,36 mg/kg şeklinde belirlenmiştir (Şekil 3.20). 4800 mg/kg kurşun içeren ratların çürümeye bırakıldığı yüzey topraklarının Pb içerikleri ratların Pb içeriğinin yaklaşık %40'ını içermektedir.

Çizelge 3.7. Pb grubu ratlardaki Pb miktarı ve kontrol grubundaki miktar

Kurşun RAT	Numune No	Akut İntoksikasyona Maruz Kalmış Ratlar		Kontrol Ratlar
		Pb (mg/kg)	Pb (%)	Pb (mg/kg)
	1	2370	0,2370	35,970
	2	4310	0,4310	33,910
	3	1260	0,1260	34,650
	4	3100	0,3100	33,950
	5	2730	0,2730	33,860
	6	1350	0,1350	34,200
	7	913	0,0913	31,750
	8	1020	0,1020	30,910
	9	780	0,0780	31,050



Şekil 3.20. Pb grubu Pb Konsantrasyonu ile kontrol grubu Pb konsantrasyonu

4. TARTIŞMA

Adli Bilimlerin önemli konulardan birisi de zehirlenmeler ve anlaşılmayan zehir mekanizmalarıdır. Zehirlenme olayları, adli tıp açısından da ölüm sebebi olarak sıklıkla karşılaşılmaktadır. Zehirlenme vakaları adli olgu olarak kabul edilmektedir. Zehirlenmeye sebep olan etken maddenin ve miktarının saptanması, ölüm nedeninin ve mekanizmalarının aydınlatılması adaletin sağlıklı tecellisi için önemlidir. Zehirlenmeye sebep olan birçok etmen vardır. İlaçlar, gazlar, ağır metaller, narkotik maddeler bunlardan bazılarıdır. Ağır metal zehirlenmeleri tüm dünyada önemli bir ölüm sebebi olarak görülmektedir.

Topraktan içme sularına, yiyeceklere, madenlere ve endüstriye kadar geniş bir alanda karşımıza ağır metaller çıkmaktadır (Tablo 5.1). Ağır metaller esansiyel ve toksik metaller olarak sınıflandırılmaktadır (Domingo, 1998). Kurşun ve kadmiyum önemli toksik metallerdir. İş sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) verilerine göre; Cd ratlar için oral alımda 780 mg/kg olduğu, Pb ise 4650 mg/kg lethal dozunun olduğu belirtilmiştir (Takahashi 1975; Lehman, 1951) (<http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/m/10108-64-2>).

Ağır metallerden yeteri kadar korunma tedbirlerine başvurulmuyor olması nedeni ile akut ve kronik maruziyete bağlı ağır metal zehirlenmeleri görülmektedir. Bunların yanı sıra ağır metal zehirlenmeleri ilk çağlardan beri ölme ve öldürme amaçlı olarak da kullanılmaktadır.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ağır metal zehirlenmelerine mesleki maruziyetler neticesinde de görülmektedir. Birçok araştırmacı ağır metallerin kanda ki düzeylerine ve sistemik etkileri üzerine çalışmalar yapmıştır. Ağır metallere maruziyet neticesinde meydana gelen ölüm olayları, adli vaka olarak kabul edilerek, savcılık onayı ile otopsi işlemi yapılmaktadır. Otopsi işlemi ile ölümün orijinin ve ölüm sebebinin ortaya konması amaçlanmaktadır. Ancak ülkemizde her noktada adli

tıp uzmanının olmayışı, otopsi işleminin yapılmaması veya adli tıp hekimi olmayan kişilerce otopsi işleminin yapılması olayın aydınlatılamamasına sebep olmaktadır.

Zehirlenme maksatlı ölüm olaylarında gömülme sonrası ve feth-i kabir işlemi (mezardan çıkarma) arasında geçen süre nedeniyle zehirlenme mekanizması ve zehirlenme materyalinin tespiti güçleşmektedir (Akçan, 2008). Gömülü cesetlerde otolize bağlı olarak histopatolojik incelemeler de zorlaşır. Bu durumda mezar alanı içerisinde yapılacak ayrıntılı örnekleme ile toksik materyalin tayini mümkün olabilecektir. Yumuşak dokuların tamamen çürümesi ile geriye kalan saç, kemik kronik maruziyette toksik materyalin tespitinde kullanılmaktadır (Cope vd., 2004). Kemik üzerinde ağır metal incelemeleri şayet kronik bir maruziyet söz konusu ise sonuca götürebilecekken akutta bu durum mümkün olmayacaktır.

Ağır metallerin kronik maruziyeti ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. (Özçelik, 1998). Kurşun ve Kadmiyumla ilgili yapılan kronik maruziyetle ilgili çalışmalarda diyetli yiyecekler ile karıştırılarak verilen kurşun asetatın ve kadmiyum klorürün hangi organlarda biriktiği ve bunların analizlerine yönelik yapılmıştır (Özçelik, 1998; Underwood, 1971; Tietz, 1986). Postmortem süreçte ağır metal toksikasyonun tayini ile ilgili bir inceleme tarafımızdan yapılan taramada tespit edilememiştir.

Ağır metallerin kronik maruziyetini değerlendirmede kanda ağır metal düzeyi belirlemek uygun bir yöntem değildir. Uzun süreli maruziyet belirlenmesinde ağır metallerde hedef, organlarda birikimler söz konusu olacağından hedef organın incelenmesi gerekmektedir. Örneğin kurşun kemikte akümüle olacağından, kemikteki kurşun düzeyi gösterge olacaktır (Hu ve ark., 1996).

Akut ve subakut zehirlenmeler neticesinde meydana gelen ölüm olaylarında zehirlenme belirtileri hemen görülür, zehirlenen kişinin ölmesi ve ölümden kurtulması için geçen kritik zaman kısadır. Maruziyet 24 saat içerisinde tek veya birden fazla dozla olmaktadır. Ölüm olayının gerçekleşmesi ile birlikte canlı aktivite sonlandığından ağır metallerin organda birikimleri için yeteri kadar zaman olmamaktadır. Ölüm olayı ile birlikte cesetten hemen alınan kan ve idrar

örneklerinde toksik madde tespiti mümkün olabilmektedir. Çürüme olayı başlamış ve/veya tamamen kemikleşmiş cesetlerde toksik materyalin tespiti açısından kan, idrar ve dokular her zaman olumlu sonuç vermemektedir.

Çalışmamızda; ratlara akut zehirlenme modeli oluşturularak kurşun ve kadmiyum oral gavaj ile verildi. Ölüm olayı sonrası toprak üzerindeki çürüme süreci ile birlikte vücut sıvılarıyla toprağa geçen ağır metallerin tespiti; zehirlenerek öldürülen ve araziye atılan cinayet olaylarında, ceset ile temas halinde olan toprak üzerinde yapılacak incelemelerin zehirlenme şekli, toksik maddenin türü ve miktarı hakkında bilgi verebileceğini gösterdi. Bu tarz adli vakalarda ayrıntılı toprak incelemesinin olayın aydınlanması amaçlı kullanılabileceği söylenebilir.

Literatürde, yüksek dozda akut kadmiyum zehirlenmesinde; GIS (Gastrointestinal Sistem) epitelyumda şiddetli irritasyona neden olduğu, bulantı, kusma ve karın ağrısı şeklinde belirtiler gösterdiği, dozun şiddetine göre hızlı ölüm olayının gerçekleşebileceği belirtilmektedir (Klaassen, Watkins, 2010). Kadmiyumun GI absorpsiyonu %5 - 10 arasında sınırlıdır. Cd diyetle alınan Ca ve Fe'in eksikliğini artıtabilir. Genel anlamda kadınlar erkeklere nazaran kanda yükek Cd değerine sahiptirler (Hadjson, 2004). Çalışmamızda kadmiyum oral gavaj ile verildikten sonra dişi ratların erkek ratlara göre daha çok etkilendikleri, ilk ölümün dişi ratlarda meydana geldiği gözlemlenmiştir. Kadmiyum grubu ratlarda ölüm 45 dakika ile 130. dakikalar arasında ölümün gerçekleştiği belirlenmiştir. Cd grubu ratlarda akut oral olarak maddenin tek seferde verilmesinden sonra hareketlerinde yavaşlama ölüm anına yakın titreme olduğu gözlemlenmiştir.

Kurşun zehirlenmelerinde bebekler ve çocuklar yetişkinlere göre daha çok etkilenebilirler. Bebeklerde kronik maruziyet neticesinde mental reterdasyon sıklıkla karşılaşılmaktadır. Erişkinlerde oral Pb alımın % 5- 15 absorbe olurken çocuklarda oral alımın % 42'si absorbe olabilmektedir belirtilmektedir (Klaassen, Watkins, 2010). Kurşun zehirlenmesinde; insanda doz ve maruz kalma süresine bağlı olarak geniş yelpazede toksik etkilere neden olabilir. Toksik etkiler enzim inhibisyonundan şiddetli patolojiler ve ölüme kadar değişir. Çocuklar SSS etkileri

bakımında en duyarlı gruptur. Erişkinler ise periferik nöropatiler, kronik nefropati ve hipertansiyon bakımından endişe kaynağıdır. GIS, immün sistem, iskelet ve üreme sistemi gibi dokularda diğer hedef dokuları oluşturur. Hem biyosentezi üzerine etkiler diğer belirlenebilir etkilerin yokluğunda dahi duyarlı bir biyokimyasal belirteç olarak kullanılmaktadır (Klaassen, Watkins, 2010). Çalışmamızda kurşun oral gavaj ile verildikten 3. saat sonunda dişi ratlarda ilk ölüm olayı gerçekleşti. Ölüm olayı başlamadan hareketlerde yavaşlama, hızlı hızlı nefes alma ve akabinde ratların ölümü gerçekleşti. 9 saat sonunda tüm ratlarda ölüm olayı meydana geldiği görülmüştür. Akut lethal dozdan daha fazla bir doz ile ani ölüm olayı gerçekleştirilmiştir.

Ölüm olayı sonrası her gruptan rastgele seçilen birer rata nekropsi uygulanmış, dokular örneklenmiş ve akut histopatolojik nasıl değişimlerin meydana geldiği belirlenmeye çalışılmıştır. Cd grubunda mide, akciğer, kalp, karaciğerde yaygın kanama alanları tespit edilirken, Pb grubunda akciğer ve midede kanama alanları tespit edilmiştir.

Gömülü cesetlerde ve/veya toprak üzerinde çürüme çalışmalarında (Şahin, 2015; Özer,2014) daha net sonuçların alınabilmesi için inceleme yapılacak sahanın jeolojisinin, toprağın tesktürünün, organik madde içeriğinin, pH, EC değerlerinin, mineralojik ve kimyasal yapısının iyi bilinmesi gerekmektedir. Toprağın bu özellikleri, gömülü cesetlerde çürüme sürecinde ana faktör olduğu gibi, hem gömülü hem de gömülü olmayan toprak ile temas halinde bulunan cesetlerde toksik maddenin tayini için çok önemlidir.

Tez çalışması, sıcak ortamda toprak yüzeyinde çürüme çok hızlı geliştiğinden (Özer;2015) Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ortalama sıcaklığın 27.19°C olduğu zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Olay yeri modellenmesine de ışık tutması amacı ile inceleme arazisinde, ızgara (parselasyon) (Karapazarlıoğlu, 2011) işlemi yapıldı ve ratlar birbirlerinden etkilenmeyecekleri mesafeye yani etki parametresine (Mert, 2015) göre arazide yerleştirilmiştir.

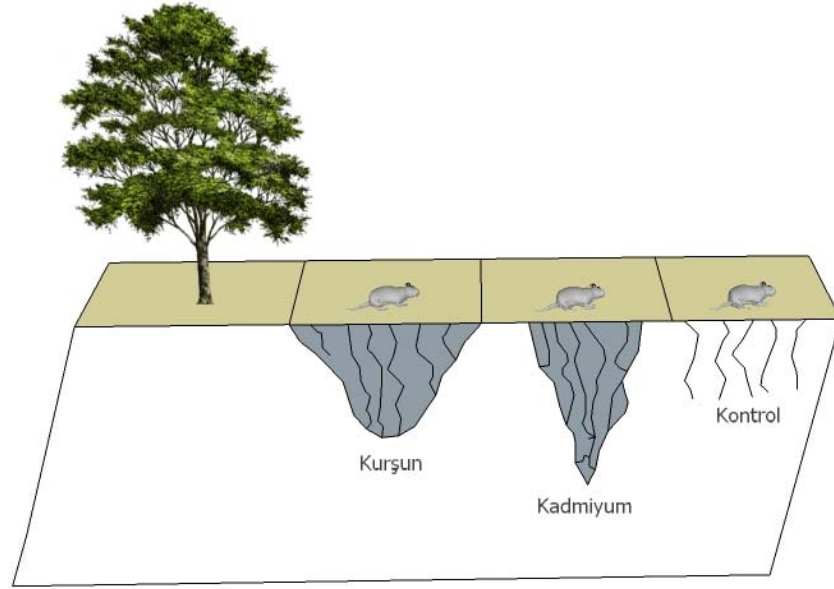
Çürüme aşamasında en önemli parametrelerden biri de iklim özellikleri ve böcek aktivasyonudur (Özer, 2015). Entomolojik örneklerin gelişim hızında böceğin türü ve iklim koşulları en önemli faktörlerdir (Özer, 2015; Aktay, 2003; Açıkgöz,2002). Bu nedenle çürüme aşamasında veriler değerlendirilirken ortam sıcaklığı gibi koşulların bilinmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, sıcaklık ölçümlerimiz meteorolojiden elde ettiğimiz verilere göre 4,89°C yüksek olarak ölçülmüş olup, bu sıcaklık farkının deneyin yapıldığı ortamın, meteorolojik ölçümlerin yapıldığı istasyondan yaklaşık 2 km uzaklıktaki farklı bir lokasyonda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu verilerden yola çıkarak mümkünse olay yerinde ölçüm yapmanın daha kesin veriler elde etmek için gerekli olduğu saptanmış olup bu olanağın bulunmadığı koşullarda ise meteorolojiden elde edilen veriler hesaplamalarda kullanılırken, istasyonun olay yerine uzaklığı ve benzer iklim şartlarını taşıyıp taşımadığının göz önünde bulundurulması gerektiği anlaşılmıştır.

Araziye bırakılan her üç grup rattan, Pb ve Cd grubunda böcek aktivasyonu 7. günden sonra gözlemlenmiştir. Böcek aktivasyonu öncesinde özellikle Pb grubunda karınca hareketliliği artmıştır. Kontrol grubu ratlara larva gelimi ilk günden itibaren olmuştur. Kurşun grubu ratlarda böcek aktivasyonu ile birlikte hızlı bir çürüme olayı gerçekleşmiştir. Pb grubu 17. günde tamamen çürümüştür.

Cd grubu ratlar da ise çürüme olayı kontrol grubundan daha yavaş olmuştur. Böcek aktivasyonu ile başlayan çürüme 25. günde tamamlanmıştır. Kontrol grubunda ise çürüme eyleminin 21 gün sürmüş olduğu tespit edilmiştir.

Otoliz, çürüme ve kokuşma aşamasında vücut sıvıları toprağa geçmektedir (Şahin, 2014). Ratlarda her üç grupta da vücut sıvıların toprağa geçmesi esnasında toprak üzerinde farklı etkileşimler tespit edilmiştir. Pb grubu ratlarda toprak üzerinde daha grimsi ve siyah renklenmeler görülürken, Cd grubu ratlarda yeşilimsi renk tonlarında kontrol grubunda da hemoglobine bağlı olarak kıvılcak kahve ve koyu kahverengi tonlarda boyamalar gözlenmiştir. Yapılan analizlerle Pb grubu ratların

vücut sıvılarının daha yanal olarak yayılımı görülürken, Cd daha düşey kontrol de ise her yönde yayılım tespit edilmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Ağır Metallerin toprak bünyesindeki hareketi

Tez çalışmasının yürütüldüğü deneme sahasının toprağı killi bünyede olup (%26 Kum, % 49 Kil ve %25 Silt), düşük organik madde, orta kalevi, tuzsuz ve çok düşük ağır metal içeriğine sahiptir. 4800 mg/kg kurşun içeren ratların çürümeye bırakıldığı yüzey topraklarının Pb içerikleri ratların Pb içeriğinin yaklaşık %40'ını içerdiği, 800 mg/kg kadmiyum içeren ratların çürümeye bırakıldığı yüzey topraklarının Cd içerikleri ise ratların Cd içeriğinin yaklaşık %48'sini içerdiği belirlenmiştir. Çürüme sırasında midenin kurtlanmayıp hızlı bir şekilde dehidratasyona bağlı olarak kuruması ile mide içeriğinde Pb ve Cd taramasında Cd grubunda; Cd tespit edilemezken, Pb grubunda; Pb elementer halde belirlenmiştir. Bu nedenle ratlara uygulanan Pb ve Cd'un geri kalan kısımlarının ise ratların dokularında vb. kalmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışmanın yürütüldüğü toprağın yaklaşık yarısı kil partikül içeriğine sahip olduğu gözönüne alındığında, ratlardan toprağı ulaşan Pb ve Cd'un ağır bünyeli toprakta kuvvetle adsorbe olmuş olabileceğini ve analizler esnasında tam olarak ekstrakte edilemeyerek eksik okuma yapılmış olunabileceği akla gelmektedir. Toprak su sisteminde Cd katyonları ile

karbonat, fosfat ve benzeri anyonlar arasındaki reaksiyon çok farklı olabilmektedir. Çünkü kation ve anyonlar, toprak kolloidleri tarafından absorbe olduğu zaman tepkimeye girerler. Örneğin toprak tarafından Cd alımının 10 dakikada tam % 90 olduğu saptanmıştır. Cd, diğer iz elementlere kıyasla daha mobil olmasına rağmen, toprak partiküllerine kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Toprakta Cd transferi azdır, bunun nedeni ise elementin toprak katında bekleme süresinin yüksek olmasıdır. Cd'un toprağın sürüm katında ortalama bekleme süresi 200-800 yıl olarak tespit edilmektedir (Haktanır ve Karaca, 1995).

Yüzeyinde kurşun içerikli ratların çürüdüğü topraklarda organik madde miktarının kontrol toprağına göre arttığı, pH ve EC değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Yüzeyinde kadmiyum uygulanmış ratların çürüdüğü topraklarda organik madde miktarının kontrol toprağına çok yakın değer gösterdiği, kurşunun aksine değerinin düştüğü, kurşunla benzer şekilde EC değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Kontrol toprağı ile kurşun ve kadmiyum uygulanmış ratlı toprakların temel özellikleri arasında artış ve azalmalar olmasına rağmen bu değişimler pH ve Pb konsantrasyonları hariç istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kurşun uygulanmış ratların çürüdüğü toprağın pH değerinde azalma görülmüştür. Toprak pH'sının ve toprağın metal konsantrasyonunun toprakta ağır metal hareketliliğindeki rolü çok büyüktür. Bazı araştırmacılar bu faktörlerin yanında KDK, kil miktarı ve toprak sıcaklığının toprakta metal hareketliliği üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir (Haktanır ve Karaca, 1995, Sauve ve ark., 1998). Toprakta kil miktarı, organik madde miktarı ve pH değeri arttıkça ağır metallerin hareketliliği (mobilitesi) azalmaktadır (Gönülsüz ve Mordoğan, 2000).

Toprakların tanecik büyüklüğündeki farklılık fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özellikleri değiştirmesine bağlı olarak, çürüme sürecini etkilemektedir. Kaba bünyeli (kumlu) topraklarda tanecikler arası boşluk büyük olduğundan yoğun gaz difüzyonu (Carter ve Tibbett, 2010) sayesinde kuruma ve dolayısıyla nemin azalmasına bağlı olarak C ve N mineralizasyonunda işlev gören hidrolitik enzimler (beta glukosidaz, üreaz) yavaşlamaya başlar ve çürüme süreci tamamen durabilmektedir (Micozzi, 1997). Kaba bünyeli toprak eğer yüksek nem içeriğine

sahipse bu durumda meydana gelen çürüme ise kalsiyum, fosfor ve manganez artışına bağlı olarak pseudomorf oluşumuyla sonuçlanabilmektedir (Bethell ve Carver, 1987). İnce bünyeli (killi) topraklarda ise gaz difüzyonu yeterli oranda gerçekleşmediğinden aerob mikroorganizmalar yerine daha az çürükçül olan anaerobikler üremekte (Swift, 1979) ve çürüme süreci yavaşlamakta (Hopkins, 2000), cesedin dış yüzeyinde ve iç organlarda indirgenme koşulları altında kadavranın etrafında parçalanmayı yavaşlatıcı adiposir oluşumu meydana gelmekte ve sabunlaşma görülebilmektedir (Forbes et al., 2005; Tümer et al., 2013). Yüksek miktarda su, lipid ve protein içeren aynı zamanda dar C/N oranına sahip olan kadavra olup enterik (bağırsakla ilgili) ve dermal formda yüksek mikrobiyal kominite kaynağıdır (Wilson et al., 2007). Bu özelliklere sahip kadavranın parçalanması ise hızlı olup parçalanmada rol oynayan otoliz ve putrefaksiyon (putrefaction) prosesleri meydana gelmektedir.

Çürüme sonrası ratların mide içeriğinde yapılan incelemede Cd grubunda Cd tespit edilememiştir. Midede tüm toksik materyalin absorbe olduğunu bize göstermektedir. Pb grubu ratların mide içeriğinde Kurşun, asetik asit ve stearik asit bulunmuştur. Mide içerisinde kurşun asetat bileşiminin bileşenlerine ayrıldığını, Pb'un tamamının mideden absorbe olmadığını, midede Pb absorpsiyonun yavaş olduğunu bize göstermiştir. Bütün bu sonuçlardan daha toksik olan Cd ile zehirlenen ratların hızlı ölmesini, Pb ile zehirlenen ratların da yavaş ölmesini bize açıklamaktadır.

Literatürde yapılan taramada bu tarz bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Elde edilen bulgular ışığında toprak üzerinde çürümüş ve akut zehirlenme şüphesi olan vakalarda cesedin temas ettiği toprağı ve çevresinin incelenerek toksik materyalin türü ve miktarı hakkında bilgi elde edilebileceğini göstermiştir.

Yapılan bu çalışmanın daha sonra yapılması planlanan kronik ve subkronik süreçte zehirlenme sonucu ölüm olayı gerçekleşmiş hayvan modellerinde gömülme sonrası gömülme zamanı tayini ve toksik materyalin değişim döngüsünü tespitine yönelik bilimsel çalışmalar için yol göstermesi hedeflenmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Bu çalışmada; 30 adet wistar Albino türü 15 dişi ve 15 erkek rat kullanılmıştır. Ratler 10 'arlı (5erkek + 5 dişi) olacak şekilde Pb, Cd ve kontrol gruplarına ayrıldı. Pb grubuna 4800 mg/kg kurşun asetat çözeltisi, Cd grubuna 800 mg/kg kadmiyum klorür oral gavaj ile tek doz olarak uygulanmıştır.
2. Akut zehirlenme neticesinde; kurşun grubu ratlarda ilk ölüm olayı 3. saat sonunda, kadmiyum grubu ratlarda ise ilk ölüm olayı 45. dakikadan sonra dişilerde gözlemlendi. Her iki grupta da dişilerin akut intoksikasyondan ilk önce etkilenen bireyler olduğu belirlendi. Kontrol grubu ratlar servikal dislokasyonla eks edilmiştir.
3. Ölüm olayından sonra her gruptan rastgele seçilen bir adet erkek ratta nekropsi yapılması akabinde histopatolojik örnekleme için dokular alındı. Kadmiyumda hızlı ölüme paralel olarak Pb grubunda; akciğer, kalp, karaciğer ve mide de aktif kanama alanları ile böbrek dokusunda tübül epitelyum hücrelerinde hidropik dejenersyon tespit edilirken, kurşun grubunda akciğer ve midede kanama alanları belirlenmiştir.
4. Toprak üzerinde çürümenin takip edileceği alanda ön inceleme yapılarak, inceleme alanı toprağında; plajikolas (Albit), Kalsit, Alkali Feldispat, Muskovit, Klorit + Serpantin karışık katman ve Montrmorillonit minerallerinin bulunduğu, ortalama kadmiyum değerinin 0,78603 mg/kg iken, kurşun değerinin 32.993 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Denemenin yürütüldüğü toprağın tekstürü killi bünyede olup (%26 Kum, % 49 Kil ve %25 Silt), düşük organik madde, orta kalevi, tuzsuz ve çok düşük ağır metal içeriğine sahiptir.
5. Çürüme süresince iklim değişimleri data logger ile ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 27,19 °C'dir. Meteorolojiden alınan verilerin bu değerden yaklaşık 4 derecede daha az olması meteoroloji istasyonun uygulama alanına olan

mesafesi ile ilgili olduğunu akla getirmektedir. Böyle bir çalışma planlanırken +/- 4 derecelik kısım her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.

6. Pb, Cd ve kontrol grubu ratlar parselasyonu yapılmış alana etki parametreleri de göz önünde bulundurularak yerleştirildi. Pb ve Cd grubunda sinekler ratların ağız ve burun bölgesine larvaları bırakmadı. Genital bölgeden başlayan larva oluşumları Pb ve Cd 7. günden sonra tespit edilmiştir.
7. Pb grubu ratlar kontrol grubunda da hızlı çürümeye maruz kalırken, Cd grubunda bu durumun tersi gerçekleşti. Cd grubu ratlar, kontrol grubundan da daha yavaş çürümüştür.
8. Çürüme ile birlikte ratların vücut sıvılarının toprağa geçmesiyle Pb grubunda toprakta siyahımsı metalik gri ren tonlarında renklenme olurken, Cd grubunda daha açık yeşilimsi, fıstık yeşili renk tonlarında toprakta renklenme meydana gelmiştir.
9. Çürüme sonrası temas eden topraktan yaklaşık 30 cm derinlikte toprak örnekleri üzerinde analiz işlemleri yapılmıştır.

Cd grubu ratların temas ettiği toprağın analizinde: Kuvars, Albit Kalsit, Alkali Feldispat, Muskovit, Montmorillonit mineralinin yanında CdCl_2 , Cd (CO_3) ve CdMnF_5 mineralleri tespit edilirken, Pb grubu ratların temas ettiği toprağın analizinde de Kuvars, Albit Kalsit, Alkali Feldispat, Muskovit, Montmorillonit mineralinin yanında Kurşun Karbonat (PbCO_3) ve Kurşun Asetat ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_4\text{Pb}$) mineralleri tespit edilmiştir. Herhangi bir metal uygulaması yapılmamış kontrol grubu ratların bulunduğu 9 deneme parselinin ortalama Cd miktarı 0,55 mg/kg, Pb miktarı 3333,36 mg/kg olup, Cd'li ratların Cd içeriğinin yaklaşık %48'sinin ve Pb'li ratların Pb içeriğinin de yaklaşık %40'ının toprağa geçtiği belirlenmiştir. Cd'li rat uygulanmış toprakların pH, EC ve organik madde miktarlarında önemli değişiklik olmamış, Pb'li rat uygulanmış toprakların ise pH değerlerinde

önemli azalma gerçekleşmiş, organik madde ve EC değerlerinde ise belirlenen değişiklikler anlamlı olmamıştır. Toprakta ağır metal hareketliliğine toprağın pH, organik madde ve kil miktarı etki etmektedir. Organik madde, kil miktarı ile pH içeriği arttıkça ağır metallerin toprakta tutulma miktarı artmakta, mobiliteleri ise azalmaktadır. Toprak yüzeyine ağır metal içeren materyalin toprakta kalma süresi, ağır metal içeriği, ağır metalin toprakta oluşturduğu bileşikler, iklim faktörleri ve toprak yapısı (kil, OM, pH içeriği vb) materyalin çürümesi üzerinde etkili olmaktadır.

Pb grubu ratların mide içeriğinde yapılan incelemede Kurşun asetatın bileşenlerine ayrıldığı tespit edilmiştir. Mide içeriğinde stearik asit (18 karbonlu $\text{CH}_3. (\text{CH}_2)_{16}.\text{COOH}$) ve bunun yanında kurşun ve asetat oluşumları tespit edilmiş olup, kurşun grubunda mide içeriğinde stearik asit, kurşun asetatın parçalanarak kurşun ve asetat olarak ayrıştığı bu nedenle midede emilimin tam olmaması neticesinde ölümün yavaş gerçekleşmesinin sebebini açıklamaktadır. Histopatolojik inceleme ile mide mukozasında tespit edilen siyah – kahverengi pigmente maddenin Pb olduğu kanaatini vermiştir.

10. Bu tarz çalışmalarda kontaminasyon riski çok fazla olduğundan örnek alımlarında tek kullanımlık veya sterilizasyonu iyi yapılmış materyaller kullanılmalıdır.
11. Yapılan bu çalışma ile zehirlenme şüphesi olan gerek araziye atılan gerekse gömülen olgularda mevcutta varsa yumuşak doku ve kemik örneklemesinin yanı sıra uzmanı tarafından cesedin temas ettiği toprakta yapılacak ayrıntılı inceleme ile toksik maddenin türünün, mekanizmasının ve mikalarının belirlenmesinde yararlı olacağı görülmektedir.
12. Bu çalışma ile akut oral olarak zehirlenmiş ve öldürülmüş kişilerin delillerin yok edilmesi amacı ile araziye atılıp çürümesi istenen vakalarda temas eden toprakta yapılacak toksik incelemelerle toksik maddenin türünün, mekanizmasının ve miktarının topraktan saptanabilirliğini ortaya konmuştur.

13. Cinayet olaylarına konu olan zehirlenme olaylarına modelleme olması için bu çalışmaya ek olarak, farklı iklim ortamlarında, farklı toprak bünyelerinde ve yırtıcı hayvanların da etkisi göz önünde bulundurulan çalışmalar yapılması yerinde olacaktır.
14. Ölümden sonra gömülme işleminin yapıldığı olgularda da ölümden sonra topraktan toksik maddenin tayinin ne zamana kadar saptanabileceğinin anlaşılması için, mezar açma sürelerinin daha uzun olduğu kronolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

ÖZET

Akut Ağır Metal (Pb ve Cd) Zehirlenmesine Maruz Kalmış Ratların, Toprak Üzerinde Çürümesi Aşamasında Toksik Materyal ile Toprağın Etkileşim Mekanizması

Toprak, suç soruşturmalarında olayın aydınlatılması için olay yerinden alınabilecek önemli delillerdendir. Olay yerinden alınan toprak delilleri, cesedin taşınıp taşınmadığı hakkında bilgi verebildiği gibi failin tespitinde, olay yeri mağdur, fail eşleştirilmesinde ve ölüm sebebinin tespitine önemli katkı sağlamaktadır. Toprağın mineralojik ve kimyasal bileşimi, gömülü cesetlerde çürümeye etki eden önemli faktörlerdendir. Toprağın bileşiminden kaynaklanan çürümenin hızlı veya yavaş olması postmortem çalışmalarına önemli bir bakış açısı sağlamıştır. Son yıllarda Adli olaylarda toksikoloji biliminde de toprağın önemi gün yüzüne çıkmıştır. Zehirlenme olgularında çürüme ile birlikte vücut sıvılarının toprağa taşınması ile vücutta bulunan toksik materyalin toprağa geçtiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada zehirlenme sonrası ölmüş ve toprak üzerinde çürümüş vakalarda çürüme sonrası toprak incelemesi yapılması ile birlikte topraktaki toksik materyalin tespiti amaçlanmıştır. Bu kapsamda 30 adet wistar albino türü rat kullanılmıştır. Ratlar 10'arlı olacak şekilde kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve kontrol olarak 3 gruba ayrılmıştır. Serum fizyolojik içerisinde hazırlanan Kurşun Asetat ve Kadmiyum Klorür çözeltileri ratlara akut olarak oral gavaşla verilmiştir. Üçüncü gruptaki kontrol ratları servikal dislokasyonla eks edilmiştir. Rat karkasları açık arazide sıcaklık takibi yapılarak çürümeye bırakılmıştır. 21 günlük çürüme süresince düzenli olarak toprak ve entomolojik örnekleme yapılmıştır. Alınan örnekler etüvde 70 derecede kurutulduktan sonra mikroskopta incelenmiş, XRD analizleri ile mineralojik inceleme ve ICP-MS cihazı ile de elementer inceleme yapılmıştır. Deneme arazisinin 0-30cm derinliğinden alınan toprak örneklerinde ayrıca bünnye, pH, organik madde ve elektriksel iletkenlik analizleri yapılmıştır.

Genel olarak, zehirleme aşamasında kadmiyum ile zehirlenen ratlarda çok hızlı bir şekilde ölüm olayının gerçekleştiği, çürüme aşamasında ağız ve burun bölgesinde larva aktivasyonun olmadığı ve çürümenin kontrol grubunda ise daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir. Kurşun ile zehirlenen ratlarda ölüm olayının çok yavaş gerçekleştiği, çürümenin ilk aşamasında sineklerin larvaları ağız ve burun bölgesine bırakmadığı, genital bölgede yerleşen larvaların kontrolden de hızlı çürüme olayının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Cesetlerin temas ettikleri topraklar ile çalışma öncesi alınan toprak örnekleri karşılaştırılmış, ratlara verilen Cd, Pb kontrol grubunda farklı olarak tespit edilmiştir.

Ölüm sebebi tespitinde cesedin temas ettiği toprakta yapılacak ayrıntılı örnekleme ve incelemelerin toksik materyalin belirlenmesi açısından kalitatif ve kantitatif olarak kullanılabileceği hususunda bize yön gösterebileceği tespit edilmiştir. Bu tip çalışmaların gömülü vakalarda da yapılması ölüm ve çürüme sonrası gelişen tüm adli sorulara fayda sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Adli toprak, ağır metal, kadmiyum, kurşun, zehirlenme

SUMMARY

During The Decay on The Ground of Rats Exposed to Acute Heavy Metals (Pb and Cd) Poisoning Mechanism of The Interaction of Soil with Toxic Materials.

Soil is one of the most important evidence that can be taken from the crime scene to clarify the incident. Soil evidence taken from the crime scene can give information about whether the corpse was moved. It also provides significant contribution to identification of the perpetrator, to match crime scene, victim and perpetrator, and to determine the cause of death. The mineralogical and chemical composition of the soil are important factors affecting the decay of bodies buried. Fast or slow decomposition of the corpse caused by soil composition has provided an important aspect to postmortem studies.

Recently, the importance of soil in criminal cases has become apparent in toxicology science. The mineralogical, chemical and physical properties of soil play important role in postmortem interval (PMI) works. In poisoning cases, it has been found that due to the decay toxic material in the body was transmitted to the soil with body fluids. The information about poisoning, determining mechanism and poison information regarding toxic substances is obtained by examining the soil where the corpse left on the field to decay in poisoning suspected murder cases.

In this study, it is aimed to identify toxic material in the soil by conducting soil examination in “decay after poisoned and left in the field” cases. 30 wistar albino rats were used for this purpose. The rats were divided into three groups, cadmium (Cd) group, lead (Pb) group and control group, and each group had 10 rats. Lead acetate and cadmium chloride solutions prepared in physiological serum were given to the rats by oral gavage as acute. The control rats in the third group were executed by dislocation. Rat carcasses were left in the open field to decay. Their temperature was tracked. Soil and entomological sampling were made during 21 days. The samples obtained from the field were examined microscopically after dried in oven at 70 degrees. Mineralogical analysis with ICP-MS instrument and the element analysis by XRD device were performed.

It was observed that death of the rats poisoned with the cadmium occurred very quickly, that larvae activation in the mouth and nose area was not seen in decay phase, that the decay in the control group was also slower. It was identified that death of the rats poisoned with the lead occurred very slow, that the flies did not leave their larvae to the mouth and nose area in initial stage, that the decay of larvae placed in the genital area occurred faster than those in the control group. The soil samples taken pre-study and the samples contacted with the corpse were compared. The cadmium (Cd) and lead (Pb) were detected differently in the control group.

A detailed sampling and analysis of the soil contacted with the corpse can help in determination of the cause of death. Toxic materials can be used as the qualitative and quantitative. To be done this kind of work in buried cases will also be beneficial to answer all forensic questions occurred after the death and the decay.

Key Words: Forensic Soil, Heavy Metal, Cadmium, Lead, Poisoning

KAYNAKLAR

1. Aberhart, A.R., Larson, G.L. and Mathews, J.R. 1984. Heavy metals in surficial sediments of Fontana Lake. 18, (13):351-354, North Carolina.
2. Açıkgöz, N., Hancı, İ.H. ve Çetin, G.2002,Adli Olaylarda Böceklerden Nasıl Yararlanırsınız. C. 51 Sa.3
3. Adli Tıp Ders Kitabı. 2011.İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Yayın No:281, p.51-95
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 2007. *CERCLA Priority List of Hazardous Substances*. U.S.Department of Health and Human Services. Atlanta, GA (<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>).
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 2011. *Hair Analysis Panel Discussion*: Section: Appendix C, Sharon Seidel.
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2008. *Toxicological Profile for Cadmium*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health service (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>)
7. Air Quality Quidelines For Europe, 1987, Who Regional Publication, European Series No:23.
8. Akbal, A., Reşorlu, H., Savaş, Y.2015. Ağır Metallerin Kemik Doku Üzerindeki Toksik Etkileri. Türk Osteoporoz Dergisi. 21: 30-3
9. Akçan, R., 2008. Pestisit Uygulanan Tavşanlarda Postmortem Kan Ve Kemik İliğinde Pestisit Düzeylerinin Araştırılması Çukurova Tıp Fakültesi Tıpta Uzmanlık Tezi.
10. Aktay G, Açıkgöz HN, Hancı İH. Adli bilimlerde yeni bir araştırma alanı: entomotoksikoloji. Toksikoloji Dergisi 2003;1 (1):25-30.

11. Alper, B., Azmak, D., Çekin, N., Gülmen, M., Koç, S., Salaçin, S., Adli Otopsi ve Adli Patoloji, Birinci Basamak İçin Adli Tıp El Kitabı, Türk Tabipleri Birliği-Adli Tıp Uzmanları Derneği, Ankara. Nisan; 1999. p. 36-48.
12. Baban, N., Kurt, K., Kaptanoğlu, K., Kaptanoğlu, A.S., Baban, A., Acar, U., Karakuş, Ü., 2003. Adli Toksikoloji. Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu Yayınları 8. İstanbul.
13. Bethell PH, Carver MOH. 1987. Detection and enhancement of decayed inhumations at Sutton Hoo. In: Boddington A, Garland AN, Janaway RC, editors. Death, decay and reconstruction: approaches to archaeology and forensic science. Manchester: Manchester University Press; p. 10–21.
14. Birinci, U A. 2012. Adli Tıp İhtisas Kurulu'nun İstemiyle Uygulanan Mezar Açma İşlemi Sonrası Elde Edilen Tıbbi Delil-Sonuç İlişkisinin Değerlendirilmesi. İstanbul
15. Boğa, A., 2007. Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları. Arşiv 2007:16:218. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/arsiv/article/viewFile/5000072664/5000066911>
16. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal 54:464-465.
17. Carter DO, Yellowlees D, Tibbett M. 2010. Moisture can be the dominant environmental parameter governing cadaver decomposition in soil. Forensic Sci Int;200:60–6.
18. Castaing, P., Assor, R., Jouanneau, J.M. and Weber, O. 1986. Heavy metal origin and concentration in the sediments of the pointe a pitre bay (Guadeloupe-Lesser Antilles). Environ. Geol. Water Sci. 8 (4): 175-184.
19. Cope, G. W., Leidy, B. R., Hodgson, E. 2004. In: Hodgson E.A Textbook of Modern Toxicology, 3th. Ed. New Jersey, Canada: Wiley-Intescience. 49-74
20. Çağlarırnak, N., Hepçimen, A. Z., 2010. Ağır Metal toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi. Akademik Gıda 8 (2)31-35

21. Çolakoğlu, N., Kükner, A., Ozan, E., Kara, H., Koyutürk, L., Kuloğlu, T., 2011. Sıçan Testis Dokusunda Kadmiyum Klorür'ün Oluşturduğu Yapısal Değişiklikler ve Bu Değişiklikler Üzerine Metallothionein'nin Etkileri: Elektron Mikroskopik Çalışma. F.Ü. Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi. Cilt 25, Sayı, S:5-9
22. Dencker, L., Mulder, G. J.2006. Pharmaceutical Toxicology (Başaran ve diğerlerinin çevirisi). Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eczacılık Serileri
23. Dietz, R., Outridge, P.M., ve Hobson, K.A. 2009. Anthropogenic contributions to mercury levels in present-day Arctic animals--a review. *Sci Total Environ.* 407 (24):6120-31.
24. Dip, A., 2007. Otopsi olgularında alınan kalp dokusu örneklerinde iz element ve toksik metal düzeyleri. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Adli Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.
25. Domingo, J.L. 1998. Developmental Toxicity of Metal Chelating agents. *Reproductive Toxicology.*12:499-510.48
26. Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M.O.C. and Egwurugwu, J.N. 2007. Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects, *International Journal of Physical Sciences*, Vol:2 (5), pp 112-118
27. Dündar, Y., Aslan, R., 2005. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, C:6, N:2
28. Erkol, Z., 1994. Ölüm Zamanı Tayini. *Gaziantep Üniversitesi Tıp Dergisi.* 5,112-122.
29. Eyüpoğlu, F. Kurucu, N., Talaz, S. 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Ankara.

30. Fahim, M. A., Nemmar, A., Dhanasekaran, S., Singh, S., Shafiullah, M., Yasin, J., Zia, S., Hasan, M. Y., 2012. Acute Cadmium Expoure Causes Systemic and Throboembolic Events in Mice. *Physiological Research*, 61:73-80.
31. Fikirdeşici, ř. 2010. Kadmiyum, arsenik ve kadmiyum-arsenik Karışımının *Daphnia Magna* (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea) üzerine akut toksik etkilerinin araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
32. Flanagan R.J., Connally G., Evans J.M., 2005. Analytical toxicology: Guidelines for sample collection postmortem. *Toxicol Rev* 2005;24 (1):63-71.
33. Forbes SL, Dent BB, Stuart BH. 2005. The effect of soil type on adipocere formation. *Forensic Sci Int*;154:35–43.
34. Gordon KM. 2003. A Comparative Analysis of the Deterioration Rates of Textiles and Their Role in Determining Postmortem Interval: The College of William and Mary.
35. Gönülsüz, E., Mordoğan, N. 2000. şeftali Bahçelerindeki Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Dergisi*. 37:67–76.
36. Grellner, W., Glenewinkel, F.,1997. Exhumations: synopsis of Morphological and toxicological Findings in Relation to The Postmortem Interval Survey on 20 Year Period and Review of The Literature.*Forensic Science International*. 90: 139-159.
37. Haktanır, K., Karaca, A. 1995. Ağır metallerin topraktaki hareketi ve toprak kirliliği. *Çevre ve İnsan Dergisi*, sayı 21, sayfa 24-26.
38. Hancı İ. H.,Adli Tıp ve Adli Bilimler, 1. Baskı Seçkin Yayıncılık Ankara 2002.
39. Hancı, H., Duman, E.Ç.,Adaletin gerçekteşmesinde böceklerin de büyük yeri var!, *Cumhuriyet Bilim Teknik*, 2000, Sayı 674, s.:18-20.

40. Hodgson, E., 2004. The Textbook of Modern Toxicology, Third Edition. A. John Wiley and Sons, Inc.
41. Hopkins DW, Wiltshire PEJ, Turner BD. 2000. Microbial characteristics of soils from graves: an investigation at the interface of soil microbiology and forensic science. *Appl Soil Ecol.*,14:283–8.
42. http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/hair_analysis/Appendix_c_sharon.html.
43. Hu, H., Aro, A., Payton, M., Korrück, S., Sparrow, D., Weiss, S.T. 1996. The relationship of bone and blood lead to hypertension. The Normative Aging Study. *JAMA.*, 275:1171–1176.
44. Inaba, T., Kobayashi, E., Suwazono, Y., Uetani, M., Oishi, M., Nakagawa, H., Nogawa, K., 2005. Estimation of Cumulative Cadmium Intake Causing: Itai-itai disease. *Toxicology letters* 159, 192-201.
45. Işıklı, B., Demir, T.A., Ürer, S.M., Berber, A., Akar, T ve Kalyoncu, C., 2007. Bir Kırsal Alan Yerleşiminde Kadmiyum Maruziyeti. <http://www.dicle.edu.tr/~halks/m68.htm>
46. İzler, E., 1989. Atomik Absorbsiyon Spektrometresiyle Post-Mortem Kan örneklerinde Pb ve Cu Düzeyleri. İ.Ü. Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri ABD. Yüksek Lisans Tezi
47. Jackson, M.L. 1962. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs., U.S.A.
48. Jarup, L., ve Akesson, A. 2009. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1;238 (3):201-8.
49. Jarup, L.2003. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*, 68, 167-82.
50. Kang, H.K., 1983. Determination of blood - lead elimination patems of primary lead smelter workers. *Journal of Toxicology and Enviromental Health*, 11:1998-210

51. Karapazarlıoğlu, E.. 2011. Adli Entomoloji. Güvenlik Hizmetlerinde Çağdaş Yaklaşımlar. (Editörler: Gül, K., Karakaya, M.) Polis Akademisi Yayınları.s. 101-117. Ankara
52. Kawanami, J., 2003. Itai-itai Byo no Kioku (Memory of the Itai-itai Disease) (in Japanese), Toyama, Japan: Katsura-Shoten, rev. ed.
53. Klaassen, C., Watkins, J. B., 2010. Casarett&Doull's Essentials of Toxicology. Second Editon. Copyright © 2010, by McGraw-Hill Education, LLC. All rights reserved
54. Konuk, M., Liman, R., Metal Toksikolojisi Ders Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi. <http://www2.aku.edu.tr/~mkonuk/Metal-toksikolojisi.pdf>.
55. Last, M., Wallace, B. 1992. Public Health Preventive Medicine. Prentice- Hall International Inc. Newyork: 381-399
56. Lauwerys, R.R., Bernard, M.A., Roels, A.H., 1994. Buchet P: Cadmium Exposure markers as predictors of nephrotoxic effectes. Clin. Chem. 40/7: 1391-1394
57. Lech, T., 2006. Exhumation Examination To Confirm Suspicion Of Fatal Lead Poisoning. Forensic Science International, 158: 219-223.
58. Lehman AJ [1951]. Chemicals in foods: a report to the Association of Food and Drug Officials on current developments. Part II. Pesticides. Q Bulletin Assoc Food Drug Off U.S. 15 (4):122-125.
59. Lew EO, Matshes E. 2005. Postmortem Changes in Forensic Pathology Principles and Practice ed. Dolinak D, Matshes EW, Lew EO. Elsevier Inc 5: 528-554.
60. Lothenbach, B. Krebs, R. Furrer, G., Gupta, S.K., Schulin, R. 1998. Immobilization of Cadmium and Zinc in Soil by Al-Montmorillonite and Gravel Sludge. European Journal of Soil Science. 49: 141–148.

61. Luczak, B. 1998. Fixation of Pb-Cations By two Different Types of Clays from the Polish Lowland in Warsaw's Surroundings. www.prgue2000.fsu.edu/content/pdf/156.pdf
62. Markowitz, M. Lead Poisoning In: Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF. Nelson 2007. *Textbook of Pediatrics*. 18 thed. Saunders (pp: 2913-2917).
63. Marumo, Y., 2003. Forensic Examination of Soil Evidence. *Forensic Science International*, 7 (2):95-111.
64. Mert, M. 2014. Adli Bilimlerde Toprak İncelemeleri (Adli Toprak, Adli Jeoloji), *Adli Bilimler Dergisi*, C.13 sayı 3.
65. Micozzi MS.1997. Frozen environments and soft tissue preservation. In: Haglund WD, Sorg MH, editors. *Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains*. Boca Raton: CRC Press; p. 171–8.
66. Murray RC. 2004. *Evidence from the earth: forensic geology and criminal investigation*: Mountain Press Publishing.
67. Nogawa, K., Kurachi, M. and Kasuya, M. (eds.) 1999, *Advances in the Prevention of Environmental Cadmium Pollution and Countermeasures, Proceedings of the International Conference on Itai-itai Disease, Environmental Cadmium Pollution and Countermeasures*, Toyama, Japan, 13-16 May, 1998, Kanazawa, Japan: Eiko Laboratory.
68. Orhan, H., 2010. *Klinik Toksikoloji Kursu*. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
69. Örün, E., Yalçın, S.S., 2011, Kurşun, Cıva, Kadmiyum; Çocuk Sağlığına Etkileri ve Temasın Belirlenmesinde Saç Örneklerinin Kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, C.3 S:2 73-81
70. Özçelik, D., 1998. Bakır, Çinko, Kurşun ve Kadmiyum Katkılı Besinlerle Beslenen Cıvcıvlerin Kan, serum ve değişik dokularındaki element

konsantrasyonlarının ölçülmesi ve besi performansına etkilerinin saptanması. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

71. Özdemirel, R.Ö., 2010. Adli Otopsi Olgularında İzole Karaciğer Ve Karışık İç Organ Örneklerinde Toksikolojik İnceleme Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi. Uzmanlık Tezi. Adli Tıp Kurumu. İstanbul.
72. Özderin, M., 2006. Adli Tıp Ders Notları, <http://adlitip.blogspot.com.tr/2006/10/5-lm.html>.
73. Özer, Y., 2015. Postmortem Dokularda Erken Dönem Ve Geç Dönemde Eroin Tespiti; Entomotoksikolojinin Kullanılabilirliği. Adli Tıp Kurumu Başkanlığı Uzmanlık Tezi.
74. Patrick, L. 2003. Toxic metals and antioxidants: Part II. The role of antioxidants in arsenic and toxicity. *Altern Med Rev*.8 (2); 112-116.
75. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils (Agricultural Handbook No. 60). US Salinity Laboratory. USDA. Washington.
76. Ruffell A, McKinley J.. 2005, Forensic geoscience: applications of geology, geomorphology and geophysics to criminal investigations. *Earth-Science Reviews*;69 (3):235-47
77. Sanlı, Y., Kaya, S., Prinçci, İ., Bayhan, E., Demet, Ö., Bilgili, A., 1995. Veteriner Klinik Toksikolojisi., Medisan Yayınevi.
78. Sauve, S. McBride, M. Hendershot, W. 1998. Soil Solution Speciation of Lead (II): Effects of Organic Matter and pH. *Soil Science Society American Journal*, 62 (3): 553–846
79. Sayın, R., Tombul, T., Milanlıoğlu, A., 2010. Kadmiyum İntokskasyonu Sonrası Motor Nöron Bulguları Gelişen Vakalarımız. *Van Tıp Dergisi*. 17 (4):160-163.

80. Shuman, L.M. 1979. Zinc, Manganese and Copper in Soil Fractions. Soil Science, 127: 10–17.
81. Skopp G. 2010, Postmortem Toxicology. Forensic Sci Med Pathol 2010;6 (4):314-25.
82. Soysal Z, Çakalır C, Kolusayın Ö, Koç S. Ölüm. 1999. Adli Tıp Cilt I. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları; p. 93–151.
83. Soysal Z. Eke M. Çağdır AS. 1999. Adli Otopsi Cilt I. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, İstanbul: 21-54
84. Ssheidegger, A.M., Lamble, G.M., Sparks, D.L. 1996. Spectroscopic Evidence for the Formation of Mixed-Cation Hydroxide Phases upon Metal Sorption on Clays and Aluminum Oxides. Journal of Colloid and Interface Science. 186, 118–128.
85. Şahin, F., 2014, Toprağa Gömülmüş Cisimlerde Tafonomik Analiz, Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, Tıpta Uzmanlık Tezi.
86. Şener, S. ve Yıldırım, M. 2000. Veteriner Toksikoloji. Teknik Yayıncılık. 343 p, İstanbul.
87. Tietz, N., 1986. Textbook of clinical chemistry. W.B. Saunders Company pp. 965-985
88. Tsokos, M. 2004. Postmortem Changes and Artifacts Occurring During the Early Postmortem Interval. in Forensic Pathology Reviews vol III ed. Tsokos M. Humana Press New Jersey: 183-237.
89. Tumer, A.R., Karacaoglu, E., Namli, A., Keten, A., Farasat, S., Akcan, R., Sert, O., Balseven Odabasi, A. 2013. Effects of different types of soil on decomposition: an experimental study. Leg Med (Tokyo) 15:149-56.
90. Underwood, E.J. 1971. Trace elements in human and animal nutrition 3th. ed. Academic Press Newyork

91. Volaka A., 2010. Post Mortem Periyotta C- Reaktif Protein (CRP) Düzeyinin Ölüm Zamanı ve Ölüm Nedeni ile İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, İstanbul.
92. Vural, N., 1996 (2005) Toksikoloji Kitabı, A.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayınları.
93. Wilson AS, Janaway RC, Holland AD, Dodson HI, Baran E, Pollard AM, et al.2007., Modelling the buried human body environment in upland climes using three contrasting field sites. Forensic Sci Int 69:6–18.
94. Wong, SL., ve Lye, E.J. 2008. Lead, mercury and cadmium levels in Canadians. Health Rep, 19 (4), 31-6.
95. World Health Organization (WHO) 2006. *Environmental Health Criteria*, 234. Elemental Speciation in Health Risk Assessment. Geneva. (<http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc234.pdf>).
96. World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. 2000. *Mercury Air Quality Guidelines*. Second Ed. Chapter 6.9, 1-15. Copenhagen, Denmark. (http://www.euro.who.int/document/aiq/6_9mercury.pdf)
97. World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. 2001. *Lead Air Quality Guidelines*. Second Ed. Chapter 6.7, 1-17. Copenhagen, Denmark (http://www.euro.who.int/document/aiq/6_7lead.pdf)
98. World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. 2007 European Environment and Health Information System (ENHIS). *Exposure of children to chemical hazards in food*. Fact sheet no: 4.4. (http://www.enhis.org/object_document/o4736n27387.html)
99. World Health Organization (WHO), 1992. Cadmium Enviromental Health Criteria. Copenhagen, Denmark.
100. Yağmur, B., Hakerlerler, H ve Kılınç, R., 2003. Gübreler ve İnsan Sağlığı. Çiftçi Dergisi sayı:2

101. Yağmur, F., Körükçü, M., Hanci, İ.H. 2003. Gömülmüş Cesetlerin İncelenmesi.Sted, C:12, S:4, 146.
102. Yarsan, E., Özdemir, M., Turhan, E., 1996. Sığırlarda Kurşunla Akut Zehirlenme Olgusu. Ankara Üniversitesi Vet. Fak. Dergisi 43:277-279.
103. Yozhida, F., Hata, A., Tonegawa, H., 1999. Itai-Itai Disease And The Countermeasures Against Cadmium Pollution By The Kamioka Mine, Environmental Economics and Policy Studies, 2 (3): 215-229
104. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs5.html>
105. http://www.msceast.org/hms/res_field.html
106. <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/minimize/cadmium.pdf>
107. <http://www.osha-slc.gov/SLTC/cadmium>
108. <http://www.inchem.org>
109. <http://www.healthy.net>
110. <https://www.studyblue.com/notes/note/n/exam-1/deck/9658444>

EKLER

EK 1. ETİK RAPORU



T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu

HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU KARARI

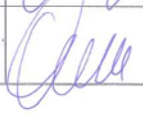
TOPLANTI TARİHİ : 11/02/2015
TOPLANTI NO : 2015-2
DOSYA NO : 2014-134
KARAR NO : 2015-2-22

TÜBİTAK başvurusu için yürütücülüğünü Dr.Murat Mert'in ve Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu başvurusu için yürütücülüğünü Üniversitemiz Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim üyelerinden yaptığı Prof.Dr.Ayten Namlı'nın yaptığı ve araştırmacı olarak Dr.Murat Mert, Doç.Dr.Çağdaş Oto, Dr.Ebru Gürleyik, Dr.Sultan Pehlivan, Dr.Ersin Karapazarlı ve Dr.Mustafa Tuğrul Gökteş'in katıldığı, "Akut Ağır Metal (Pb ve Cd) Zehirlenmesine Maruz Kalmış Rat Karkasları ile Toprağın Etkileşim Mekanizmasının Belirlenmesi" başlıklı araştırma projesinin içeriği Kurulumuzca incelenmiş olup, söz konusu çalışmanın Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Yönergesine göre aşağıda belirtilen kapsamda yapılmasına oy birliğiyle karar verilmiştir.

Hayvan Türü : Sıçan
Hayvan Sayısı : 30
Geçerlilik Sayısı : 15/02/2015-15/02/2018

ETİK KURUL ÜYELERİ				
Ünvanı / Adı / Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyeti	İmza
Prof.Dr.Oğuz SARİMEHMETOĞLU (Başkan)	Parazitoloji Anabilim Dalı	Veteriner Fakültesi	E	
Prof.Dr.Eyüp Sabri AKARSU (Başkan Vekili)	Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Tıp Fakültesi	E	
Prof.Dr.Tanju ÖZÇELİKAY (Üye)	Farmakoloji Anabilim Dalı	Eczacılık Fakültesi	E	
Prof.Dr.Nuri YİĞİT (Üye)	Zooloji Anabilim Dalı	Fen Fakültesi	E	
Prof.Dr.Fatın CEDDEN (Üye)	Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı	Ziraat Fakültesi	E	
Prof.Dr.Aydın YAĞMURLU (Üye)	Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı	Tıp Fakültesi	E	
Prof.Dr.Mine KIRKAĞAÇ (Üye)	Su Ürünleri Anabilim Dalı	Ziraat Fakültesi	K	
Yrd.Doç.Dr.Mehmet SAĞLAM (Üye)	Cerrahi Anabilim Dalı	Veteriner Fakültesi	E	

Adres: Ankara Üniversitesi Rektörlüğü 06100 - Tandoğan / ANKARA Tel: 0 (312) 212 60 40 / 2064 Faks: 0 (312) 212 60 49

Yrd.Doç.Dr.Atilla ÖZGÜR (Üye)	Veteriner Hekimliği Tarihi ve Deontoloji Anabilim Dalı	Veteriner Fakültesi	E	
Uzm.Vet.Hek.Atilla İŞGÖREN (Üye)	Deney Hayvanları Yetiştirme ve Araştırma Laboratuvarı	Tıp Fakültesi	E	
Vet.Hek.Dr.Akife KAYA (Üye)	Referans Veteriner Kliniği	Serbest	K	
Uzm.Vet.Hek.Hüseyin DEDE (Üye)	Veteriner Hekimler Derneği	Serbest	E	

EK 2. TOPRAK İSTATİSTİK SONUÇLARI

KURŞUN DENEMESİ TOPRAK PARAMETRELERİ İÇİN MİNİTAB 15 PROGRAMIYLA YAPILAN ANOVA İSTATİSTİK SONUÇLARI

Analysis of Variance for Org. Madde-Pbli

Source DF SS MS F P

uygl. 1 0,22395 0,22395 3,64 0,074

Error 16 0,98408 0,06150

Total 17 1,20803

S = 0,248001 R-Sq = 18,54% R-Sq (adj) = 13,45%

Analysis of Variance for pH-Pbli

Source DF SS MS F P

uygl. 1 0,14761 0,14761 12,47 0,003

Error 16 0,18936 0,01183

Total 17 0,33696

S = 0,108788 R-Sq = 43,80% R-Sq (adj) = 40,29%

Analysis of Variance for EC- Pbli

Source DF SS MS F P

uygl. 1 0,00148 0,00148 0,13 0,724

Error 16 0,18251 0,01141

Total 17 0,18399

S = 0,106803 R-Sq = 0,80% R-Sq (adj) = 0,00%

Analysis of Variance for Pb- Pbli

Source DF SS MS F P

uygl. 1 4431075661 4431075661 1978,91 0,000

Error 16 35826359 2239147

Total 17 4466902020

S = 1496,38 R-Sq = 99,20% R-Sq (adj) = 99,15%

KADMIYUM DENEMESİ TOPRAK PARAMETRELERİ İÇİN MİNİTAB 15 PROGRAMIYLA YAPILAN ANOVA İSTATİSTİK SONUÇLARI

Analysis of Variance for OM-Cdli

Source DF SS MS F P

uygul. 1 0,18334 0,18334 16,08 0,001

Error 16 0,18240 0,01140

Total 17 0,36573

S = 0,106769 R-Sq = 50,13% R-Sq (adj) = 47,01%

Analysis of Variance for pH-Cdli

Source DF SS MS F P

uygul. 1 0,01227 0,01227 0,60 0,451

Error 16 0,32956 0,02060

Total 17 0,34183

S = 0,143517 R-Sq = 3,59% R-Sq (adj) = 0,00%

Analysis of Variance for EC-Cdli

Source DF SS MS F P

uygul. 1 0,01389 0,01389 1,33 0,266

Error 16 0,16745 0,01047

Total 17 0,18134

S = 0,102301 R-Sq = 7,66% R-Sq (adj) = 1,89%

Analysis of Variance for Cd-Cdli

Source DF SS MS F P

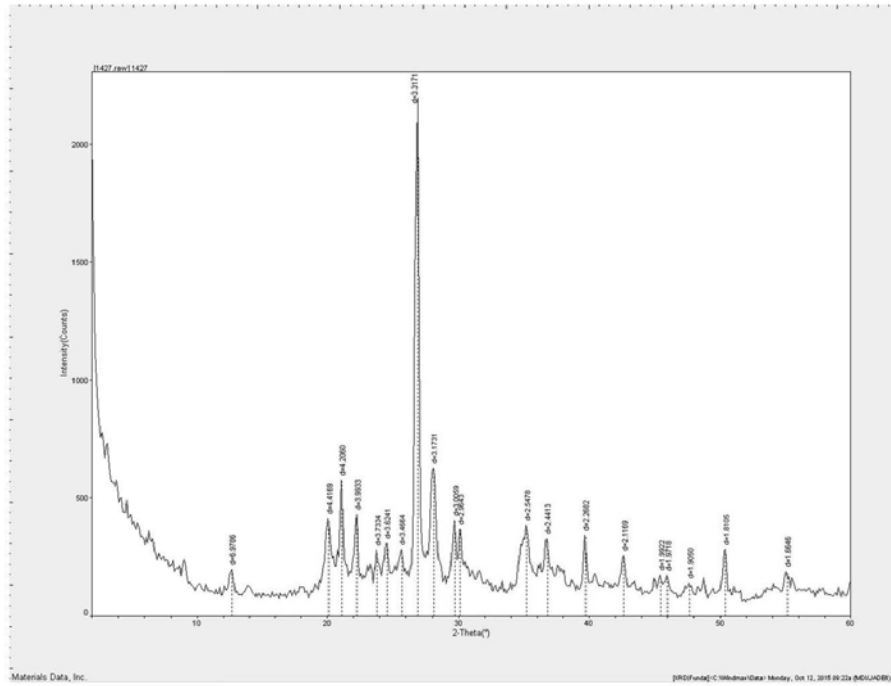
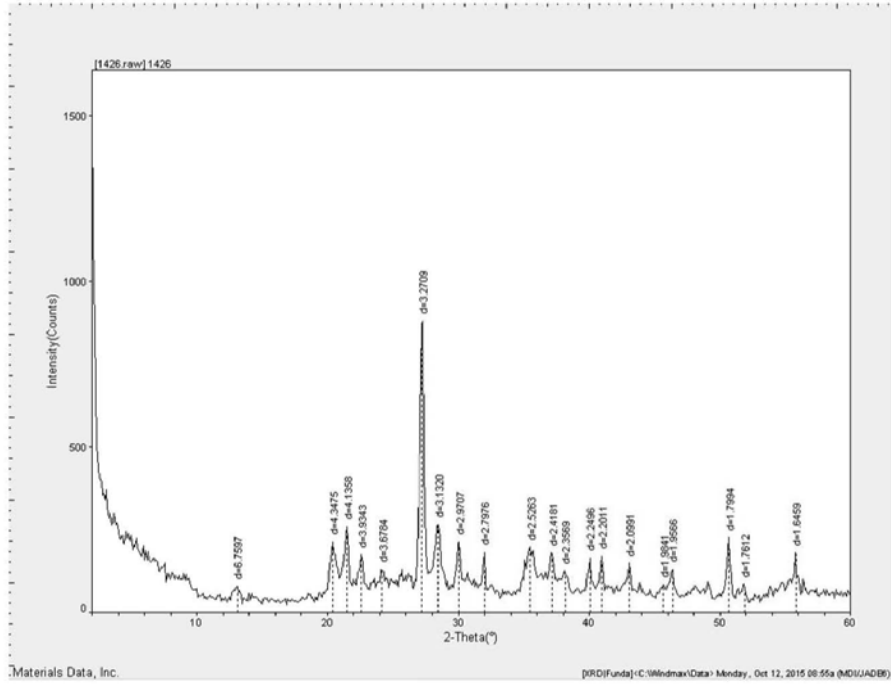
uygul. 1 651728 651728 50,35 0,000

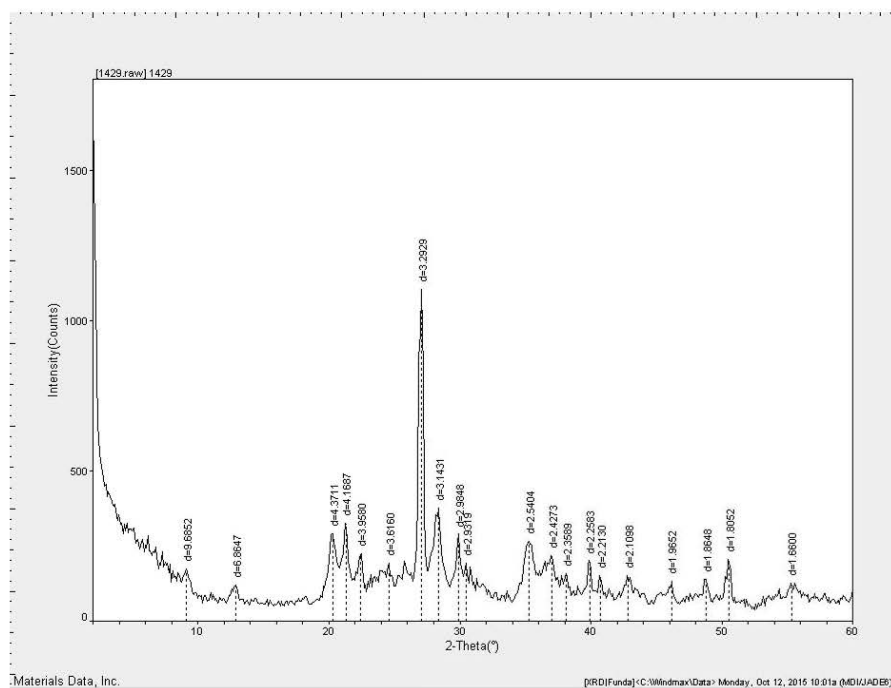
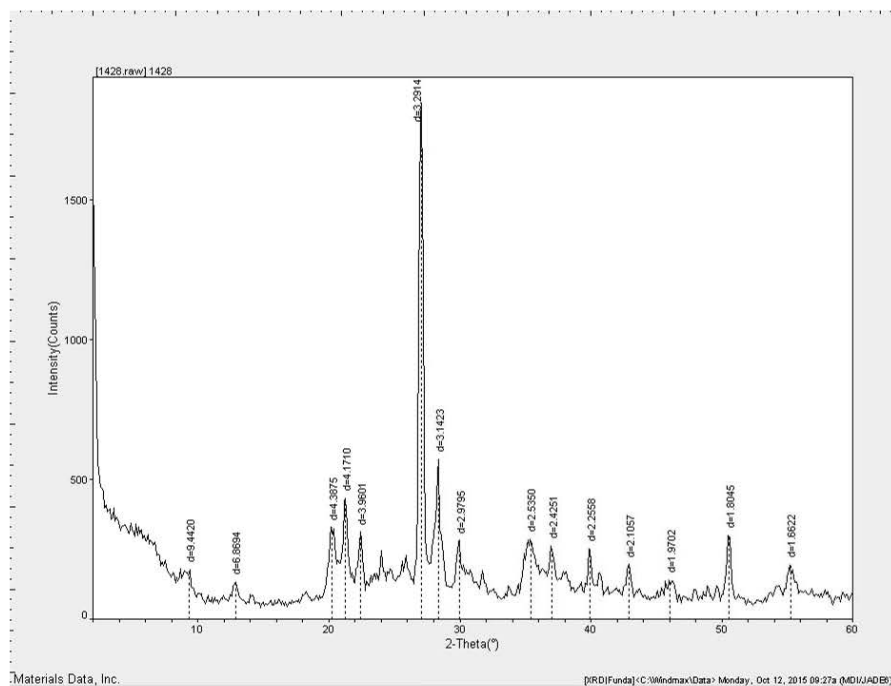
Error 16 207089 12943

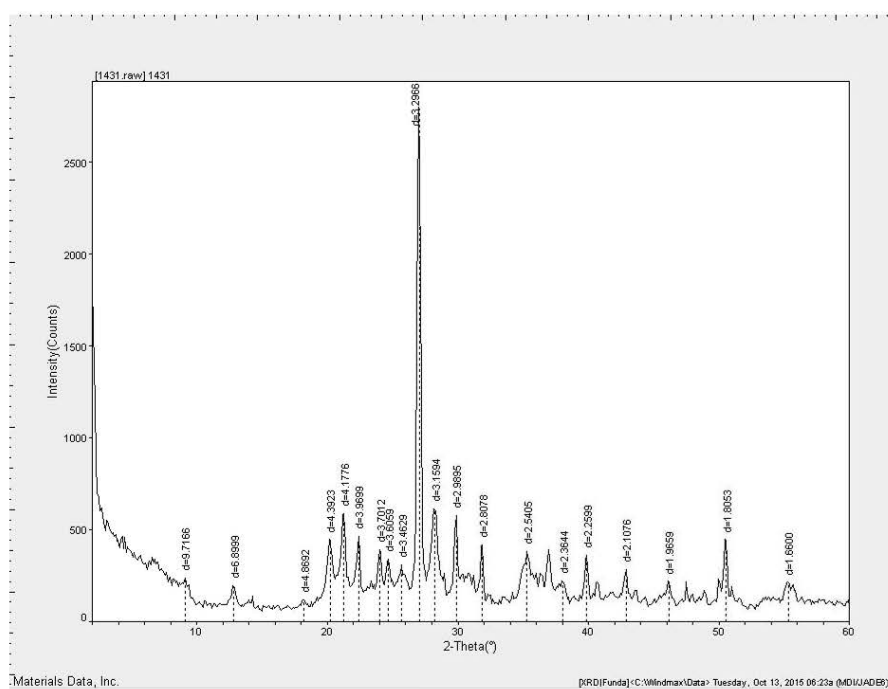
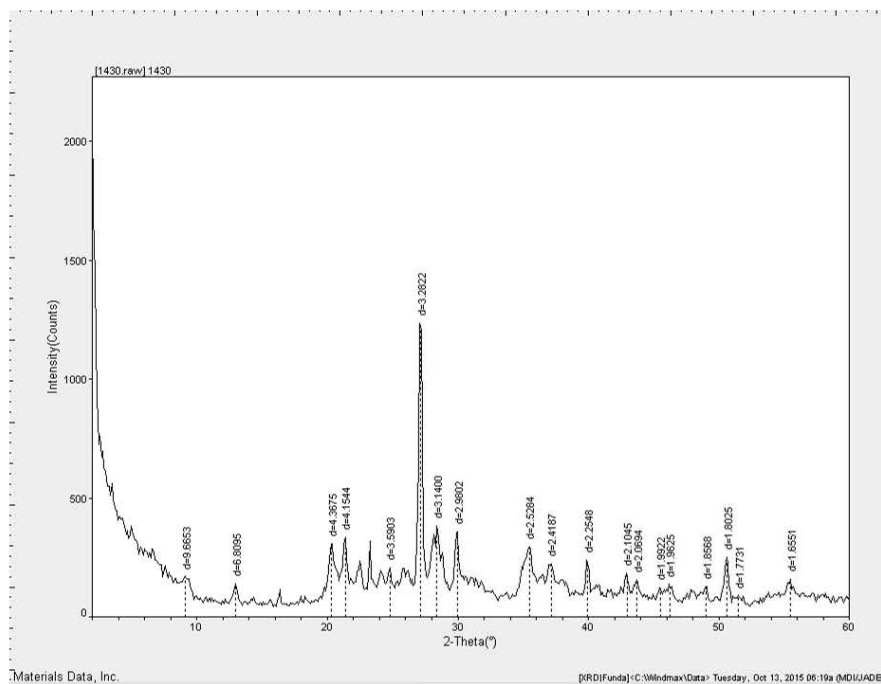
Total 17 858817

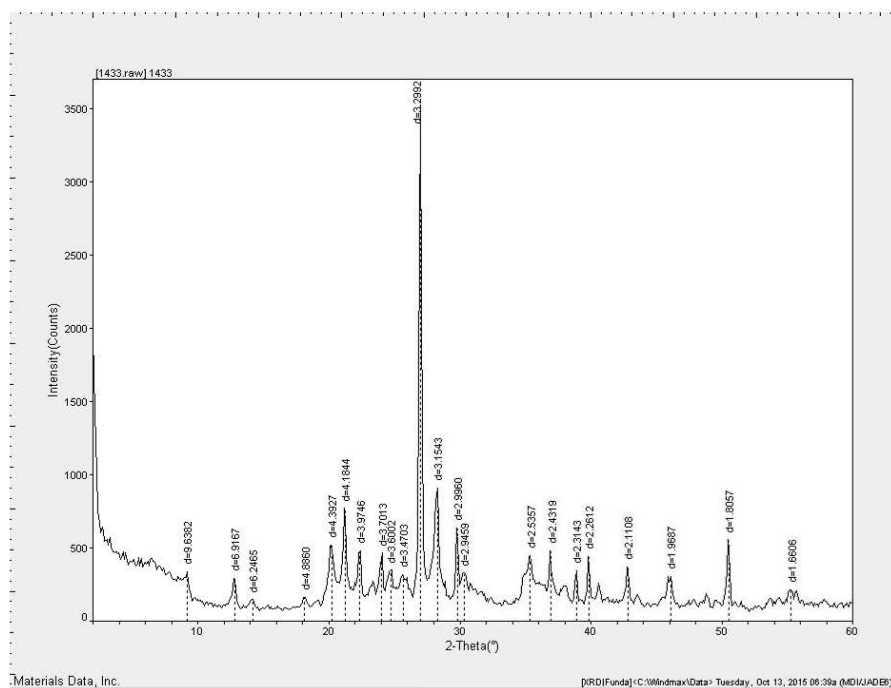
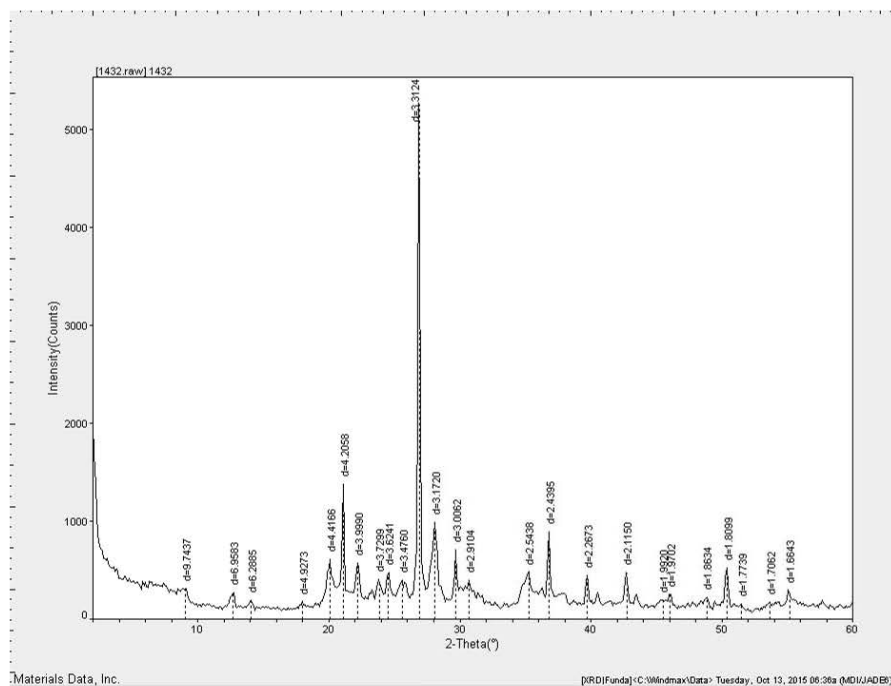
S = 113,768 R-Sq = 75,89% R-Sq (adj) = 74,38%

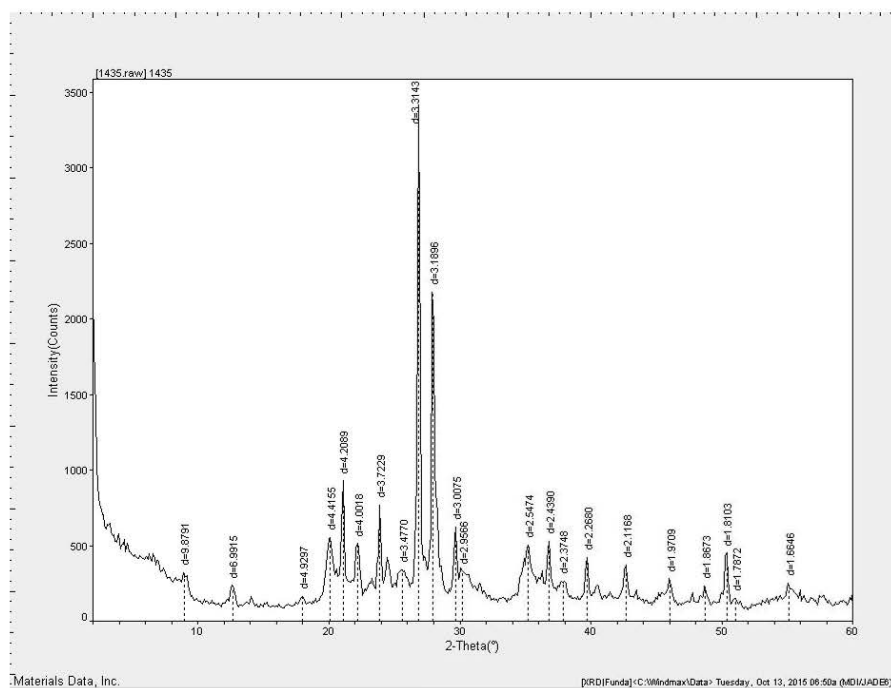
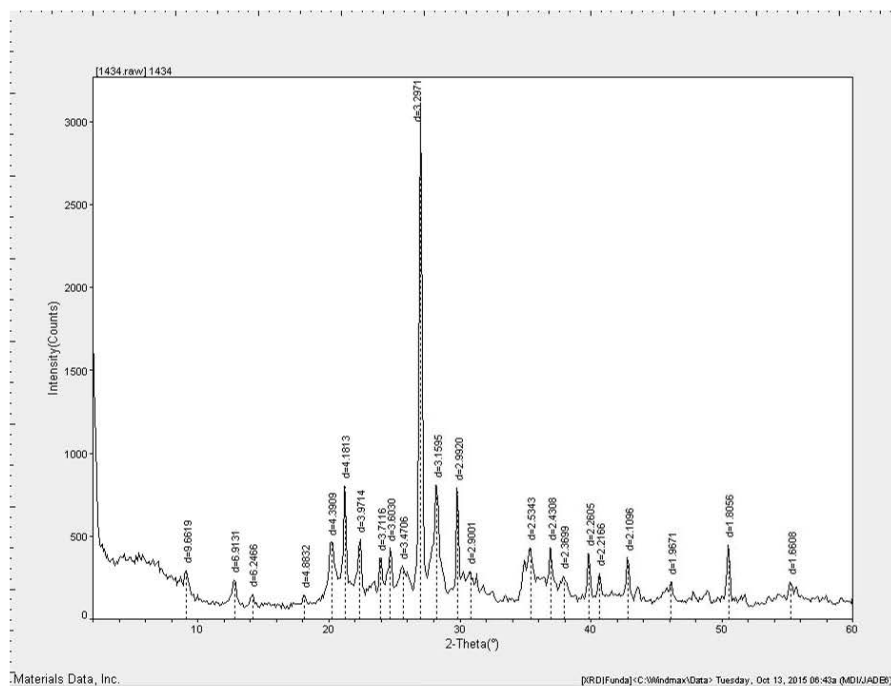
EK 3. ARAZİDEN ALINAN ÖRNEKLERE AİT XRD PATERNLERİ

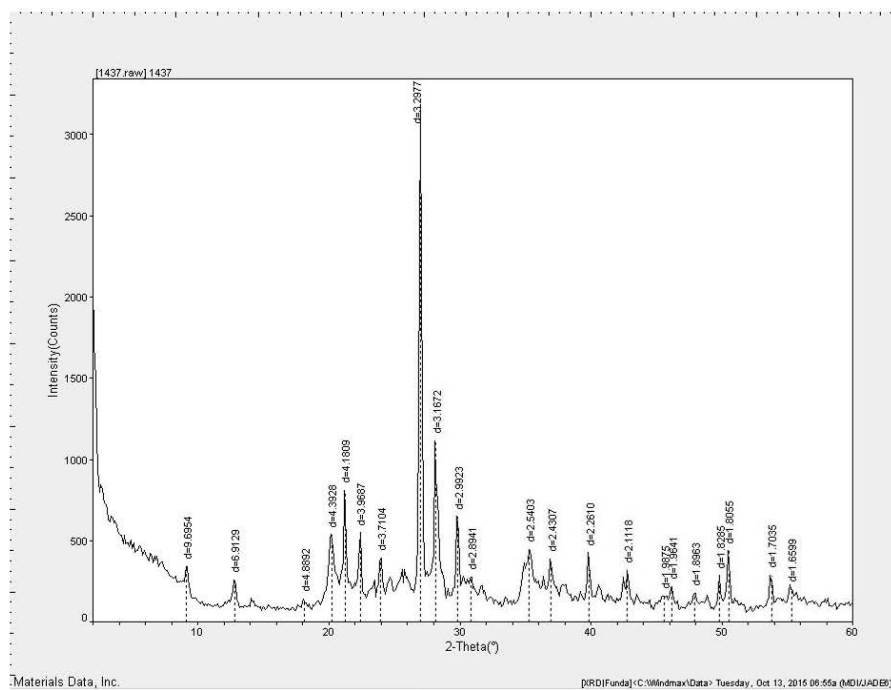
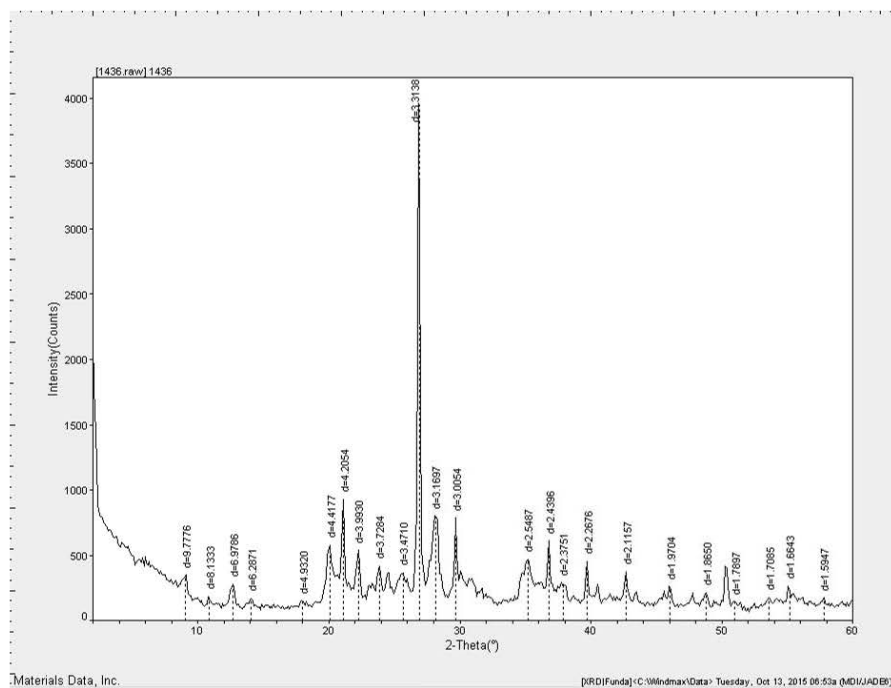


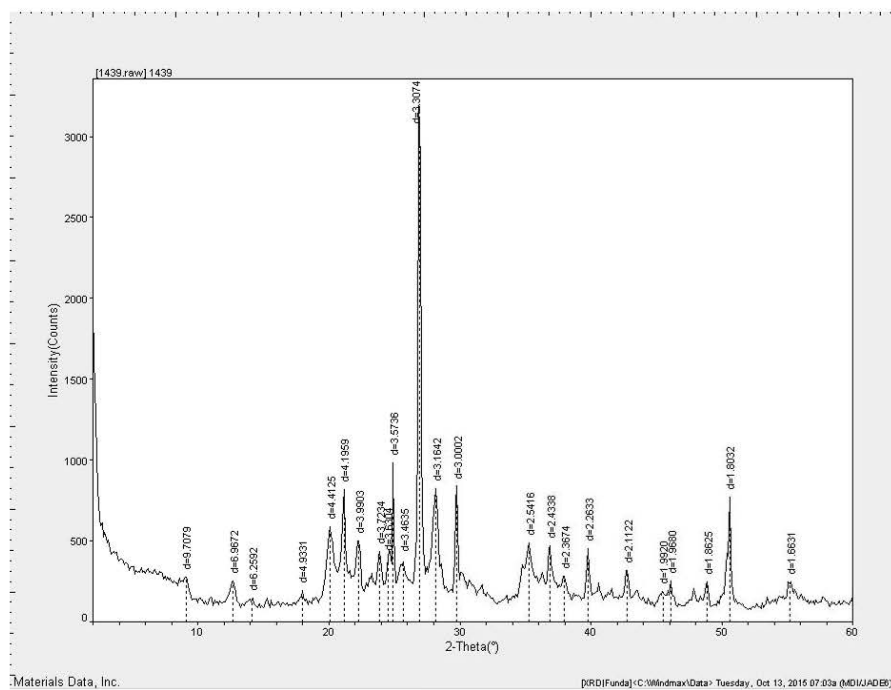
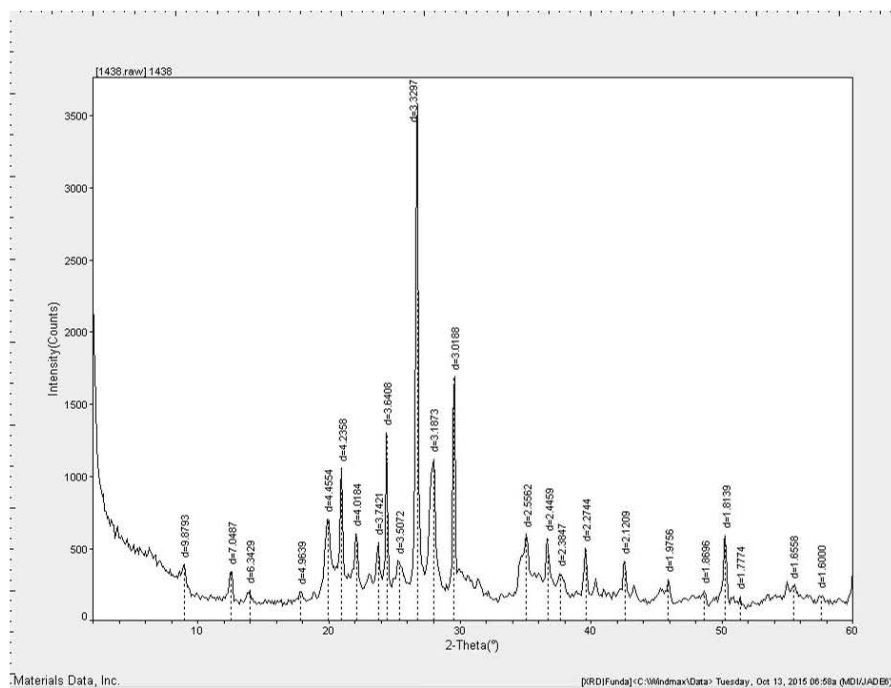


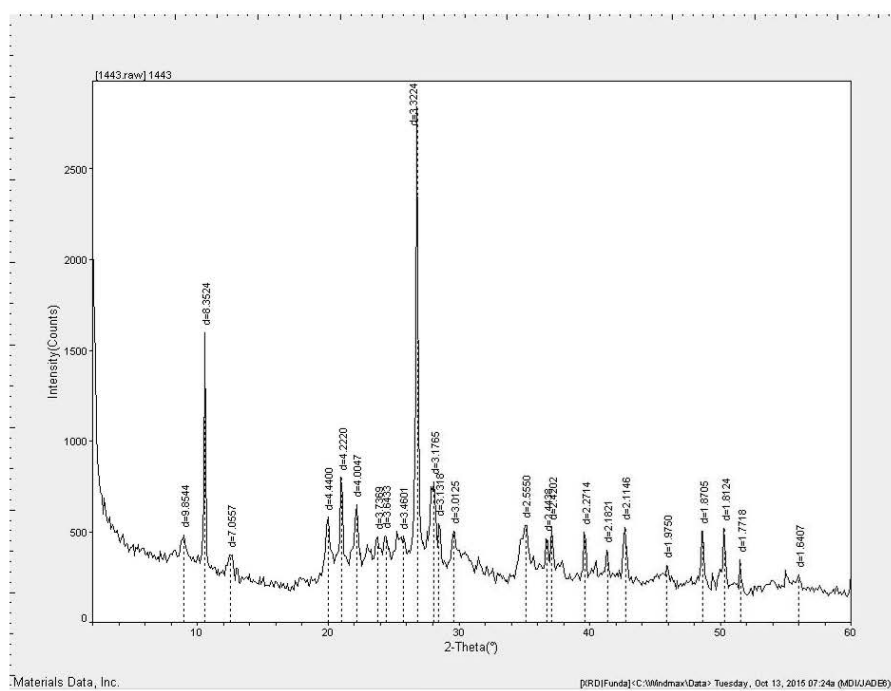
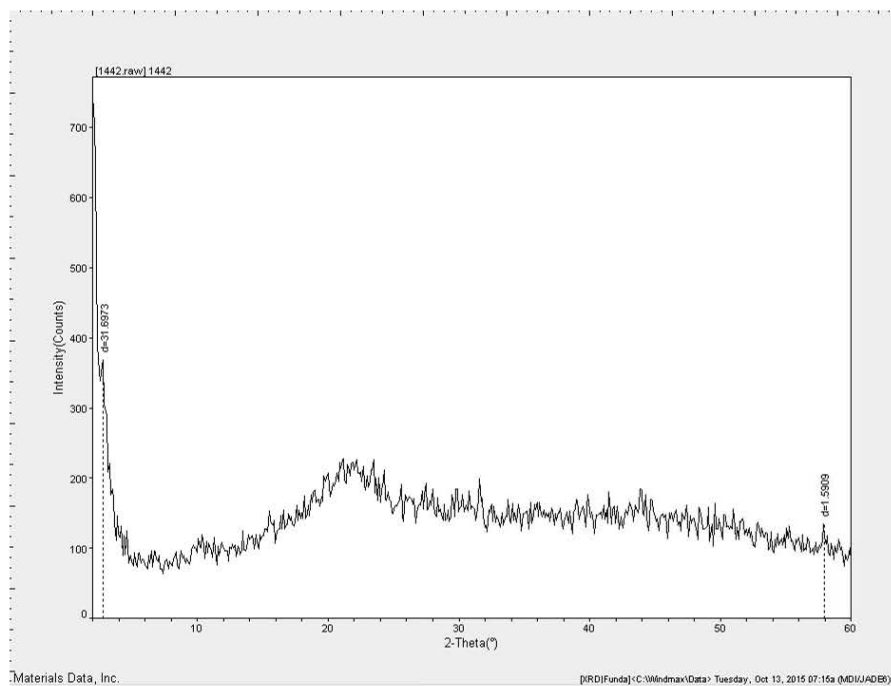


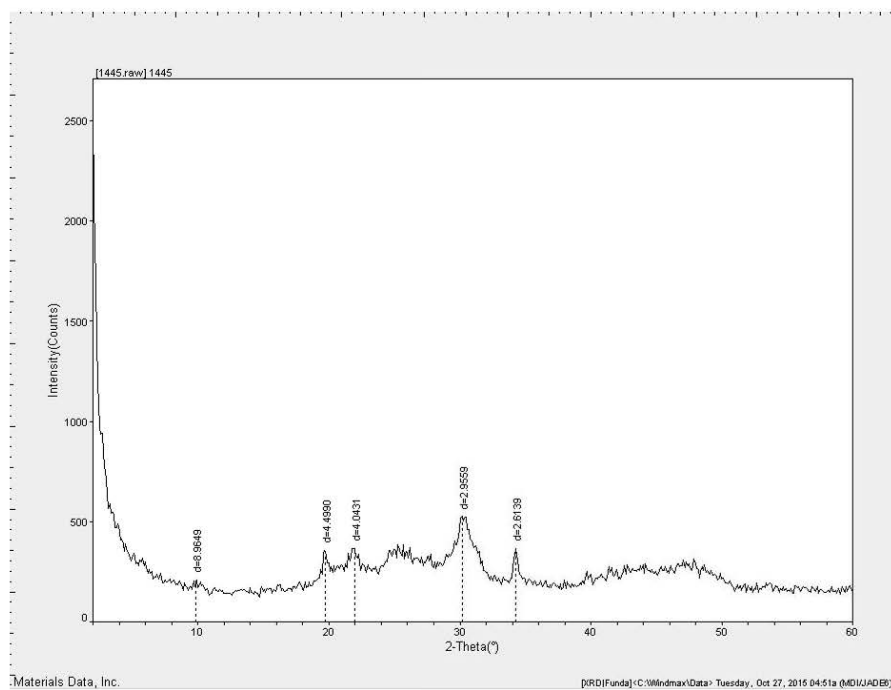
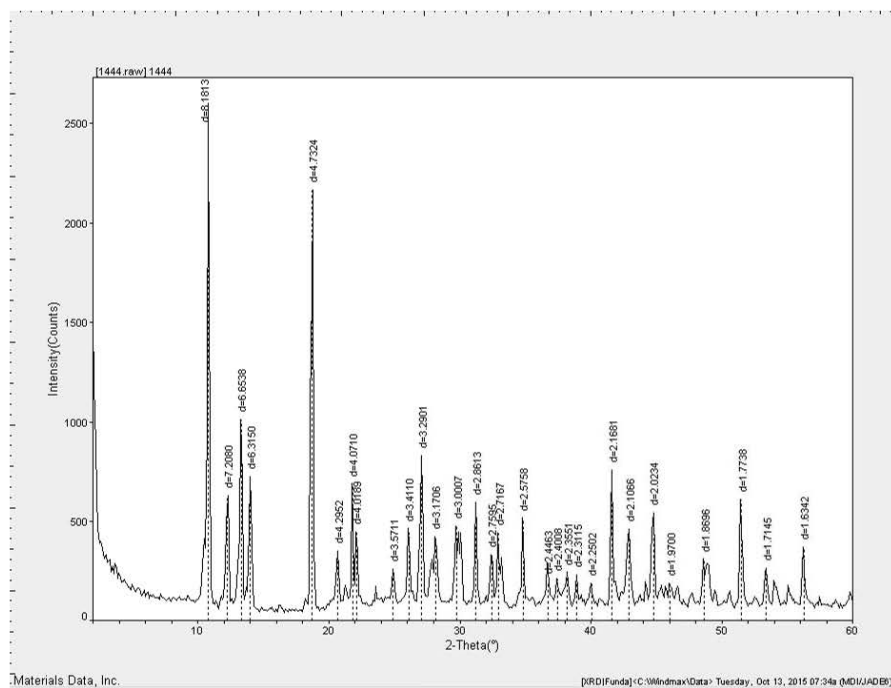


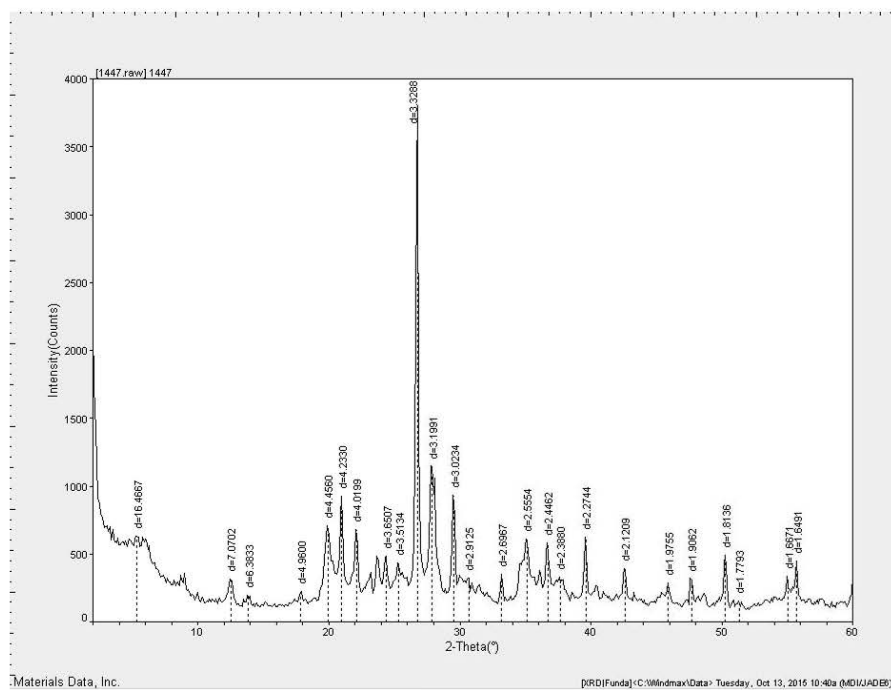
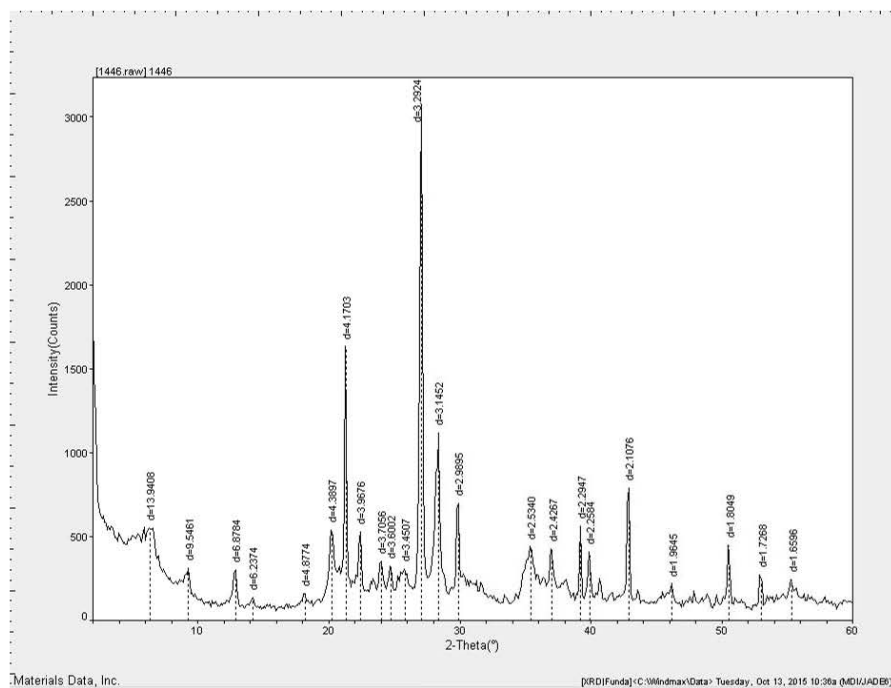


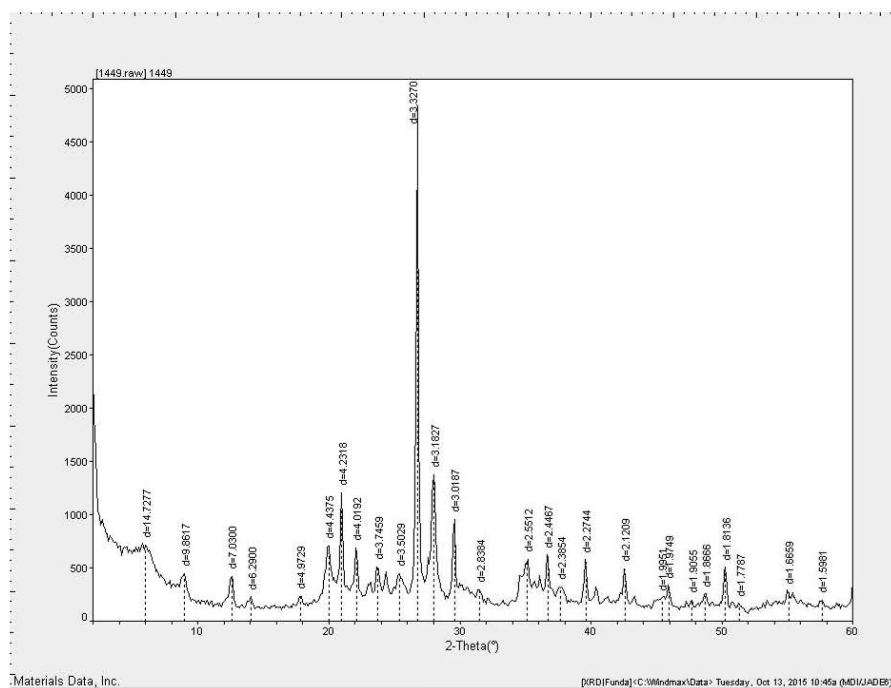
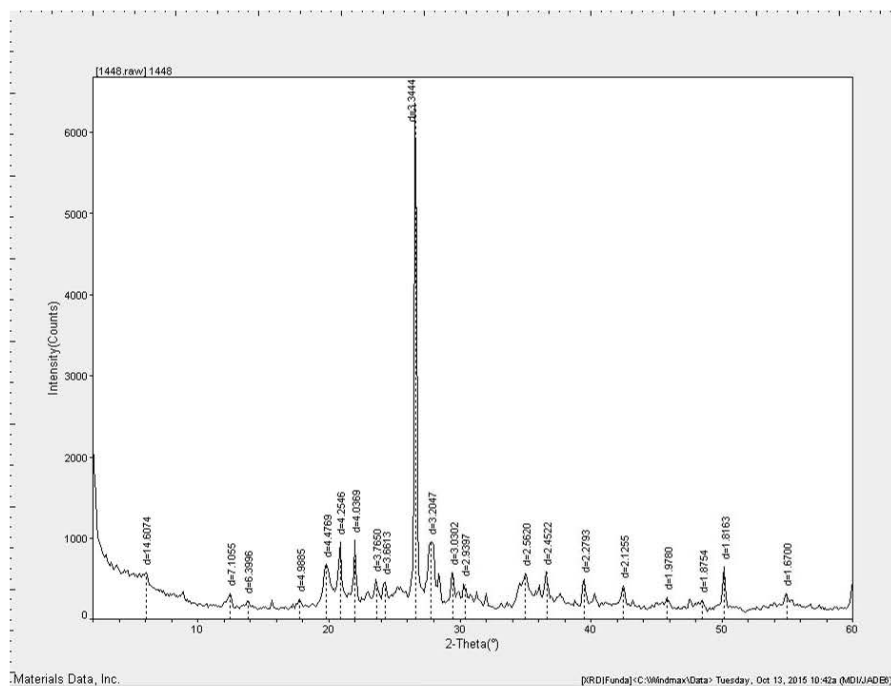


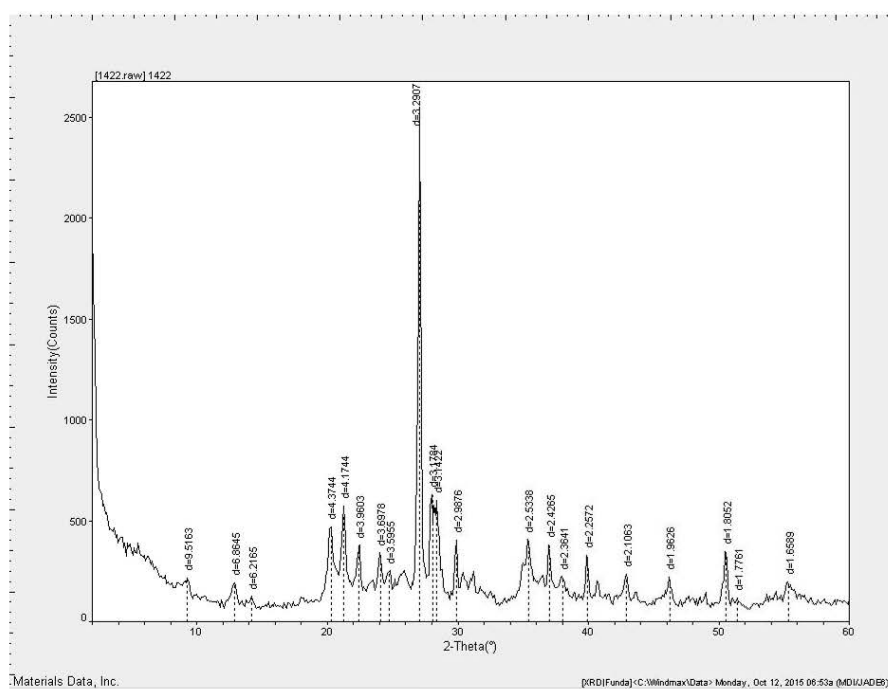
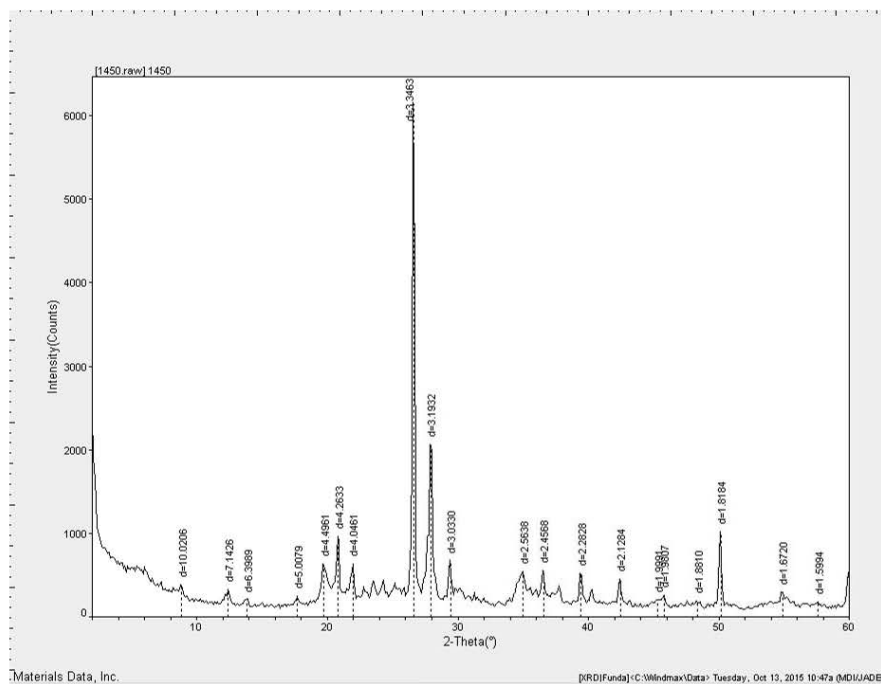


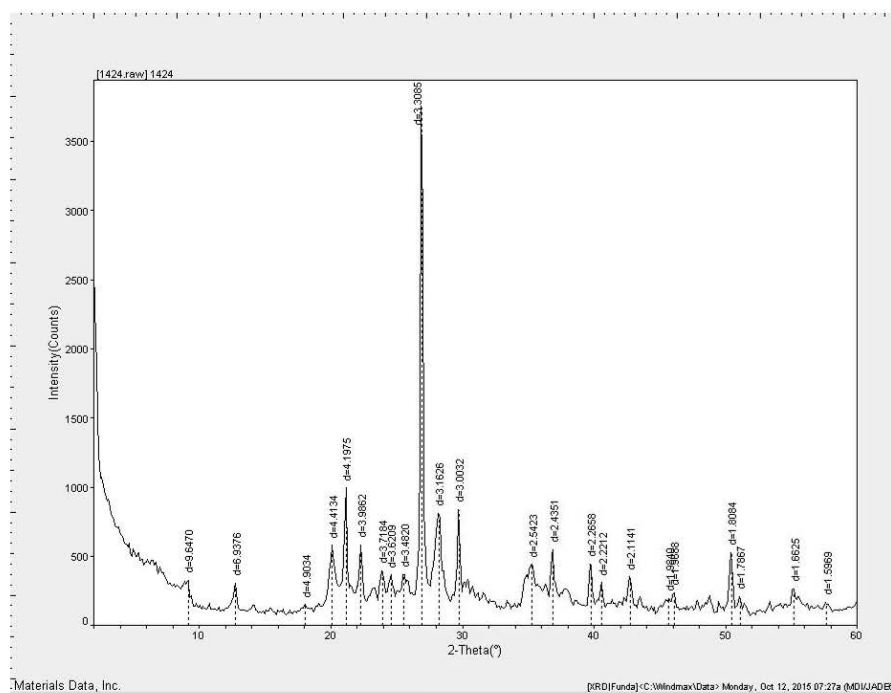
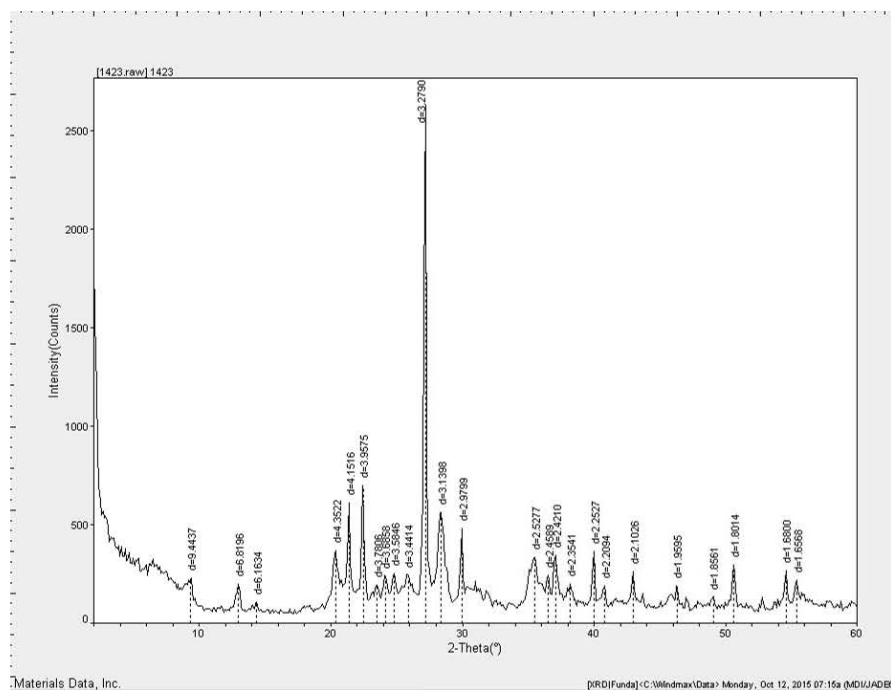


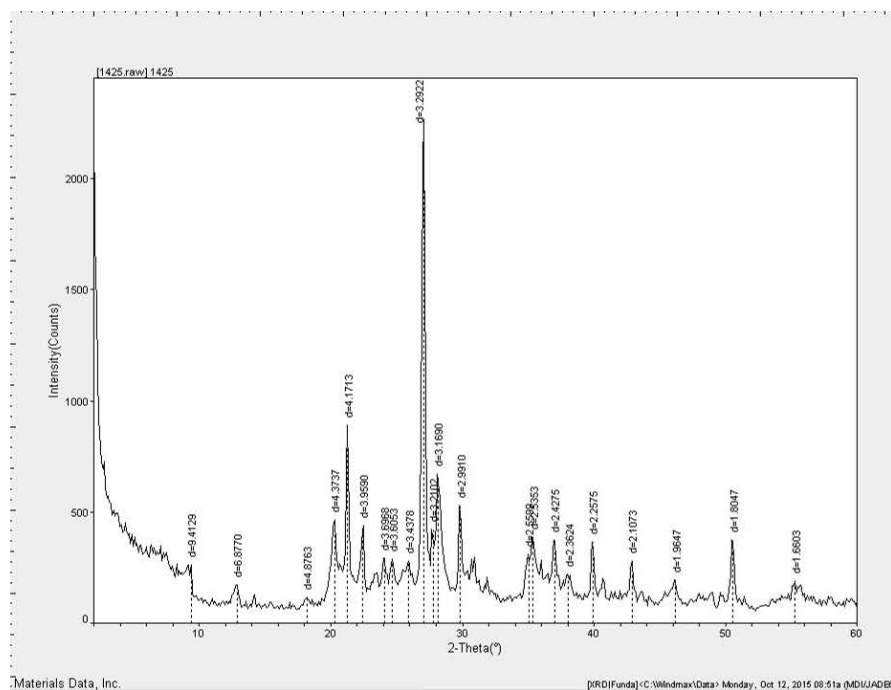












ÖZGEÇMİŞ

I- BİREYSEL BİLGİLER

Adı : Murat
Soyadı : Mert
Doğum yeri ve tarihi : Kırşehir Kaman / 1978
Uyruğu : T.C.
Medeni durumu : Evli
Askerlik durumu : Yaptı
İletişim adresi ve telefonu : Esertepe Mah. 260 Sk. 8/8 Keçiören / ANKARA
(+90507) 820 7611 muratmert78@hotmail.com

II- EĞİTİMİ

Marmara Üniversitesi
Doktora İşletme Fakültesi İşletme ABD.
Yönetim ve Organizasyon Programı
2012 - Devam

Ankara Üniversitesi
Adli Bilimler Enstitüsü
Doktora - Adli Kimya ve Adli Toksikoloji ABD.
2012 - 2015

İstanbul Üniversitesi
Doktora: Mineraloji - Petrografi ABD.
Petrography, Composition and Depositonal Conditions of Ca-Mg Carbonate and Silicate Rocks of Pliocene Sequence Around Eskişehir, TURKEY
2005 - 2011

İstanbul Üniversitesi
Yüksek Lisans: Mineralog - Petrografi ABD.
Geology of the Neogene sequence and sedimentary magnesite deposits in the SE of the Yenidogan Village (Eskisehir - Sivrihisar), TURKEY

İstanbul Teknik Üniversitesi
Yüksek Lisans: Mineralog - Petrografi ABD. Petrography and Minerology
Changing of Barite deposits, Around Kahramanmaras, Turkey
Hazırlık: Yabancı Diller Yüksekokulu

Selçuk Üniversitesi
Lisans: Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Yenimahalle Mustafa Kemal lisesi Ortaokul - Lise (Fen Bilimleri Bölümü)

III- YABANCI DİL

İngilizce İleri Seviye (Kpds 80)

İtalyanca Orta Seviye

IV- MESLEKİ DENEYİMİ

ADALET BAKANLIĞI

2010 -Devam

Adli Tıp Kurumu Başkanlığı

Morg İhtisas Dairesi - Adli Mineraloji Uzmanı Trafik İhtisas Dairesi -

Uzman Mühendis Fizik İhtisas Dairesi - Uzman Mühendis

ENERJİ ve TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI

MTA. Genel Müdürlüğü

2009-2010

Maden Etüt Daire Başkanlığı - *Proje Koordinatörü*

Jeoloji Yük. Müh.

BATMAN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ

Bilimsel Danışman - *Merkez Lab. Projesi*

2009-2010

Öğretim Görevlisi

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI

Maden İşleri Genel Müdürlüğü

2007-2009

Denetim Uzmanı

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ

Mühendislik Fakültesi

2001-2007

Mineraldi - Petografi ABD. - *Araştırma Görevlisi*

MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI

4. Murat İlköğretim Okulu

2000-2001

İngilizce Öğretmenliği

V- ÜYE OLDUĞU BİLİMSEL KURULUŞLAR

Adli Bilimciler Derneği

Adli Toksikoloji Derneği

Türkiye Toprak Bilimler Derneği, Uluslararası Kil Komitesi, Society of International Forensic Eng.

The Forensic Science Society American Forensic Science Society

VI- BİLİMSEL İLGİ ALANLARI

Yayınlar

M.Mert, Cinayet Soruşturmalarda Olay Yeri İncelemesi ve Adli Jeoloji, 2nd Congress Of International Association For Forensic Science Institutes "Challenges In Forensic Sciences", İstanbul, 2013 (Bildiri- Panel)

- M. F. Şahin, M.Mert, E. Yılmaz. Feth-İ Kabir Nedeni İle Yapılan Kazılarda Adli Antropolojik İnceleme Ve Toprak. 5. Ulusal Biyo- Antropoloj Sempozyumu, Ankara, 2013
- M.Mert, A. Avşar. Ölümlü Trafik Kazalarında Otopsinin Gerekliliği,4. Karayolları Güvenlik Sempozyumu, Ankara, 2013
- M.Mert, F.Umurtay ve Diğ. Ölümlü Trafik Kazalarında Olay Yeri İncelemesinin Önemi,4. Karayolları Güvenlik Sempozyumu, Ankara, 2013
- M.Mert., S. Kabakoz ve Diğ., Availability of Forensic Soil Examination in the Investigation of Crime Scene, IALM, Istanbul, Turkey, 2012 (Poster)
- M.Mert, S. Tetiker ve Diğ., Effects of Soil on Decomposition, IALM, Istanbul, Turkey, 2012 (Poster)
- M.Mert, S. Kabakoz ve Diğ., Usability Of Soil Science For Forensic Investigations, Journal of International Forensic Science 2012 (Submitted)
- M.Mert, S. Kabakoz ve Diğ., Determination of a Guilty of Murder, Importance of Investigation of Crime Scene and Forensic Soil Samples (Catalca Case, Turkey), VIII. International Soil Science Congress , Izmir, Turkey, 2012
- M.Mert. A. S. Gurler, M.F.Sahin, S. Kabakoz, S. Mercan, C.Kupeli. Crime Scene Investigation and Forensic Mineralogy Research (12 case report) Journal of International Forensic Science. 2012. (Submitted)
- M.Mert, S.Mercan, A. S. Gurler ve Diğ., Crime Scene Investigation And Forensic Mineralogy Applications At Gurler (İstanbul - Turkey) Murder Symposium of Forensic Science, Portugal. 2011
- M.Mert. A. S.Gürler ve Diğ., Adli Bilimlerde Mineraloji (Jeoloji) Uygulamaları. Adli Bilimler Kongresi - Antalya, 2010
- M.Mert, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Bulunan Metalik Maden Yatakları ve İnsan Sağlığı Etkileri, UDISIS Kongresi,2010. (Abstract)
- M.Mert, A.Akbulut. Doğaltaş ve Mermer üretiminde atık, pasa ve bakiyenin mevzuat açısından değerlendirilmesi, II. Uluslararası Doğaltaş veMermer Kongresi, 2010. (Full Text)
- A.Akbulut, M.Me^. Doğaltaş - Mermerde arama ve üretim döneminin kanun ve yönetmelik açısından değerlendirilmesi, II. Uluslararası Doğaltaş veMermer Kongresi, 2010. (Full Text)
- M.Mert, S.Acun. A Research About Deterioration Morphologies Of Volcanic Tuffs Used In Historical Mosque In Istanbul: AH‘ CELEBİ MOSQUE, Turkey Journal of Architecture Heritage, 2009 (Article)
- M.Mert, M.Yeniyol. Geology of the Neogene sequence and sedimentary magnesite deposits in the SE of the Yenidogan Village (Eskişehir - Sivrihisar), TURKEY, Istanbul University Science Days, 2006. (Poster)
- M.Mert, M.Yeniyol. Lithofacies Properties And Evolution of Neogene Sequence In the SE of The Yenidogan Village (Eskişehir - Sivrihisar), 30^ Annivesary Fikret Kurtman Geology Symposium, Selcuk University Geology Eng. Dept, 2006. (Sözlü Sunu)
- M.Mert, M.Yeniyol. Yenidogan and İlyaspasa Villages, Geological Evolution of a Neogene Basins., MBGAK (Science of Engineering Young Researchers Symposium), Istanbul University, 2005. (Sözlü sunu).

VII- BİLİMSEL ETKİNLİKLERİ

Burslar & Ödüller

Misafir Bilim Adamı Bursu

(Visiter Scholar) Bologna University, İtalya

Temmuz 2013

Misafir Bilim Adamı Bursu

(Visiter Scholar) Colorado School of Mines, USA

Haziran - Aralık 2010

Misafir Bilim Adamı Bursu

(Visiter Scholar) Colorado School of Mines, USA

Haziran - Aralık 2009

Kurslar

İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü TTM

ICP - MS Kursu

2006

Gaz Kromatografisi Kursu

Nisan 2006

Sıvı Kapanımları Kursu

Nisan 2005

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü

Evaporitler ve Tuzlar Kursu

Ocak 2004

Verilen Dersler

Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı

Olay Yeri İncelemesinde Adli Toprak Delillerinin Derlenmesi

İstanbul Emniyet Müdürlüğü

Olay Yeri İnceleme ve Kimlik Tespit Şube Müdürlüğü - Olay Yeri İncelemesinde

Adli Toprak Delillerinin Derlenmesi

İstanbul Emniyet Müdürlüğü

Asayiş Şube Müdürlüğü Cinayet Büro Amirliği

Cinayet Soruşturamalarında Toprak Delillerinin Önemi

Adli Tıp Kurumu Başkanlığı

Morg İhtisas Dairesi Asistan Eğitimi Rotasyon Dersi

Adli Toprak İncelemeleri

Batman Üniversitesi Rektörlüğü

Mühendislik Fakültesi

Jeofizik İlkeleri ve Uygulamaları