

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

**SAPANCA GÖLÜ HAVZASINDAN ALINAN TOPRAK VE
SEDİMENT ÖRNEKLERİNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARDIŞIK EKSTRAKSİYON YÖNTEMİYLE ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nihan ÇALIŞKAN

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Asude ATEŞ

Temmuz 2017

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAPANCA GÖLÜ HAVZASINDAN ALINAN TOPRAK VE
SEDİMENT ÖRNEKLERİNDE ARDIŞIK EKSTRAKSİYON
YÖNTEMİYLE AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nihan ÇALIŞKAN

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 10 /07 /2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

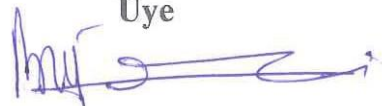
Yrd. Doç. Dr.
Asude ATEŞ
Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr.
Şenay Çetin DOĞRUPARMAK
Üye



Prof. Dr.
Bülent ŞENGÖRÜR
Üye



BEYAN

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

Nihan ÇALIŞKAN

12.07.2017

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Asude Ateş ‘e teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalar başta olmak üzere her aşamada deneyim, bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Öğr. Gör. Hülya DEMİREL’e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2016-50-01-017) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TUBİTAK) (Proje No: 115Y357) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
GENEL BİLGİLER	9
2.1. Ağır Metaller İle İlgili Genel Bilgiler.....	9
2.1.1. Nikel.....	9
2.1.2. Kadmiyum.....	10
2.1.3. Bakır	11
2.1.4. Krom	12
2.1.5. Çinko.....	12
2.1.6. Kurşun	13
2.1.7. Alüminyum	14
2.1.8. Demir	15
2.1.9. Arsenik	15
2.1.10. Kobalt.....	16

2.1.11. Baryum.....	17
2.2. Ağır Metallerin Tayin Edilmesinde Kullanılan Yöntemler	18
2.2.1. Alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi (FAAS)	18
2.2.2. İndüktif eşleşmiş plazma – optik emisyon spektroskopisi.....	22
2.3. Ağır Metal Analizlerinde Kullanılan Ekstraksiyon Yöntemleri.....	23
2.3.1. Tek basamaklı ekstraksiyon yöntemleri.....	24
2.3.2. Ardışık ekstraksiyon yöntemleri	25
2.4. BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi	27
2.5. Sapanca Havzası İle İlgili Genel Bilgiler	29
2.5.1. Bölgenin coğrafik ve jeolojik yapısı	29
2.5.1.1. Coğrafik yapısı	29
2.5.1.2. Jeolojik yapısı	31
2.5.2. Bölgenin iklimi	31
2.5.3. Bölgenin ekonomik durumu.....	32
2.5.4. Sapanca gölünde kirletici unsurlar	33
2.5.4.1. Yerleşim yerleri	33
2.5.4.2. Sanayi kuruluşları ve işletmeler	33
2.5.4.3. Ulaşım.....	33
2.5.4.4. Dereler	33
 BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT	34
3.1. Materyal.....	34
3.1.1. Kullanılan kimyasal maddeler.....	35
3.2. Yöntem	36
3.2.1. Örneklerin alınması.....	36
3.2.2. Örneklerin hazırlanması	37

3.2.3. Toprak ve sediment örneklerine ait fiziko-kimyasal özellikler.	38
3.2.3.1. Toprak reaksiyonu (pH) tayini	38
3.2.3.2. Organik madde, organik karbon içeriğinin belirlenmesi	38
3.2.3.3. Elektriksel iletkenlik tayini.....	39
3.2.3.4. Oksidasyon-reduksiyon potansiyeli (ORP)	39
3.2.4. Ardışık ekstraksiyon (BCR).....	40
3.2.5. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi için doğruluk testi	43

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	44
4.1. Toprak Örneklerine Ait Kalite Parametreleri	44
4.2. Sediment Örneklerine Ait Kalite Parametreleri.....	48
4.3. Toprak Örneklerinin Ağır Metal Durumu	52
4.3.1. Toprak örneklerinde Al durumu	52
4.3.2. Toprak örneklerinde Cr durumu	54
4.3.3. Toprak örneklerinde Fe durumu	56
4.3.4. Toprak örneklerinde Co durumu.....	58
4.3.5. Toprak örneklerinde Ni durumu	60
4.3.6. Toprak örneklerinde Cu durumu.....	62
4.3.7. Toprak örneklerinde Zn durumu	64
4.3.8. Toprak örneklerinde As durumu	66
4.3.9. Toprak örneklerinde Cd durumu.....	68
4.3.10. Toprak örneklerinde Ba durumu	70
4.3.11. Toprak örneklerinde Pb durumu	72
4.4. Sediment Örneklerinin Ağır Metal Durumu.....	74
4.4.1. Sediment örneklerinde Al durumu	74
4.4.2. Sediment örneklerinde Cr durumu	76

4.4.3. Sediment örneklerinde Fe durumu	78
4.4.4. Sediment örneklerinde Co durumu	80
4.4.5. Sediment örneklerinde Ni durumu	82
4.4.6. Sediment örneklerinde Cu durumu	84
4.4.7. Sediment örneklerinde Zn durumu	86
4.4.8. Sediment örneklerinde As durumu	88
4.4.9. Sediment örneklerinde Cd durumu	90
4.4.10. Sediment örneklerinde Ba durumu	92
4.4.11. Sediment örneklerinde Pb durumu.....	94
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	107

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BCR	: The European Community Bureau of Reference (Avrupa Birliği Referans Komisyonu)
CRM	: CRM Certified Reference Materials (Sertifikalı Referans Madde)
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DTPA	: Dietilen Triamin Penta Asetik Asit
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
F1	: Su-asitle çözünabilir ve karbonatlara bağlı fraksiyon
F2	: Fe-Mn oksitlere bağlı fraksiyon
F3	: Organik madde ve sülfidlere bağlı fraksiyon
F4/R	: Kalıntı - mineral matrikse bağlı fraksiyon
Fe	: Demir
ICP-MS	: İndüktif eşlemeli plazma - kütle spektroskopisi
ICP-OES	: İndüktif eşleşmiş plazma – optik emisyon spektroskopisi
K	: Kelvin
Mn	: Mangan
<i>n</i>	: Tekrar sayısı
<i>N</i>	: Örnek sayısı
Ni	: Nikel
O.M.	: Organik madde
Pb	: Kurşun

pH	: Hidrojen iyonları konsantrasyonunun negatif logaritması
SM&T	: The Standards Measurements and Testing Program (Standart Ölçüm ve Test Programı)
SRM	: Standard Reference Material (Standart Referans Madde)
TEA	: Trietanolamin
Zn	: Çinko
Σ	: Fraksiyonların toplamı; F1+F2+F3+F4
°C	: Santigrat derece



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Alevli atomik absorpsiyon spektrometre (FAAS) cihazının akış şeması ve çalışma prensibi.....	19
Şekil 2.2. Oyuk katot lambası.....	20
Şekil 2.3. Uyarılmış atom veya iyonun ışın yayması.....	22
Şekil 2.4. İndüktif eşleşmiş plazma emisyon spektroskopisi (ıcp-oes) cihazının çalışma prensibi.....	23
Şekil 2.5. Sapanca gölünün Türkiye coğrafyasındaki yeri.....	30
Şekil 3.1. Sapanca gölü havzasından alınan toprak ve sediment istasyon noktaları.....	34
Şekil 3.2. 105 °C de kurutulan sediment örnekleri.....	35
Şekil 3.3. Sapanca gölü havzasından 40 cm derinliğinden alınan toprak örnekleri.....	35
Şekil 3.4. Çalışma alanından toprak örneklerinin alımı.....	36
Şekil 3.5. Çalışma alanından sediment örneklerinin alımı.....	37
Şekil 3.6. Deneyler için örneklerin hazırlanması.....	37
Şekil 3.7. Organik madde tayini.....	39
Şekil 3.8. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi uygulamasında bazı laboratuvar çalışmaları.....	43
Şekil 4.1. Topraklardaki iletkenlik parametresinin dağılımı.....	46
Şekil 4.2. Topraklardaki tuzluluk parametresinin dağılımı.....	46
Şekil 4.3. Topraklardaki ph parametresinin dağılımı.....	47
Şekil 4.4. Topraklardaki oksidasyon redüksiyon potansiyelinin dağılımı.....	47
Şekil 4.5. Topraklardaki % organik madde dağılımı.....	48
Şekil 4.6. Sedimentlerdeki iletkenlik parametresinin dağılımı.....	50
Şekil 4.7. Sedimentlerdeki tuzluluk parametresinin dağılımı.....	50
Şekil 4.8. Sedimentlerdeki ph Parametresinin Dağılımı.....	51

Şekil 4.9. Sedimentlerdeki oksidasyon redüksiyon potansiyelinin dağılımı....	51
Şekil 4.10. Sedimentlerdeki % organik madde dağılımı.....	52
Şekil 4.11. Toprak örneklerindeki alüminyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	54
Şekil 4.12. Toprak örneklerindeki krom fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı...	56
Şekil 4.13. Toprak örneklerindeki demir fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı...	58
Şekil 4.14. Toprak örneklerindeki kobalt fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı...	60
Şekil 4.15. Toprak örneklerindeki nikel fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı....	62
Şekil 4.16. Toprak örneklerindeki bakır fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı...	64
Şekil 4.17. Toprak örneklerindeki çinko fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı...	66
Şekil 4.18. Toprak örneklerindeki arsenik fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.	68
Şekil 4.19. Toprak örneklerindeki kadmiyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	70
Şekil 4.20. Toprak örneklerindeki baryum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı	72
Şekil 4.21. Toprak örneklerindeki kurşun fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı..	74
Şekil 4.22. Sediment örneklerindeki alüminyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	76
Şekil 4.23. Sediment örneklerindeki krom fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.	78
Şekil 4.24. Sediment örneklerindeki demir fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı	80
Şekil 4.25. Sediment örneklerindeki kobalt fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	82
Şekil 4.26. Sediment örneklerindeki nikel fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.	84
Şekil 4.27. Sediment örneklerindeki bakır fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.	86
Şekil 4.28. Sediment örneklerindeki çinko fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı	88
Şekil 4.29. Sediment örneklerindeki arsenik fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	90
Şekil 4.30. Sediment örneklerindeki kadmiyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	92
Şekil 4.31. Sediment örneklerindeki baryum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	94
Şekil 4.32. Sediment örneklerindeki kurşun fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı.....	96

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. BCR (the community bureau of reference) ardışık ekstraksiyon yöntemi akış şeması.....	42
Tablo 4.1. Sapanca gölü havzası topraklarının minimum, maksimum ve ortalama kalite parametreleri.....	45
Tablo 4.2. Sapanca gölü havzası sedimentinin minimum, maksimum ve ortalama kalite parametreleri.....	49
Tablo 4.3. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde alüminyum (Al) miktarları (mg/kg).....	53
Tablo 4.4. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde krom (Cr) miktarları (mg/kg).....	55
Tablo 4.5. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde demir (Fe) miktarları (mg/kg).....	57
Tablo 4.6. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde kobalt (Co) miktarları (mg/kg).....	59
Tablo 4.7. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde nikel (Ni) miktarları (mg/kg).....	61
Tablo 4.8. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde bakır (Cu) miktarları (mg/kg).....	63
Tablo 4.9. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde çinko (Zn) miktarları (mg/kg).....	65
Tablo 4.10. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde arsenik (As) miktarları (mg/kg).....	67
Tablo 4.11. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde kadmiyum (Cd) miktarları (mg/kg).....	69
Tablo 4.12. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde baryum (Ba) miktarları (mg/kg).....	71

Tablo 4.13. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde kurşun (Pb) miktarları (mg/kg).....	73
Tablo 4.14. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde alüminyum (Al) miktarları(mg/kg).....	75
Tablo 4.15. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde krom (Cr) miktarları (mg/kg).....	77
Tablo 4.16. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde demir (Fe) miktarları (mg/kg).....	79
Tablo 4.17. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde kobalt (Co) miktarları (mg/kg).....	81
Tablo 4.18. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde nikel (Ni) miktarları (mg/kg).....	83
Tablo 4.19. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde bakır (Cu) miktarları (mg/kg).....	85
Tablo 4.20. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde çinko (Zn) miktarları (mg/kg).....	87
Tablo 4.21. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde arsenik (As) miktarları (mg/kg).....	89
Tablo 4.22. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde kadmiyum (Cd) miktarları (mg/kg).....	91
Tablo 4.23. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde baryum (Ba) miktarları (mg/kg).....	93
Tablo 4.24. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde kurşun (Pb) miktarları (mg/kg).....	95
Tablo 5.1. Bulunan toplam ortalama değerlerin yönetmelik ile kıyaslanması	98

ÖZET

Anahtar kelimeler: Sapanca Gölü, Ağır Metal, Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi(BCR),Toprak, Sediment, Su

Bu çalışmada Sapanca gölü sedimentinde ve havza toprağında Kasım 2015, Ocak 2016, Nisan 2016, Temmuz 2016 ve Ekim 2016 ayları arasında 3 aylık periyotlarda mevsimsel değişiklikler göz önünde tutularak ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sapanca Gölü’nden 10 sediment istasyonu ve göl çevresinden 10 toprak istasyonu seçilmiştir. Alınan toprak ve sediment örnekleri Avrupa Birliği Referans Komisyonu (BCR- the European Community Bureau of Reference) tarafından geliştirilen BCR ardışık ekstraksiyon yöntemiyle çözündürülmüştür. Fraksiyonlara ayrılan katı örneklerde Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn ağır metal içerikleri ICP-OES cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca toprak ve sediment örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, organik karbon ve oksidasyon- redüksiyon potansiyelleri (ORP) ölçülmüştür.

Sapanca Gölü havzasında toprak ve sedimentinde ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonlara sahip olan ağır metal Al ve Fe’dir. Bu metaller kaynağı doğal kaynaklar olup toprak ve sedimentin doğal yapısında bulunmaktadır. Diğer ağır metallerin kaynakları ise başta trafik olmak üzere bu bölgede bulunan endüstriyel kuruluşlar ve tarımsal alanlarda kullanılan zirai gübrelerdir.

DETERMINATION OF HEAVY METAL POLLUTION BY SEQUENTIAL EXTRACTION METHOD IN SOIL AND SEDIMENT SAMPLES TAKEN FROM SAPANCA LAKE BASIN

SUMMARY

Keywords: Lake Sapanca, Heavy metal, Sequential Extraction Method (BCR), Soil, Sediment, Water

In this study, it was aimed to determine heavy metal pollution in Sapanca lake sediment and basin soil considering seasonal changes Between November 2015, January 2016, April 2016, July 2016 and October 2016 for a period of 3 months. 10 sediment stations from Lake Sapanca and 10 soil stations from around the lake were selected. Soil and sediment samples were dissolved by BCR sequential extraction method developed by European Union Reference Commission (BCR- the European Community Bureau of Reference). Heavy metal contents of Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn were determined by ICP-OES in solid samples separated into fractions. In addition, pH, electrical conductivity, organic matter, organic carbon and oxidation-reduction potentials (ORP) were measured in soil and sediment samples.

When the concentrations of heavy metals in soil and sediment are examined in Sapanca Lake basin, the heavy metals having the highest concentrations are Al and Fe. These metals are natural sources of soil and sediment in the natural structure of the source. Other sources of heavy metals are agricultural fertilizers used in industrial establishments and agricultural areas in this region, especially in traffic.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Canlı yaşamı ve ekolojik dengenin korunması ve geliştirilmesi son yıllarda artan çevresel kirlilikler sebebiyle önemli hale gelmiştir. Hızlı nüfus artışı, çarpık kentleşme, endüstrileşme, tarımsal alanların verimli kullanılamaması ve sulak alanlarda meydana gelen olumsuz değişiklikler sonucu oluşan bu kirlilikler canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de su kaynakları giderek kirlenmektedir. İçilebilir sulara sahip göl ve akarsular azalmaya başlamış; sulak alanların birçoğu kirlilik nedeniyle tahrip olmuştur [1]. En önemli kirlilik kaynaklarından biri olan ağır metaller su kaynaklarının azalması ve sanayileşmenin hızlı bir şekilde artması ile çevre açısından önem taşımaya başlamıştır [2]. Çevre kirliliğinden en çok etkilenen ekosistemlerin başında göller ve akarsular gelmektedir. Ağır metaller, sucul ortamdaki anorganik kirlenmelere neden olmaktadır. Çeşitli yollarla sucul ortamlara (göl, nehir vb) geçerek canlı metabolizmalarını tehdit etmektedir [3]. Ağır metaller, çoğunlukla bulundukları ortamda biyodegradasyona uğramadıklarından kolayca birikirler ve çok kompleks yapılar oluşturarak zehirlilik etkilerini de arttırabilirler [4]. Genel olarak ekosistem içerisinde bütün metal kirlenmelerine maruz kalan en büyük alıcı ortamı toprak oluşturmaktadır. Nehir, göl ve bataklık gibi sulu sistemlerde ise bu alıcı ortam sedimentlerdir [2]. Sediment tabakası kirleticiler için bir rezervuardır. Dayanıklılık gösteren inorganik ve organik kirleticiler sedimentte birikebilir ve uzun yıllar birikim sonucu, sucul organizmalar ve insan sağlığı için toksik etkiye sebep olabilir. Suyun kimyasal özelliklerine göre sedimentteki ağır metaller suya geçebildiği gibi, yağışlarla beraber topraktaki kirleticiler yeraltı suyuna ve yüzey akışı ve toprak kayması sonucu su kaynaklarına geçebilmektedir [5]. Bu nedenle toprak ve sediment ortamlarında ağır metal birikimi tüm canlı yaşamı için oldukça önemlidir. Alıcı ortamlarda ağır metal miktarının tespit edilmesi ve alıcı ortamların kirlilik seviyesinin belirlenmesi amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Özellikle son yıllarda,

içme suyu kaynaklarında ve havzalarında yapılan çalışmalar içme suyu sıkıntısının yaşanmasını önlemede büyük öneme sahiptir.

Bağda (2006) tarafından hazırlanan çalışmada, Tödürge ve Hafik göllerinden sediment örneklerinin kimyasal analize hazırlanması için yaygın olarak kullanılan BCR (the European Community Bureau of Reference) yöntemine ultrasonik etkinin uygulanması araştırılmıştır. Standart örnek üzerinde UBCR yöntemiyle metal kazanımları, %85 Pb, %90 Zn, %95 Ni, %100 Cr, %94 Mn ve %83 Fe olarak bulunmuştur [6].

Zemberyova ve ark. (2006), modifiye edilmiş BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi Slovakya topraklarını temsil eden farklı referans topraklarda ağır metal belirlemesi için kullanılmıştır. Analizlerde atomik veya elektro termal atomik absorpsiyon spektrometresi (FAAS veya ETAAS) kullanılmıştır. Yöntemin dört adımının toplamı ile asitte çözündürülerek elde edilen toplam miktarlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmanın doğruluğunu test etmek amacıyla sertifikalı referans maddelerden (SRM) BCR 701 kullanılmış ve Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn sonuçları yapılan çalışma için tatmin edici bulunduğu bildirilmiştir [7].

Davidson ve ark. (2006), beş Avrupa şehrinde kamu kullanım alanlarından aldıkları kentsel toprak örneklerinde krom, bakır, demir, manganez, nikel, kurşun ve çinko içeriği modifiye edilmiş BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Ardışık ekstraksiyon ile analit geri kazanımları kabul edilebilir bir değer olarak %15 sapmayla bulunmuştur. Cr, Fe ve Ni esas olarak toprak matriksinde kalıntı fraksiyonda bulunmuştur. Cu daha çok indirgenebilir, oksitlenebilir ve kalıntı fraksiyonlarında bulunurken Zn dört fraksiyonda da tespit edilmiştir. Bazı şehirlerde Pb'de olduğu gibi Mn güçlü bir şekilde indirgenebilir fraksiyonda bulunmuştur. Ekstrakte edilen metal içeriklerinin sanayileşmiş şehirlerde yüksek çıktığı rapor edilmiştir [8].

Adamo ve ark. (2006), kirli nehir taşkınlarından etkilenen volkanik topraklarda metal içeriğini BCR ardışık ekstraksiyon yöntemiyle incelemiş ve volkanik topraklar için

bu yöntem tartışılmıştır. Yapılan çalışmalarda Cr ve Cu kirletici olarak tespit edilmiş, Ni, Fe, Zn, ve Mn toplam içeriğinin izin verilebilir limit değerlerin altında kaldığı bildirilmiştir. Çalışılan topraklarda kirlilik etkisine sahip Cr ve Cu elementlerinden sadece Cr kirlenmesinin taşkınlarla ilişkisi tespit edilmiştir. Kirlenmiş topraklarda Cr ve Cu ile organik formlar arasında tercihli bir ilişki tespit edilmiştir [9].

Sutherland ve Tack (2007), BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak sedimentlerde bulunan Pb için bir ön inceleme amaçlamışlardır. Sedimentlerde toplam Pb konsantrasyonları ardışık ekstraksiyon basamaklarından elde edilerek 144 ± 26 mg/kg olarak belirlenmiştir. Burada toplam değerler 0,5 M HCl ile yıkanan Pb miktarı (3 mg/kg) ve dördüncü basamakta arta kalan Pb miktarı (13 mg/kg) ile karşılaştırılabilir olduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla Pb daha çok hareketli (mobil) fraksiyonlarda bulunduğu belirtilmiştir. Genel olarak çalışmadaki tüm veriler Nuuanu çayı çevresindeki kentleşmenin olduğu yerlerde Pb için kesin insan kaynaklı olduğunu işaret etmekte olduğunu rapor etmişlerdir [10].

Araın ve ark. (2008), kirlenmiş göl sedimentlerinde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn ağır metallerin mobilite, yarayışlılık ve sürekliliğini BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacını ise BCR ardışık ekstraksiyon yönteminde belirtilen ekstraksiyon sürelerinin kısaltılması oluşturmuştur. Ekstrakte edilen örnekler atomik absorpsiyon spektrometresi ile ölçülmüştür. Yöntemin hassasiyet ve doğruluğunu test etmek amacıyla BCR 701 sertifikalı referans madde kullanılmıştır. Ağır metaller için maksimum geri kazanımlar ilk üç basamakta BCR protokolünün daha önce önerdiği 51 saat ile uygulanan 32 saat arasında $p > 0,05$ olarak gözlenmiştir. Ancak değerlendirme sonucunda asitte çözünebilir fraksiyon tarafından elde edilen ağır metal düzeylerinin düşük olduğu rapor edilmiştir [11].

Saraçoğlu ve ark. (2009), araçların hava filtresinden aldıkları toz örneklerinde Cd, Cu, Fe ve Mn dağılımlarını belirlemek amacıyla dört basamaklı BCR ardışık ekstraksiyon yöntemini uygulamışlardır. Alevli atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak belirlenen metallerin ortalama değerleri Cd:15,58, Cu:33,54, Fe:1625 ve Mn: 180 $\mu\text{g/g}$ olarak bildirilmiştir. Ardışık ekstraksiyon yöntemi uygulanmış

örneklerde Cu daha çok oksitlenebilir ve kalıntı basamaklarında belirlenmiştir. Fe ağırlıklı olarak kalıntı basamağında belirlenirken, Mn ve Cd daha çok asitle çözünebilir karbonatla bağlı basamağında belirlendiği rapor edilmiştir [12].

Duru (2010) tarafından yapılan çalışmada, Nisan-Ekim 2008 ayları arasında ayda bir kez olmak üzere Adapazarı'nın farklı bölgelerinden seçilen numune alma noktalarında (sokak cadde kıyıları) biriken toz örnekleri toplanarak ardışık ekstraksiyon tekniği yardımıyla toz ile farklı şekillerde bağlanmış olan ağır metaller ekstrakte edilmiştir. Bu işlem sırasında metaller (Pb, Fe, Zn, Cr, Cu, Mn) çözelti fazına ekstrakte edildikten sonra Atomik Absorpsiyon Spektrometrik teknik yardımıyla analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak ağır metallerin değerlerinin yüksek çıktığı bölgelere bakıldığında, şehir trafiğinin yoğun olduğu, kavşak noktalarının ve trafik lambalarının bulunduğu yerler olduğu tespit edilmiştir [13].

Janos ve ark. (2010), altı çeşit düzenleyici eklenmiş kirli topraklarda değişen ağır metal hareketliliği ve potansiyel çevre etkilerini incelemek amacıyla incelemişlerdir. Düzenleyiciler %1 den %5'e artan dozlarda uygulanmıştır. Bu düzenleyici olarak iki çeşit yeni kahverengi kömür (liniyit ve oksihumolit), iki çeşit ticari olarak kullanılan humik asit (potasyum humat ve demir humat) ve iki çeşit inorganik materyal (uçan kül ve doğal zeolit) kullanılmıştır. Düzenleyici eklenmiş ve eklenmemiş kirli topraklarda ağır metallerin (Cd, Cu, Pb ve Zn) hareket kabiliyeti BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Toprakta oldukça hareketli durumda olduğu bilinen kadmiyumun toprağa potasyum humat ilave edilmesiyle hareketliliğinden azalma gözlemlendiği bildirilmiştir. Cu, Pb ve Zn ise çok sıkı bir şekilde toprak matriksine bağlı olarak tespit edilmiştir. Potasyum humat Pb bağlanması üzerine etki ederken, Cu hareketliliğini (serbest kalma) eklenen inorganik (kül ve zeolit) düzenleyicilerin azalttığı bildirilmiştir. Büyük çoğunluğu (%60'dan fazla) kalıntı fraksiyonuna bağlı olan Zn' nin toprağa uygulanan farklı kaynak ve dozlardaki düzenleyicilerden çok fazla etkilenmediği rapor edilmiştir [14].

Nannoni ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada kuzey Kosova' da bulunan Kosovska Mitrovica madencilik alanlarında alınan örneklerde As, Cd, Cu, Pb, Sb ve Zn

fraksiyonlarını incelemişlerdir. Çalışmanın ana amacının ise seçilen elementlerin hareketliliğini ve biyo-yararlılığını tanımlamak olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle Pb, Zn, Cd ve Sb genel alanlarda ve lokal bölgelerde yüksek oranda kirletici düzeylerde bulunduğu bildirilirken, maden alanına yaklaştıkça değerlerin belirgin bir şekilde yükseldiği rapor edilmiştir. Kurşun genel olarak hareketli fraksiyonda (BCR yönteminin ilk üç basamağının toplamı), Cd elementinin daha çok ekstrakte edilebilir ve indirgenebilir fraksiyonlarda ve As, Cu, Sb ve Zn elementlerinin ise kalıntı fraksiyonda yoğunlukta olduğu rapor edilmiştir. Ağır metallerin hareketlilik sırasının; $Cd > Zn > Pb > Sb > As > Cu$ şeklinde bulunduğu bildirilmiştir [15].

Martinez-Fernandez, ve ark. (2011), BCR ardışık ekstraksiyon yönteminde yardımcı olması için katı faz dispersiyon destekli materyallerin kullanımı ile analizin hızlandırılmasını amaçlamışlardır. Farklı malzemelerin dispers edici özellikte olduğu (özellikle silis, magnezyum, alüminyum esaslı malzemeler ve deniz kumu) bildirilmiş ve bu malzemeler test edilmiştir. BCR ardışık ekstraksiyon yönteminde geri kazanımda yardımcı olmak üzere kullanılan malzemeler optimize edilmiş ve birinci basamak ile üçüncü basamakta (değişebilir ve oksitlenebilir kısımlar) bu malzemelerin analiz süresi bakımından yardımcı olduğu belirtilmiştir [16].

Oyeyiola ve ark. (2011), Lagos lagününden aldıkları sediment örneklerinde Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn metallerin fraksiyonlarını belirlemek için en iyi ardışık ekstraksiyon için üç ayrı ardışık ekstraksiyon yöntemini karşılaştırmışlardır. Bunun için modifiye edilmiş Tessier, orijinal BCR (üç basamaklı) ve modifiye edilmiş BCR (dört basamaklı) ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanmıştır. Çalışmada ağır metal tayinlerinde alevli atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılmıştır. Uygulanan yöntemlerde kütle dengesinin (geri kazanım) çoğu durumda %85 ile %115 arasında olduğu bildirilmiştir. Üç yöntem ile elde edilen değerler karşılaştırılmış ve modifiye edilmiş BCR ile Tessier ardışık ekstraksiyon yönteminde indirgenebilir ve yükseltgenebilir fraksiyonlarında Cu, Cr, Pb ve Zn, orijinal BCR ardışık ekstraksiyon yöntemine göre daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir [17].

İsen (2011) tarafından ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak, Ağustos 2010'da Sakarya D-100 Karayolunun Adapazarı-Sapanca arasında toplanan 24 adet cadde tozu numunelerindeki ağır metal derişimleri (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, V, Sr, Ba ve Fe) analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ağır metallerin sıralaması $Zn > Cd > Sr > Mn > Ba > Cu > Cr > Pb > Ni > V > Co$ şeklinde yapılmıştır [18].

Dündar ve ark. (2012), Aşağı Sakarya Nehri havzasında yaptıkları çalışmada belirlenen 10 istasyondan aylık olarak 10 ay süresince örnekler alınmış ve Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin dağılımı incelemişlerdir. Ölçümler için alevli atomik absorpsiyon spektrometresi ve doğruluk testi için ise BCR-701 standart referans maddesi kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmaların sonucunda; BCR yönteminin kolay uygulanabilir, ucuz ve hızlı olduğunu, sedimentlerde fraksiyonlama çalışmalarında karşılaştırılabilir sonuçlar bakımından önemli olduğunu, sediment dışında çevresel birçok örnek için kullanılabilir olduğunu bildirmişlerdir [19].

Sungur (2013) tarafından yapılan çalışmada Ergene Havzasından alınan farklı fiziko-kimyasal özelliklere sahip topraklarda ve Ergene Nehrinden alınan sediment örneklerinde farklı fraksiyonlarda tutulan ağır metaller (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Toprak örneklerinde BCR yöntemiyle ilk üç fraksiyondaki metallerin hareketlilik sırası; $Mn > Pb > Cd \approx Co > Ni > Cu > Zn > Cr > Fe$ şeklinde bulunmuştur. Sediment örneklerinde BCR yöntemiyle tespit edilen ağır metal hareketlilik sırası; $Zn > Mn \approx Cr > Co > Cd > Pb > Ni \approx Cu > Fe$ şeklindedir [2].

Kıracı (2014) tarafından yapılan çalışmada Aydın ilinin Söke ilçesinde bulunan Azap Gölünün sediment örnekleri mikrodalga yöntemiyle çözündürme ile ağır metal analizine hazırlanmıştır. Su ve sediment örneklerindeki ağır metal derişimlerine bakıldığında Fe, B ve Al diğer ağır metallere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [3].

Başaran (2011) tarafından Seyfe Gölü'nde göl suyu ve sedimentte mikrodalgada çözündürme yöntemiyle ağır metal (Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Zn, Cu, As) miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır. Mevsimsel dönemlere göre sediment örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre yaz döneminde $Zn > Pb > As > Cr > Ni > Cu > Co > Cd$; kış döneminde ise $Zn > Pb > As > Cr > Ni > Cu > Cd > Co$ sıralamaları şeklinde metal konsantrasyonlarının değişimi hesaplanmıştır. Özellikle arsenik yıllık ortalama değerleri yönetmelik sınır değerlerinin oldukça üstünde kalmaktadır ve buda tabanda ciddi bir arsenik birikimini göstermektedir [20].

Kazak (2012) tarafından yapılan çalışmada altı ağır metalin (Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn) kimyasal dağılımı modifiye edilmiş üç adımlı ardışıklı ayırma yöntemi kullanılarak Seyhan Nehri'nin sedimentine olan etkileri değerlendirilmiştir. Metallerin kalıntı bölümü hesaplanmaksızın potansiyel hareketliliği Ekim 2010'da $Mn > Zn > Ni > Pb > Cu > Cr$, Haziran 2011'de $Mn > Zn > Ni > Pb > Cr > Cu$ sıralaması elde edilmiştir [21].

Toprak ve sedimentlerin davranışlarını incelemek amacıyla ardışık ekstraksiyon yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemle analiz edilen toprak ve sedimentlerde; ağır metallerin toplam konsantrasyonları, hareketliliği ve toksikliği hakkında bilgi alınabilmektedir. Bu amaçla farklı ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile belirlenen sonuçların sağlıklı bir şekilde karşılaştırılması amacı ile Avrupa Birliği Referans Komisyonu (BCR the European Community Bureau of Reference) tarafından standart bir ardışık ekstraksiyon yöntemi hazırlandı ve kullanılmaya başlandı [2,18]. Yeni adı SM&T (The Standarts Measurements and Testing Programe) olan BCR yönteminde ağır metal fraksiyonları sırasıyla; değiştirilebilir ve karbonatlara bağlı, indirgenebilir (Fe- ve Mn- oksitlere bağlı), yükseltgenebilir (organik madde ve sülfürlere bağlı) olarak üç basamakta değerlendirilmektedir. Dördüncü basamak olarak ekstrakte edilmeyen kalıntı kısmın kuvvetli asit karışımlarında çözünebilir minerallere bağlı metalleri içermektedir.

Bu çalışmada ülkemiz için önemli bir içme suyu kaynağı olan Sapanca gölü sedimentinde ve havza toprağında ağır metal kirliliği belirlenmiştir. 2015-2016

yılları arasında mevsimsel değişiklikler dikkate alınarak (Kasım 2015, Ocak 2016, Nisan 2016, Temmuz 2016 ve Ekim 2016 ‘ da) Sapanca gölünü ve havzasını temsil edecek 10’ar farklı noktadan toprak ve sediment örnekleri alınmış ve katı örneklerde ağır metal (Ni, Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, Al, Fe, As, Co ve Ba) miktarları tayin edilmiştir. Ağır metal tayininde BCR ardışık ekstraksiyon yöntemiyle katı örnekler çözündürülmüş ve çözelti fazına geçen ağır metaller ICP-OES tekniği ile tayin edilmiştir. Aynı zamanda ağır metallerin topraktan veya sedimentten suya geçişine etki eden kimyasal özelliklerden organik madde miktarı, tuzluluk ve pH tüm katı örneklerde ölçülmüştür.

Sonuç olarak elde edilecek deneysel veriler Sapanca Gölü ile ilgili yapılacak çalışmalara bilimsel destek sağlayarak yol gösterici olacaktır. İleriki aşamalarda yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağır Metaller İle İlgili Genel Bilgiler

Metaller, doğal olarak yer kabuğunun yapısında bulunan elementlerdir. Periyodik cetvelde hidrojen'den uranyuma kadar 90'ın üzerinde element mevcuttur ve bunların 20'si hariç diğerleri metal olarak sınıflandırılır. Bu metallerin 59 tanesi “ağır metal” olarak karakterize edilir [22]. Ağır metal deyimi, atomik yoğunluğu $4,5-5 \text{ g.cm}^{-3}$ 'ten daha fazla olan ve periyodik cetvelin geçiş elementleri adı verilen atom kütlesi nispeten büyük metalleri ifade etmektedir. Ancak bu gruba atom ağırlığı 24 olan krom ile metal olmayan arsenik ve selenyum da dâhil edilmektedir [23].

Bu çalışmada analiz edilen nikel, kadmiyum, bakır, krom, çinko, kurşun, alüminyum demir, arsenik, kobalt ve baryumun özellikleri şöyledir:

2.1.1. Nikel

Nikel çoğunlukla olivin, nikelin (NiAs), milerit (NiS), monenozit ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), genetit [$\text{Ni}_4(\text{Mg})\text{Si}_3\text{O}_{10}$] mineral formlarında ve topraklarda toplam olarak 1-200 ppm arasında bulunmaktadır. Toprakta ortalama konsantrasyonu 20 ppm olan nikelin çözünebilir miktarı 2 ppm civarındadır [24]. Ancak kayaç özelliklerine göre bu değerler oldukça değişkenlik göstermektedir. Örneğin Ni konsantrasyonu ultramafik kayaçlarda oldukça yüksek değerlere ulaşırken (1400-2000 ppm), granit gibi kayaçlarda asitliğin arttığı yerlerde Ni konsantrasyonu düşük miktarlarda (5-15 ppm) seyretmektedir [25]. Ni toprak çözeltisinde birçok oksidasyon durumunda ortaya çıkabilir. Ancak geniş aralıklarda değişen pH ve redoks koşullarında sadece Ni(II) kararlı bir davranış sergiler [26]. Ni ayrışma koşullarında kolaylıkla mobilize olarak Fe ve Mn oksitlerle birlikte çökelmeler sergiler. Bununla birlikte toprak çözeltisinde Ni^{2+} oldukça kararlı olduğu için Fe^{2+} ve Mn^{2+} elementlerinden davranış olarak

farklılaşmaktadır. Organik maddenin Ni elementini tutma gücü oldukça yüksektir. Nikelin bu durumlardaki konsantrasyonu organizmalarca zengin sedimentlerde ve indirgeyici koşullarda nikelin sülfidleri şeklinde çökmesinde etkili bir role sahiptir. Genel olarak toprak profilinde nikelin dağılımı başta toprak çeşidi olmak üzere (özellikle ana materyal özellikleri), organik madde veya amorf oksitleri ve kil fraksiyonları ile bağlantılıdır. Organik madde, karbonat ve oksitlerden gelen nikeli hareketli hale getirmesine ve aynı zamanda killerde Ni tutunmasını azaltmasına rağmen bu metalin organik ligandlara bağlanması o kadarda güçlü olamayabilir. Organik asit ve SO_4^{2-} gibi kompleksleştirici ligandlar nikelin tutunması azaltmaktadır. Katı fazdaki nikelin yeniden hareketi fulvik asit ve humik asitlerin özelliklerine bağlı olarak mümkün olabilir. Bu durumda nikel yüksek kompleksleşme yeteneği ile toprakta oldukça hareketli olabilir (organik maddece zengin ve kirli topraklar gibi). Topraklarda Ni durumu ana materyalin Ni içeriğine bağlı olmakla birlikte yüzey topraklarındaki Ni konsantrasyonu toprak oluşum işlemleri ve kirliliğe de yansıtılabilir [25].

2.1.2. Kadmiyum

Kadmiyum tabiatta çinko filizleri ile birlikte bulunur ve görünüşü ve bileşikleri itibari ile çinkoya benzer. Yumuşak, gümüş beyazlığında, oldukça elektropozitif ve işlenebilir bir metaldir. Kadmiyum özellikle yeniden şarj edilebilen pillerde ve alaşımlarda kullanılır. PVC türü plastikler, aşınan lastikler, fosil yakıtlar ve metal atıkların yakılması atmosferdeki kadmiyum miktarının artmasına sebep olmaktadır. Atmosfere ulaşan kadmiyum çok çabuk oksitlenerek kadmiyum oksit haline dönüşür ve serpinti yoluyla tekrar yeryüzüne döner. Kadmiyumun insanlarda özellikle karaciğer ve böbrekte biriktiği belirlenmiştir [27].

Toprakta Cd hareketliliğini etkileyen en önemli etkenler pH ve oksidasyon potansiyelidir. Çok kuvvetli oksidasyon şartları altında Cd, CdO ve CdCO_3 mineral formları ile fosfat depozitlerinde birikebilir [25]. Cd elementinin topraktaki toplam miktarı 0,01–3 ppm arasında değişmektedir [24]. Doğada Pb ve Zn madenlerine yakın topraklarda, kanalizasyon çamuru ve fosfat gübreleri uygulanmış topraklarda

Cd konsantrasyonu yüksek olmaktadır. Ayrıca tarımsal topraklarda Cd konsantrasyonu gün geçtikçe önemli miktarda artmaktadır [25]. Bitki ve topraklara ulaşan kadmiyumun büyük kısmı kadmiyum içeren toz zerreciklerinin havadan çökmesi yoluyla da olabilmektedir. Örneğin trafiğin yoğun olduğu alanlarda yol kenarlarındaki topraklarda toz çökmesi ile yılda metre kareye 0,2-1,0 mg kadmiyum ilavesinin olduğu ölçülmüştür [28]. Cd ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan element olduğundan doğada yayılım hızı da yüksektir.

2.1.3. Bakır

Bakırın topraktaki toplam konsantrasyonu 2 - 250 ppm arasında değişmekle birlikte ortalama 30 ppm'dir [29]. Toprakta çözünebilir Cu miktarı ise genelde <1 ppm olmakla beraber genelde 3-135 $\mu\text{g L}^{-1}$ arasında değişmektedir. Toprakta en hareketsiz ağır metallerden biri olmasına rağmen Cu, toprak çözeltisinde serbest olarak ve kompleksleşmiş iyonlar halinde bulunan bir metaldir. Cu toprakta çeşitli minerallerin yapısında bulunur. Özellikle kalkopirit (CuFeS_2) minareli başta olmak üzere kalkosit (Cu_2S), kuprit (Cu_2O) ve malahit [$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$] mineralleri gelmektedir [24].

Toprağa Cu uygulandığında veya orada bir şekilde biriken bakır hareketsiz halde ortamda kalacaktır. Çünkü başta organik madde olmak üzere, oksitler ve kil mineralleri tarafından güçlü bir şekilde ortamda sabitlenmektedir. Toprak profilinde bulunan Cu'nun toplam veya ekstrakte edilebilir miktarlarının değişimi aynı zamanda toprak tipi ve toprak ana materyalinin etkileri ile açıklanabilir [29]. Hareketli bakırın her ne kadar genelde +2 oksidasyon basamağında olduğu söylene de aslında doğada serbest (mobil) olarak birçok iyonik formunda bulunmaktadır. Ancak bu Cu iyonları, organik ve inorganik değişim yüzeylerince çok sıkı bir şekilde tutulurlar. Bakır toprak çözeltisinde ve tutunma komplekslerinde Fe, Zn, Mo ve P ile antagonistik bir ilişki sergilemekle beraber Cr, Cd, Ca ile olan etkileşimleri de önemlidir [25].

2.1.4. Krom

Kromun topraktaki toplam konsantrasyonu 5–1000 ppm arasında değişkenlik gösterip ortalama 65 ppm’ dir. Toprakta çözünebilir Cr (saturasyon çamurunda) miktarı ise 10 µg.L⁻¹ civarındadır. Cr’ un topraktaki kimyası oksidasyon durumuna (+2 ile +6) bağlı olarak çözünürlüğü ve reaktifliği oldukça karmaşıktır [24].

Toprakta bulunan Cr genelde ana materyalden gelmekle birlikte mafik ve volkanik kayalarda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunabilmektedir. Yüzey topraklarının krom içeriklerinin farklı kaynaklardan gelen kirlenmelerden dolayı arttığı bilinmektedir. Bu kaynaklar genellikle sanayi atıkları, atmosferik çökelmeler, kömür ve uçucu küller, atık çamurlardır [26].

Genel olarak doğal yollarla oluşan Cr bileşikleri +3 (kromik) ve +6 (kromat) değerli olup, yüksek oksitleyici şekli olan Cr³⁺ daha az kararlıdır. Ayrıca Cr³⁺, iyonik büyüklüğü ve jeokimyasal özellikleriyle Fe³⁺ ve Al³⁺ elementlerine yüksek benzerlik göstermektedir. Cr havalanmaya karşı dirençli olduğundan atıl materyallerin çoğu krom ihtiva eder. Ancak oksidasyonla Cr, kromatı (CrO₄²⁻) oluşturur. Cr oldukça hareketli (mobil) olmakla beraber kil ve sulu oksitlerce kolayca tutulur. Topraklarda çözünebilir Cr⁶⁺ bitki ve hayvanlar için toksiktir. Bu nedenle topraklarda Cr’ un oksidasyon durumundaki değişikliği çevresel anlamda çok önemlidir [25].

Cr mobilitisini ve yarayışlılığını etkileyen faktörler pH, redoks koşulları, organik madde durumu ve demir-mangan oksit durumudur [29]. Özellikle pH ve redoks potansiyeli topraklarda birçok durumda Cr⁶⁺ formundaki kromu, Cr³⁺ formuna indirgenmesinde oldukça etkili olmaktadır. Dolayısıyla daha kararlı olan Cr(OH)₃ bileşiğinin oluşmasına etki edebilmektedir [28].

2.1.5. Çinko

Çinko elementi, blend (ZnS), kalamın (ZnCO₃) ve sfalerit [(Zn, Fe)S] minerallerinde bulunur. Toprakta Zn, toplam 10-300 ppm arasında bulunurken çözünebilir

konsantrasyonu 4-270 $\mu\text{g.L}^{-1}$ aralığındadır. Zn mineral yapılar ve organik maddelerce kolaylıkla tutulduğu için özellikle yüzey toprağında birikim gösterir. Tüm ağır metaller içinde oldukça kolay çözünen Zn, bu özelliği ile çok çeşitli ve karmaşık iyonik formlarda olabilir [24].

Toprak çözeltisinde bulunan Zn elementinin türü toprak reaksiyonu ile sıkı bir ilişki içerisinde. Toprak çözeltisinin reaksiyonu (pH) 7,7 değerinin altında olduğu durumlarda çinko Zn^{2+} formundadır. Bu pH değerinin üzerinde ise daha çok ZnOH^+ formu bulunur. Nötr formu olan Zn(OH)_2 ise daha çok pH değeri 9,1'in üzerine çıktığı zaman görülür. Zn(OH)^{3-} ve Zn(OH)_4^{2-} formları ise toprağın kapsadığı pH aralıklarında önemli hiçbir varlık göstermemektedir [29]. Zn ile diğer metaller arasında özellikle bitkiler tarafından alınmaları söz konusu olduğunda pozitif ve negatif ilişkiler bulunmaktadır. Zn, Cu ve Fe ile antagonistik bir ilişki sergilerken Cd, Ca ve Mg ile antagonistik ve sinerjik olmak üzere her iki durumu da sergileyebilmektedir. Ayrıca As ve P elementleri ile antagonistik bir ilişki sergilediği düşünülmektedir [25].

2.1.6. Kurşun

Kurşun genel olarak galen (PbS), anglesit (PbSO_4), piromorfit [$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$] ve mimetesit [$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$] mineral formlarında bulunur. Pb toprakta toplam 3-190 ppm arasında bulunurken, doğal alanlarda daha çok 1-67 ppm ve ortalama 32 ppm civarında bulunmaktadır. Fakat kirlenmiş ve bitki için toksik etki gösteren alanlarda ise 100-400 ppm arasında bulunmaktadır. Toprakta çözünebilir (saturasyon çamurunda) konsantrasyonu ise 5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ 'dir. Pb'un toksik ve baskın bir çevre kirleticisi olduğu iyi bilinmektedir [24].

Kurşunun toprak profilindeki dağılımını toprak oluşum işlemleri, iklim faktörleri, topoğrafik özellikler ve mikrobiyolojik etmenler gibi birçok olay etkilemektedir. Genellikle Pb toprak yüzeyinde özellikle üstten birkaç santimetrede birikim gösterir ve derinlikle birlikte birikim azalır. Antropojenik kökenli Pb da genellikle yüzey tabakası üzerinde aynı birikim şeklini sergiler ve bazı durumlarda Pb daha derin

katmanlara taşınabilir [29]. Toprak çözeltisinde doğal olarak meydana gelen Pb içeriği oldukça düşüktür. Pb türleri her ne kadar toprak çeşidine göre değişiklik gösterse de özellikle kil mineralleri, Mn oksitler, Fe ve Al hidroksitler ve organik madde ile ilişkilidir. Bununla birlikte bazen toprak sisteminde Pb, kalsiyum karbonat ve fosfat partiküllerinde oldukça büyük miktarlarda birikim gösterebilir. Kurşunca kirlenmiş bir toprağa fosfor uygulandığı zaman kurşunun kolay çözünür kısmı hafif bir şekilde ve oksit ile karbonat fraksiyonlarında büyük ölçüde bir azalma sergilenir. Aynı zamanda organik ve özellikle arta kalan fraksiyonlarında artış sergilemektedir. Aynı şekilde uygulamada kurşunun çözünürlüğü kireçlenmeyle düşürülür. Yüksek toprak reaksiyonunda Pb, hidroksit, fosfat veya karbonatları şeklinde çökelek oluşturabilir. Aynı şekilde kurşun, oldukça kararlı olan Pb organik komplekslerini oluşturabilir [25].

2.1.7. Alüminyum

Kaya minerallerinin bozunması sırasında $Al(OH)^{2+}$ 'den $Al(OH)_6^{3+}$ e kadar değişen yük ve kompozisyona sahip Al hidroksit serileri oluşur ve kil minerallerinin yapısal bileşenleri haline gelirler. Kararlı ve sıkça oluşan iyon olan Al^{3+} , oksijen içeren ligandlarla koordine olduğu bilinmektedir. Genel olarak, Al hidroksitlerin çözünürlüğü, özellikle 5-8 pH aralığında düşüktür ve yaşlanmaya bağlı olarak çözünürlük düşer. Çevre özelliklerine bağlı olarak en zehirli olarak kabul edilen serbest $Al(H_2O)_6^{3+}$ yanı sıra çeşitli Al kompleksleri ve türleri oluşabilir [29].

Toprakların toplam Al içeriği ana kayalardan miras alınır; bununla birlikte, kolayca taşınabilen ve değiştirilebilen Al'ın sadece fraksiyonu, zemin özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır. pH <5.5 olan asit topraklarda, Al hareketliliği keskin bir şekilde artar ve diğer katyonlarla çok aktif bir şekilde rekabet eder. Al çözünürlüğünde ani bir artış çoğunlukla 4.5 ila 4.0 arasındaki dar pH aralığında gözlenmiştir. Nötr toprakların çözeltileri yaklaşık $400 \mu g.L^{-1}$ düzeyinde Al içerirken, toprak çözeltisinde pH 4.4'te Al konsantrasyonunun $5700 \mu g.L^{-1}$ olduğu bildirilmiştir [29].

2.1.8. Demir

Demir litosferde majör olarak bulunan bir elementtir ve jeokimyası yükseltgenme durumuna bağlı olarak oldukça karmaşıktır. Topraklarda genellikle Fe yüzeyde oksit ve hidroksitler şeklinde bulunurken, toprağın organik madde kısımlarında şelatları şeklinde bulunur. Toprak çözeltisinde Fe, toprak reaksiyonu (pH) tarafından etkilenir ve düşük pH değerlerinde daha yüksek miktarlarda bulunur. Fe daha çok hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4) ve siderit (FeCO_3) mineral formlarında bulunmaktadır. Topraklarda Fe toplamı ortalama 38 g kg^{-1} 'dir. Çözünebilir miktarı ortalama $50 \mu\text{g.L}^{-1}$ (saturasyon çamurunda) iken bu değer pH değerine bağlı olarak $50\text{-}550 \mu\text{g.L}^{-1}$ arasında değişiklik göstermektedir [24].

Toprakta çözünebilir Fe miktarı, toplam Fe miktarına göre oldukça düşüktür. Bazik koşullar yaratan pH değerlerinde çözünebilir Fe en az seviyededir. Asidik koşullar altında bulunan topraklarda inorganik çözünebilir Fe ise oldukça yüksektir. Bu nedenle asidik topraklarda Fe^{2+} katyonu toksik olabilirken bazik koşullarda ve iyi havalanmış topraklarda çözünebilir Fe konsantrasyonu oldukça düşüktür. İyi sulanmış veya su altında kalan topraklarda demir, Fe^{3+} oksidasyon basamağından Fe^{2+} oksidasyon basamağına indirgenir ve demirin çözünürlüğü artar [25].

2.1.9. Arsenik

Arsenik mineralleri ve bileşikleri kolayca çözünür ve arsenopirit hem O_2 hem de Fe^{3+} tarafından kolayca okside edilebilir. Bununla birlikte, hareket kabiliyeti, killer, hidroksitler ve SOM ile güçlü emiş sayesinde büyük ölçüde sınırlıdır. As esas olarak toprağın ağır mineral fraksiyonu ile ilişkili olmasına rağmen, topraktaki toplam As (%27-90) çok daha yüksek bir oran, kil granülometrik fraksiyonu $<0.001 \text{ mm}$ ile sabitlenir. As ile amorf toprak maddesinin ana bileşenleri olan Fe_2O_3 'ün pozitif korelasyonu, FeOx ile yakın ilişkili olduğunu gösterir [29].

As' ın oksidasyon durumları -3, 0, +3 ve +5'dir, bunların arasında As^0 ve As^{3+} azaltıcı ortamların karakteristikleridir. As^{3+} topraklarda As^{5+} 'e göre daha toksik ve

hareketlidir. Yaygın bir kirlilik olan As element seviyelerinin topraklarda artması muhtemel. Bu nedenle, bazen kirli topraklar için arka plan değerleri olarak bildirilen aralıklar da verilir. Bazı kirli toprakların As içeriği 2000 mg.kg^{-1} 'ın üzerine çıkmıştır [29].

2.1.10. Kobalt

Kobaltın topraktaki toplam miktarı 1–40 ppm arasında değişirken çözünebilir (0,5 N HOAc ile) miktarı 0,1–1 ppm arasında değişmektedir. Genel olarak CoAs_2 , CoAsS ve Co_3S_4 mineral formlarındadır [24]. Co, ultra bazik kayaların yapısında özellikle olivin mineralleriyle ilişkili olarak yüksek oranlarda bulunurken, asit yapılı kayalarda ise düşük miktarlarda bulunmaktadır. Co' ın toprak yapısındaki içeriği genel olarak ana materyalin Mg içeriği ile ilişkilendirilmektedir. Topraktaki Co'ın alınabilirliği asitliğin artması ile artarken, yıkanma ile azalmaktadır [29].

Toprakta bulunan Co'ın önemli kaynakları; toprak ana materyali ve kasıtlı olarak direk kobalt tuzlarının veya noksanlığı görülen elementler için yapılan uygulamalarda Co içeren gübrelerin örneğin fosfat gübrelerinin üst toprağa verilmesidir [26]. Co, iki oksidasyon durumunda (Co^{2+} ve Co^{3+}) bulunabilirken aynı zamanda $\text{Co}(\text{OH})_3$ karmaşık anyonunu da oluşturabilmektedir. Düşük pH koşullarda Co oldukça mobildir. Ancak Co aynı zamanda Fe-Mn oksitler ve kil mineralleriyle oldukça yüksek bağlanma gösterdiğinden dolayı çözünebilir forma geçmesi zordur. Fe-Mn oksitleriyle Co'ın sorpsiyon mekanizması pH değerine göre farklılık gösterir.

Bu durum genellikle Co^{2+} 'nin Mn^{2+} ile yer değiştirmesine ve hidroksil türlerinin oluşmasına bağlıdır ve Co, $\text{Co}(\text{OH})_2$ şeklinde yüzey çökmesine doğru gider. Toprak organik maddesi ve kil miktarı da kobaltın dağılımını ve topraktaki davranışını etkileyen önemli faktörlerdendir. Kobaltın hareketliliği toprağın bünyesinde bulunan organik maddenin cinsiyle oldukça sıkı bir ilişki içindedir. Kobaltın oluşturduğu organik şelatlar topraklarda kolaylıkla hareket edebilir ve yer değiştirebilirler. Bazı organik ligandların (sitrik asit gibi) Co tutmasını harekete geçirmektedir. Fakat Fe oksitler olmadığı durumlarda da Co hareketliliği artar [25]. Co toprakta şelat

oluşturan bir ağır metal olarak tanımlanmakla beraber, mangan oksitlere kuvvetli bir şekilde bağlanmasının Mn^{2+} ile yer değiştirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir [28].

2.1.11. Baryum

Baryum element halinde beyaz-gri metalik rengindedir fakat yüksek reaktivitelikten dolayı element halinde bulunmaz. Baryumun neredeyse bütün bileşikleri ise zehirlidir. Metalik Baryum yakıldığında elma yeşili bir renk verir. Metalik halde saklanması çok zordur. Aktif bir element olduğu için su, hava ve asitlerle kolayca reaksiyon verir. Bu sınıftaki metallerin özellikleri birbirine benzemesine karşın bilhassa Kalsiyum, Stronsiyum, Baryum diğerlerinden ayrılır. Bu üç element adi derecede suyu ayrıştırarak hidrojen açığa çıkarır ve Hidroksit(OH) oluştururlar. Bu Hidroksitler de ısıtıldığında su kaybederek Oksit haline dönmektedirler. Karbonatlı ısı karşısında kolay ayrışmasına karşın Baryum Karbonat ($BaCO_3$) en zor ayrışandır. Sülfatları suda hemen hemen hiç çözülmez [30].

En sık bulunan ve en çok kullanılan Baryum kaynağı Barit madenidir. Doğada sedimanter (tortul, çökelme ile) meydana gelmiş olarak bulunur. Denizlerin ya da suların taşınmasıyla tabakalar meydana gelmiştir. Genellikle sıcak su çıkan bölgelerde görülür. Kurşun, gümüş, çinko üretiminde kullanılır. En son kullanım alanlarından birisi ise fren balatalarının altlık malzemesi olmasıdır.

Baryum insanı zehirleyebilir. Saf baryum, suya karıştırılınca zararsız olduğu halde, baryum tuzları, suda ya da asitlerde erimiş olarak, vücuda girerlerse, şiddetli zehirlenmelere yol açabilirler. Baryum tuzlarıyla zehirlenmiş bir kimsede, kusma, ishal ve karın ağrıları görülür [30].

2.2. Ağır Metallerin Tayin Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

Ağır metallerin toplam miktarlarının tayin edilmesinde birçok analiz tekniği kullanılmaktadır. Başlıca teknikler; X-ışınları flüoresans spektrometre (XRF), enstrümantal nötron aktivasyon analiz tekniği (INAA), doğrudan-akımlı ark atomik emisyon spektrometre (DCAAES), alevli atomik absorpsiyon spektrometre (FAAS), elektro termal atomik absorpsiyon spektrometre (ETAAS), grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometre (GFAAS), indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometre (ICP-OES), indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometre (ICP-MS) teknikleridir [31]. Ayrıca metal türleme çalışmaları başta olmak üzere; iyon seçici elektrotlar (ISE), voltametrik teknikler, kromatografik teknikler (GC, HPLC) ve ultraviyole görünür bölge (UV-Vis) gibi teknikler de kullanılmaktadır [32].

Ağır metal çalışmalarında çok fazla başvuru ve bu çalışma kapsamında da kullanılan spektrometrik yöntemlerden alevli atomik absorpsiyon spektrometresi (FAAS) ve indüktif eşleşmeli plazma optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES) genel bilgileri içerecek şekilde aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

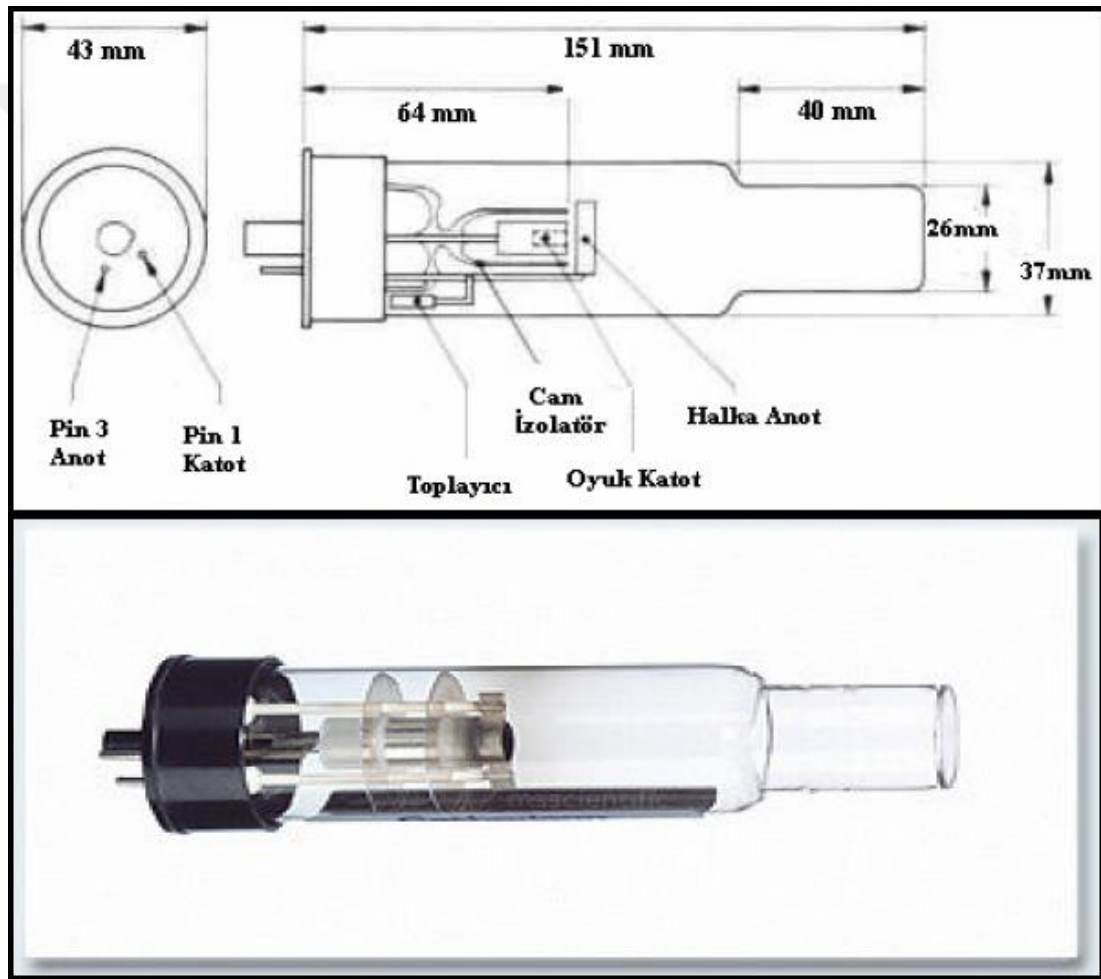
2.2.1. Alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi (FAAS)

Atomik absorpsiyon spektroskopisi tekniği, gaz halindeki atomların ışığı absorplanması ilkesine dayanmaktadır. Işığı absorplayan atomlar, temel enerji düzeyinden kararsız uyarılmış enerji düzeylerine geçiş yaparlar. Atomik absorpsiyon spektrometresi günümüzde 70'den fazla elementin duyarlı olarak tayinini sağlar. Temel ilkeleri 19. Asırdan bu yana bilinmesine rağmen günlük ve sürekli çalışmalara uygulanabilmesi ancak 1955 yılında Walsh ve Alkemade'nin çalışmaları sonucunda gerçekleştirilebilmiştir [33,34].

Atomik absorpsiyon spektrometresi ışık kaynağı, absorpsiyon ortamı (atomlaştırıcı), monokromatör ve alıcıdan oluşmaktadır.

Işık kaynakları: Atomik absorpsiyon spektroskopisi tekniğinde analiz edilen element

Atomik absorpsiyon spektrometrede kullanılan bir diğer ışık kaynağı yüksek ışımalı lambalardır. Yüksek ışımalı lambalarda standart olarak kullanılan oyuk katot lambasının yanında bir çift de yardımcı elektrot vardır. Burada yardımcı elektrotlardan da ikinci bir akım geçirilerek oluşturulan atom bulutunda ilk boşalımda uyarılmayan atomlar da uyarılmaktadır. Böylece ışık şiddetinde bir artış meydana gelmektedir. Yüksek ışımalı lambalar, yapılarının karmaşık olması, ikinci bir güç kaynağı gerektiriyor olması ve emisyonun kararlı hale gelmesi için uzun sürelerle gereksinim duyuluyor olması nedeniyle fazla tercih edilmemektedir [36].



Şekil 2.2. Oyuk katot lambası [35].

Buhar boşalım lambaları da atomik absorpsiyonda kullanılan bir başka ışık kaynağıdır. Buhar boşalım lambalarının çalışma prensibi; incelenen elementi içeren bir buhardan elektrik akımı geçirilmesiyle emisyon yapılmasıdır. Işık kaynağı olarak

kullanılan diğ er bir lamba ise elektrotsuz boşalım lambalarıdır. İlk olarak elektrotsuz boşalım lambalarında tayin edilecek element yüksek frekans sarımlarına sıkıca yerleştirilmiştir. İkinci olarak tayin edilecek element yalıtılmış bir ceket içinde bulunan kuvars bir tüpe doldurulmuştur. Bu lambaların ışık şiddeti oldukça yüksek, ısınma süreleri kısa ve kararlılığı gayet iyidir. Özellikle As, Se ve Sb gibi uçucu ve kısa dalga boylarında (<200 nm) absorpsiyon ve emisyon yapabilen elementler için geliştirilmişlerdir [36].

Atomlaştıracılar: Atomik absorpsiyon spektrometresinde atomlaştıracıların en önemli görevi örnekte bulunan molekül veya iyonlardan temel halde bulunan element atomlarını oluşturmaktır. Pratikte bir analizin başarılı olup olmaması atomlaşmanın etkinliği ile doğrudan ilişkilidir. Analizin duyarlılığı tamamen incelenen elementin atomlaşma derecesi ile orantılıdır. Genel olarak atomlaştıracılar alevli ve alevsiz olmak üzere ikiye ayrılır.

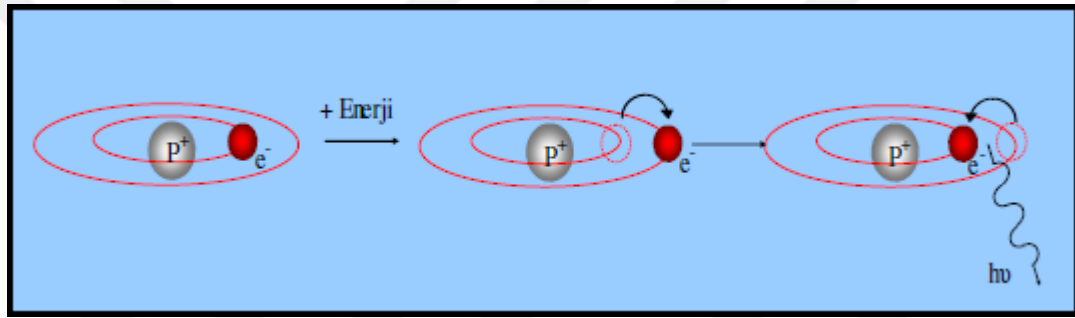
Alevli atomlaştıracılarda analiz edilecek elementin bulunduğu örnek, alevi oluşturan gaz karışımı ile sıvı halde karıştırılır. Dolayısıyla gaz karışımı içinde bulunan örnek sıvının sis halinde dağılması sağlanır. Meydana gelen karışım daha sonra alev başlığına ve yanma bölgesine (aleve) ulaştırılır. Atomlaşma burada alev içerisinde gerçekleştirilir. Bunun için kullanılan sistemlere yakıcı denir [38].

Monokromatör: Monokromatörün başlıca görevi incelenen elementin emisyon hattını ışık kaynağının yaydığı öteki hatlardan ayırmaktır. Başka bir deyişle analite ait olan ışığı diğ erlerinden ayırır. AAS’ de monokromatör olarak genel anlamda prizma veya şebeke kullanılır.

Alıcı: Alıcılar sinyallerin dönüştürölmesi ve algılanmasında kullanılan sistemlerdir. Atomik absorpsiyon spektroskopisinde başlıca ışık sinyalinin elektrik sinyaline dönüştürölmesinde foto çoğaltıcılar kullanılır. Foto çoğaltıcılar ışığa duyarlı bir katot, ardı arda daha pozitif bir potansiyel gösteren bir seri dinot ve arasında bir anottan oluşan bir vakum fotoseldir. Alınan sinyaller bir bilgisayar veya manüel bir ekrana getirilerek sonuçlar kaydedilir.

2.2.2. İndüktif eşleşmiş plazma – optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES)

İndüktif eşleşmiş plazma spektroskopisinin temel prensibi; yüksek derişimlerde kasyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun (Şekil 2.3.) ölçülmesidir. Plazma, içinde iyonlaşan atomların oluşturduğu iletken bir gazdır (Ar plazma Ar^+ ve e^- içerir). Plazma genellikle gaz olarak argonun kullanıldığı, bileşiklerin veya moleküllerin uyarılmış atom veya iyonlara dönüşmesini sağlayan yüksek enerjili bir gazdır. Plazma elektromanyetik olarak argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyo frekans (rf) jeneratörü ile uyarılmasıyla elde edilir.

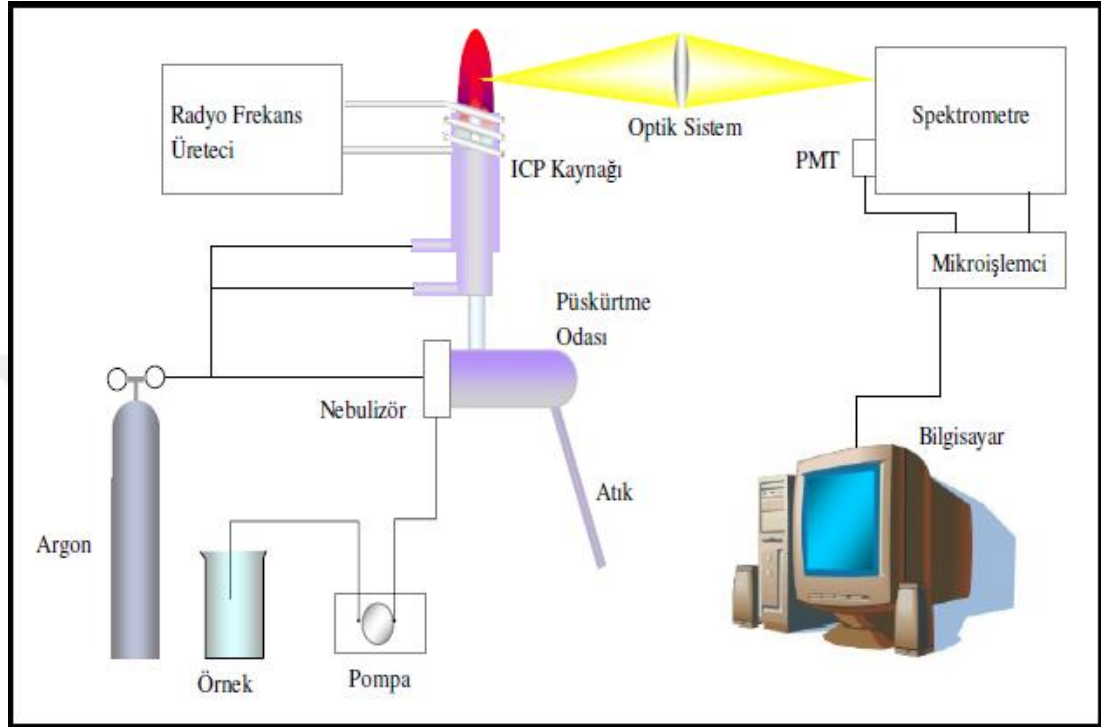


Şekil 2.3. Uyarılmış atom veya iyonun ışın yayması

Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması bir elektron kaynağı (Tesla boşalımı) ile sağlanır ve elektronlar indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak argon atomlarıyla çarpışır ve argon iyonları ile daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlarlar. 10000 K sıcaklık değerine ulaşılan hücrede, iç çeperlerin soğutulması için argon gaz akısı girdaplı olarak geçirilir. Bu akış ayrıca plazmanın merkezi ve sabit çalışmasını sağlar [39].

Yüksek sıcaklık ve numunenin uzun süreli muamelesi, numune çözücüsünün tamamen buharlaşmasını ve analitin tamamen serbest atomlara dönüşmesini sağlar ve serbest atomlar uyarılır. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur. Şekil 2.4' de ICP-OES cihazının şematik olarak çalışma prensibi gösterilmektedir. ICP' de kullanılan başlıca iki temel spektrometre vardır. Birincisi, monokromatördür ve sadece bir tane ikincil yarığa sahiptir, böylece belirli bir sürede sadece bir dalga boyu ölçümü yapılabilir. Monokromatör kullanıldığında birçok

element tayini ardışık olarak yapılır. İkinci spektrometre türü polikromatördür ve seçilen her bir analiz hattı için sabitlenen ikincil bir yarığa sahiptir. Eğer her bir yarığın kendine ait foto çoğaltıcı tüpü varsa, bir numunedeki elementlerin tamamı aynı anda tayin edilebilir [40].



Şekil 2.4. İndüktif eşleşmiş plazma emisyon spektroskopisi (icp-oes) cihazının çalışma prensibi

AAS, çeşitli elementlerin, değişik derişimlerde yer aldığı örneklerin analizinde, bir defada ancak bir elementin analizine olanak sağlaması ve dolayısı ile çok sayıda elementin analizinin uzun zaman alması, cıva, arsenik gibi bazı elementlerin özel teknikler gerektirmesi gibi dezavantajlara sahip olduğundan bu tip durumlarda ICP tekniklerinden yararlanır. Dalga boylarının belirlenmesiyle aynı anda 60 veya daha fazla element analiz edilebilir. ICP yönteminin dezavantajı ise yüksek bakım maliyeti ve cihaz enstrümanlarının pahalı olması nedeniyle rutin analizlerin yapılamamasıdır.

2.3. Ağır Metal Analizlerinde Kullanılan Ekstraksiyon Yöntemleri

Toprak ve sediment örneklerinde ağır metal analizleri için birçok ekstraksiyon yöntemi geliştirilmiştir. Özellikle toprak analizlerinde amaca bağlı olarak farklı türdeki elementler; “toplam”, “tüme yakın” ve “ekstrakte edilebilir” içerikleri

bakımından ele alınmaktadır. Toplam içerik belirleme çalışmalarında örnekte bulunan metaller tamamen çözülerek çözeltiye geçer. Tüme yakın toplam içeriklerinin belirlenmesinde kral suyu gibi kuvvetli asitlerle ekstrakte edilen metal içerikleri belirlenir. Tüme yakın toplamda silikatlara bağlı durumda bulunan metaller çözeltiye geçmez. Genelde her iki işlemde de güçlü asit veya asit karışımları kullanılarak çözündürme işlemi gerçekleştirilir. Ekstrakte edilebilir içeriklerin belirlenmesinde ise amaca bağlı olarak birçok ekstraksiyon yöntemi geliştirilmiştir [41].

Ağır metallerin toplam ve tüme yakın toplamlarının belirlenmesi ağır metal birikimi hakkında bilgi sağlar. Bununla birlikte toprakta bulunan toplam ağır metal içeriği bitki tarafından alınabilir ve hareketli miktarını göstermez. Dolayısıyla ağır metallerin bitkilerce alınabilir miktarlarının veya hareketli miktarlarının farklı ekstraksiyon yöntemleriyle ölçülmesi özellikle çevre kirliliği ve metallerin toksik etkilerini belirlemek için daha fazla önem taşımaktadır [42].

Geçtiğimiz yıllar boyunca topraktan ağır metal ekstrakte etmek için geliştirilen ve değiştirilen ekstraksiyon yöntemleri iki grup altında değerlendirilmektedir. Bunlar; tek basamaklı ekstraksiyon yöntemleri ve ardışık ekstraksiyon yöntemleridir [43,45].

2.3.1. Tek basamaklı ekstraksiyon yöntemleri

Tek basamaklı ekstraksiyon yöntemlerinde bir ekstrakt maddesi bir örneğe uygulanarak gerçekleştirilir. Böylece ekstrakte edilen çözeltideki elementlerin tayin edilmesiyle spesifik toprak fazına bağlı olan metallerin miktarları belirlenir. Ancak ekstrakt maddeleri diğer toprak fraksiyonlarına bağlı çok az miktardaki metalleri de ekstrakte edebilir [43,46]. Toprak biliminde tek basamaklı ekstraksiyon yöntemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemler daha çok analizi yapılan elementin topraktan ekstrakte edilen miktarı ile bitki tarafından alınan miktarı arasındaki ilişki için tasarlanmıştır. Bu yaklaşım, makro ve mikro bitki besin elementlerinin tarımsal açıdan eksikliği ve fazlalığını belirlenmesinde, genel gübreleme ve bitki yetiştirme çalışmalarında, ürün verim ve kalitesi çalışmalarında ve topraklarda

element durumu belirleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Ancak bunlar çok az bir derecede ağır metaller gibi kirletici element olarak kabul edilen element çalışmaları için kullanılmaktadır [43].

Tek basamaklı ekstraksiyon yöntemleri genel anlamda; asit çözeltileri, tamponlanmış tuz çözeltileri, nötr tuz çözeltileri ve şelat çözeltiler olmak üzere dört grup altında incelenirler [43,47].

2.3.2. Ardışık ekstraksiyon yöntemleri

Ardışık ekstraksiyon yöntemlerinde birçok farklı çözücü aynı örnek üzerine ardışık olarak uygulanarak her basamakta ayrı çözeltiler elde edilir. Ağır metaller toprak ve sedimentlerde farklı kimyasal form veya şekilde bağlanmış olabilir. Bu anlamda toprakta ağır metaller genelde organik veya inorganik formlarda, organik madde ve mineral yüzeylerde adsorbe edilirler [48]. Kirletilmemiş toprak ve sedimentlerde ağır metaller çoğunlukla silikat ve birincil minerallere bağlı şekliyle hareketsiz halde bulunur. Kirletilmiş toprak ve sedimentlerde ise ağır metaller genellikle daha hareketli ve diğer toprak fazlarına bağlı şekillerde bulunurlar [43]. Dolayısıyla ardışık ekstraksiyonlar toprak ve sedimentlerde farklı fraksiyonlarda bağlanmış olarak tanımlanan ağır metallerin seçici ekstraksiyonları için tasarlanmıştır [49].

Çevresel etki değerlendirmelerinde toplam element konsantrasyon kullanımının artık optimum bir yaklaşımı temsil etmediği kabul edilmektedir. Bundan dolayı ardışık ekstraksiyon yöntemlerinin kullanımı günümüzde artmaktadır. Ardışık ekstraksiyonlar ile ağır metallerin bağlanma şekillerinin tanımlanması; jeokimyasal süreçlerin anlaşılmasına ve biyo-yararlılığın belirlenmesine yardımcı olur. Ayrıca bu yöntemler ağır metallerin muhtemel kaynaklarının ayrımlı yorumlanmasına ve ağır metallerin potansiyel hareketliği hakkında bilgi sağlar [50].

Birçok ardışık ekstraksiyon yöntemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların fraksiyonlara göre veya başka bir deyişle elementlerin bağlanma şekline göre ayırt etmeyi temel almaktadır. Bununla birlikte ardışık ekstraksiyon yöntemlerine asıl

temel oluşturan teori metallerin hareketlilik durumudur. Bu durumda ilk fraksiyonda ekstrakte edilen metal miktarı en hareketli kısmı oluştururken bu hareketlilik sırayla azalan bir tutum sergileyerek devam eder. Bütün ardışık ekstraksiyon yöntemleri hedeflenen fraksiyonları elde etmeye olanak sağlamaktadır [45].

Yaygın bir şekilde kullanılan ve geliştirilen en belirli ardışık ekstraksiyon yöntemi Tessier ve ark. (1979) tarafından 30 yıl önce önerilen ardışık ekstraksiyon yöntemidir.

Burada elementler beş ayrı basamakta tanımlı jeokimyasal fraksiyonları içermektedir. Bu jeokimyasal fraksiyonlar sırasıyla; değişebilir, karbonatlara bağlı (asitte çözünür), demir ve mangan oksitlere bağlı (indirgenebilir), organik maddeye bağlı (oksitlenebilir) ve artakalan (mineral yapıya bağlı) fraksiyonlarıdır [51]. Genel anlamda antropojenik etkilerle gelen metallerin ilk dört fraksiyon basamağında bağlanma eğilimi sergilemekte ve kalıntı fraksiyonu içinde bulunan elementler ise ana materyalden doğal olarak ortaya çıkmaktadır [52]. Günümüzde bu farklı bağlanma durumlarının tayin edilmesinde sıralı ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle analiz edilen toprak ve sedimentler hakkında; içerdikleri ağır metallerin toplam konsantrasyonları, hareketliliği ve toksikliği hakkında bilgi alınabilmektedir. Ardışık ekstraksiyon yöntemlerinden daha çok öne çıkan ve başvurulan yöntemler; Tessier yöntemi [53], BCR (Community Bureau of Reference) yöntemi [43], Maiz kısa ekstraksiyon yöntemi [54] ve GCS (Geological Society of Canada) yöntemidir [55].

Farklı ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile belirlenen sonuçların sağlıklı bir şekilde karşılaştırılması amacı ile Avrupa Birliği Referans Madde Komisyonu (BCR- the European Community Bureau of Reference) tarafından hazırlanan standart bir ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılmaya başlandı [56,59]. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi olarak isimlendirilen bu yöntem ve bu yöntemle yapılan çalışmalar aşağıda ayrı alt başlıklar altında verilmiştir.

2.4. BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi

Tessier ve ark. (1979) tarafından geliştirilen ardışık ekstraksiyon yöntemine oldukça benzeyen BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ilk fraksiyon basamağında farklılık göstermektedir. Tessier yönteminde ilk iki basamakta ayrı ayrı ekstrakte edilen değişebilir ve karbonatlara bağlı fraksiyonlar BCR ardışık ekstraksiyon yönteminde tek adımda ekstrakte edilmektedir. Yeni adı SM&T (the Standarts Measurements and Testing Progrme) olan BCR yönteminde ağır metal fraksiyonları sırasıyla; değişebilir ve karbonatlara bağlı, indirgenebilir (Fe-Mn oksitlere bağlı), yükseltgenabilir (organik madde ve sülfürlere bağlı) olarak üç basamakta değerlendirilmektedir. Dördüncü basamak olarak ekstrakte edilmeyen kalıntı kısmın kuvvetli asit karışımlarında çözünebilir minerallere bağlı metalleri içermektedir. BCR ve diğer birçok ekstraksiyon yönteminde adı geçen değişebilir, karbonatlara bağlı, indirgenebilir, oksitlenebilir ve kalıntı fraksiyonları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Değişebilir fraksiyon: Değişebilir fraksiyonda genellikle zayıf bir tutunma işlemi içerisinde olan metal türleri yer alır. Özellikle toprak yüzeyi tarafından nispeten zayıf bir elektrostatik etkileşim ile tutulan metaller bu adımda uygulanan iyon-değiştirme mekanizması ile ekstrakte edilebilmektedir. Bu amaç için kullanılan reaktifler pH' sı 7 olan kuvvetli veya zayıf asit ve bazların tuzları gibi sulu çözelti içindeki elektrolitlerdir [43]. Bu reaktiflerden en fazla kullanılanı 1 M $MgCl_2$ çözeltisidir. $MgCl_2$, Mg^{+} 'nin güçlü iyon değiştirici ve Cl^{-} 'un zayıf kompleksleştirici özelliklerinin iyi bir bileşimidir. Ayrıca Tessier ve ark. (1979) bildirdikleri gibi bu reaktif ortamda bulunan organik madde, silikat yapıları veya metal sülfürlerle aktif bir reaksiyon sergilemez.

Karbonatlara bağlı fraksiyon: Asitte çözünen kısım olarak da bilinen karbonatlara bağlı fraksiyon olarak tanımlanan bu fraksiyon pH' da meydana gelen değişimlere duyarlıdır. Bu fraksiyonda, 5'e yaklaşan pH değerlerde katı maddelerin bir kısmının çözünmesi sonucu metallerin serbest bırakılması ile elde edilir. Bu amaçla kullanılan reaktiflerin başında asetik asit (CH_3COOH) ile tamponlanmış sodyum asetat ($NaOAc$) çözeltisi gelmektedir. Bu fraksiyon karbonatlarla birlikte çökelen

metallerin elde edilmesi olarak düşünülebilir. Ancak aynı zamanda Fe-Mn oksitler, organik madde ve kil yüzeyleri tarafından spesifik olarak tutulan bir miktar metali de çözebilir. Kullanılan reaktifler kalsiyum karbonatların çözünmesi için çok iyi adapte olmuşsa da dolomitin tamamını çözememektedir. Karbonatlara bağlı fraksiyonun çözünme randımanı analizi yapılan örneklerle ilgili çeşitli parametrelere bağlıdır. Bu parametreler, tane boyutu, örnek miktarı ile karbonatın doğal yapısı ve başlangıç içeriğidir [51].

İndirgenebilir fraksiyon: Fe-Mn oksitlere bağlı fraksiyon olan indirgenebilir fraksiyonda bulunan metaller Fe ve Mn oksitler tarafından çok güçlü bir şekilde tutulurlar. Metallerin tutulması başlangıçta değişebilir formda iken zamanla daha az hareketli ve özellikle sıkı bağlanmış formlara dönüşürler [44]. Bazı veya bütün metaloksit fazlarının çözünmesi ve ekstrakte edilmesi reaktiflerin redoks ve pH değerlerine bağlıdır [51]. İndirgenebilir fraksiyonda bulunan metallerin ekstraksiyonu için en fazla kullanılan reaktif asitlendirilmiş 0.5 M hidroksilamin hidroklorür (pH: 1,5) çözeltisidir. Bu reaktif için sağlanan konsantrasyon ve pH değeri mangan ve demir oksitler ile etkili bir şekilde reaksiyona girmesini sağlamaktadır [60].

Oksitlenebilir fraksiyon: Organik madde ve sülfürlere bağlı kısım olan oksitlenebilir fraksiyonda metaller; canlı organizmalar, canlı atığı ve organik parçacıklar üzerinde organik kaplamalar şeklinde bir çok formda bulunabilir. Organik maddeler çift değerlikli iyonları tek değerlikli iyonlara göre yüksek dereceli bir seçicilik ile tutar [61]. Oksitleyici koşullar altında organik maddeler bozunuma uğrayabilir ve bu organik maddece tutulan metallerin serbest kalmasına neden olur. Oksitleyici koşulların sağlanması için en fazla kullanılan reaktif hidrojen peroksittir (H_2O_2). Oksitleyici şartlar altında serbest hale gelen metaller nitrik asit içinde NH_4OAc gibi yumuşak bir kompleksleştirici ile ekstrakte edilir [51].

Artakalan (kalıntı) fraksiyon: Kalıntı kısımda bulunan metaller, birincil ve ikincil minerallerin kristal kafesi içerisinde bulunan kısmını oluşturmaktadır. Güçlü bir asit veya bir asit karışımı uygulandığında, mineral yapıda bulunan metaller hareketli faza

geçebilir. Bu işlem için HNO_3 veya HCl gibi asitler kullanıldığı gibi kral suyu gibi (HNO_3+HCl) gibi asit karışımları da kullanılmaktadır. Bu basamak için en fazla kullanılan reaktiflerden biri olan kral suyu (Aqua regia) gerek açık gerekse kapalı çözündürme sitemlerinde kullanılmaktadır. Ancak bu asit karışımı silikat yapıyı çözemez, çevresel şartların değişimi ile potansiyel hareketli metallerin maksimum miktarını tahmin etmemizi sağlamaktadır [44,51].

BCR ardışık ekstraksiyon yönteminde değişebilir ve karbonatlara bağlı fraksiyonlar tek bir basamakta ekstrakte edilmektedir. Reaktif olarak sadece değişebilir fraksiyon için kullanılan MgCl_2 ve karbonatlara bağlı fraksiyon için kullanılan tamponlanmış NaOAc yerine her iki fraksiyonu tek bir adımda ekstrakte etmek için 0,11 M CH_3COOH çözeltisi kullanılmaktadır.

2.5. Sapanca Havzası İle İlgili Genel Bilgiler

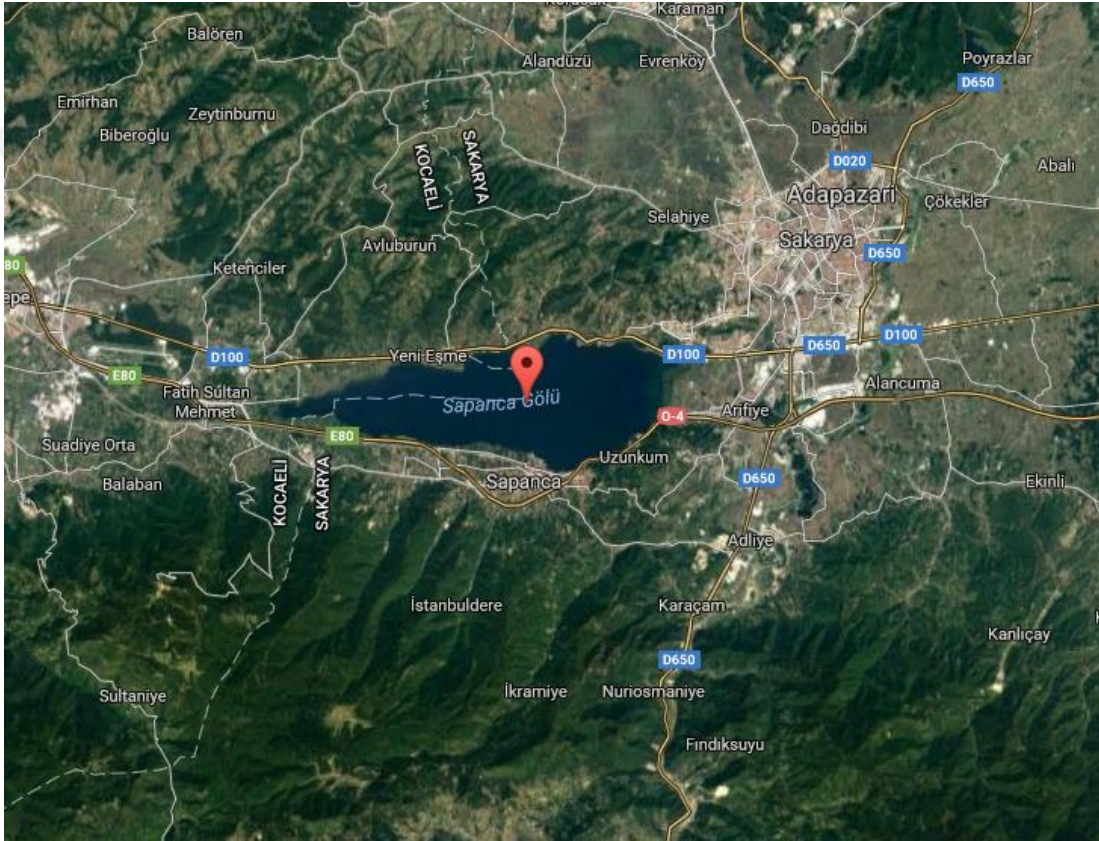
2.5.1. Bölgenin coğrafik ve jeolojik yapısı

2.5.1.1. Coğrafik yapısı

Sapanca gölü, Sakarya ili ve Kocaeli illerinin çevrelediği, deniz seviyesinden 30 m yükseklikteki, tektonik bir çukurda bulunan bir tatlı su gölüdür. İzmit gölüne paralel olarak uzanır ve İzmit Körfezi'nin devamı olarak Adapazarı Ovasına kadar ulaşır. Marmara Bölgesi içerisinde yer alan Sapanca Gölü, bölgenin en önemli tatlı su kaynaklarından birini oluşturmaktadır [62,63].

Bu bölgede yer alan diğer önemli göller İzmit, Apolyont ve Manyas Gölleridir. Gölün çevresi 39 km uzunluğunda olup, bunun 26 km'lik kısmı Sakarya, 13 km'lik kısmı da Kocaeli sınırları içerisinde yer almaktadır. Sapanca Gölünün havza alanı 252 km^2 'dir. Bu alanın yaklaşık 46 km^2 'si göl, 150 km^2 'si orman geriye kalan kısım ise tarım ve yerleşim alanıdır. Gölün uzun eksenı doğu-batı, kısa eksenı güney-kuzey doğrultusundadır. Uzunluğu 16 km, maksimum genişliği ise 6 km' dir. Doğu ucu Sakarya Nehri' ne 5 km uzaklıktadır. Batı ucu ise İzmit Körfezi' ne 20 km uzaklıktadır. Gölün ortalama derinliği 31-33 m olmakla beraber maksimum derinliği

61 m' dir. Gölün güney ve batı kesiminde genişliği değişen, çok geçirimli ve iyi akifer özellikte alüvyal çökeltiiler vardır. Gölün doğu kısmında sık sık bataklıklar görülür. Gölün su toplama havzası içinde Sakarya ili sınırlarında Arifiye, Sapanca, Mahmudiye, Memnuniye, Esentepe, Aşağıdere, Serdivan, Adapazarı, Kırkpınar Belediyeleri ve Yanıkköy, Kurtköy, Uzunkum, Yukarıdere ve diğer köy yerleşimleri; Kocaeli'nde Maşukiye, Eşme, Derbent, Acısu ve diğer köy yerleşimleri yer alır. Sapanca gölünün Türkiye coğrafyasındaki yeri Şekil 2.6 ' da gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Sapanca gölünün Türkiye coğrafyasındaki yeri

Gölü besleyen kaynaklar, akarsular ve yeraltı sularıdır. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler şunlardır. Çark, Keçi, İstanbul, Mahmudiye, Maşukiye, Balıkhane, Eşme, Maden, Kurtköy, Aşağıdereköy, Sarp, Yanık v.b.'dir. Bunların büyük çoğunluğu kısa ve düşük akımlıdır. Kurak mevsimlerde ise kurumaktadırlar. Güneyden göle gelen dereler ise dik yataklı olup ani taşkınlara neden olur ve göle beraberinde büyük miktarda irili ufaklı kaya ve çakıllardan oluşan sediment getirirler. Çark suyu gölün tek çıkış yeri olup Sakarya Nehri'ne boşalmaktadır. Sapanca gölünden çekilen su Adapazarı içme suyu ve fabrikaların su ihtiyacıdır. Sapanca Gölü kabaca elips

şeklinde. İki dağ arasında uzanan gölün kuzey kıyıları daha düzgündür. Ovanın eğimi, genellikle güneyden kuzeye doğru uzanır. Güneyinde Kayınlı Dağları bulunmaktadır. Sapanca Gölü güney yamaçlarında kıyıya yakın kesimde bulunan orman alanı büyük ölçüde tahrip olmuş, yerini maki benzeri topluluklara bırakmıştır. Bugünkü mevcut duruma göre Sapanca Gölü çevresinde orman özelliğini taşıyan çok az miktarda alanlar kalmıştır.

2.5.1.2. Jeolojik yapısı

Sapanca Gölü havzası paleozoik dönemden itibaren kıvrılma ve faylanmalarla oluşmuştur. Havza Kuzey Anadolu fayının üzerinde bulunmaktadır. Faylı alanlar Sapanca Gölünün kuzeyi ile Maksudiye' nin kuzeyinde yer almaktadır. Yapılan araştırmalar gölün hem kuzey, hem de güneyinden geçen iki fay hattının bulunduğunu ortaya koymuştur. Pleyistosen döneminde Sakarya nehrinin yatağı değişmiş ve bu kuşakta Sapanca Gölü ortaya çıkmıştır. Göl doğuda Sakarya vadisinden ve batıda İzmit Körfezinden kuvaterner çökellerinin oluşturduğu eşikle ayrılmıştır. Sapanca Gölü' nün kuzeyinde, Serdivan güneyindeki tepeler, üst kretase paleosen karma oluşumlardan, batıya doğru ise eosen fiş tabakalardan oluşmuştur. Güney kıyılarda alüvyon tabakalar daha geniş bir bant teşkil eder. Güneydeki kesim kuzeye göre daha yüksektir. Güney kısmında topografik eğimler gittikçe artarak yükselir. Güneydeki tepeler metamorfik seri ayrılmamış ve mermer, kristalize kalker ile dolomitten oluşmuştur. Doğu tarafında karasal piliosen oluşumlar yer almaktadır.

Sakarya ve diğer akarsular taşıdıkları alüvyon maddeleri Adapazarı çukurluğuna depolamış ve böylece Adapazarı çukurluğu olarak Sapanca Gölünden ayrılmıştır. Bataklık durumundaki Adapazarı Ovası zamanla kuruyarak bugünkü durumuna gelmiştir [62,64].

2.5.2. Bölgenin iklimi

Sapanca Havzası, iklim açısından Doğu Marmara ve Batı Karadeniz bölgelerinin özelliklerini gösterir. Ortalama yıllık yağış 782,5 mm olup, yağış dağılımı

homojendir. Ortalama yağış değerleri, genel olarak Temmuz-Ağustos aylarında en düşük (45 mm), Aralık-Ocak aylarında ise en yüksek değerlere (113 mm) ulaşmaktadır. Dolayısıyla gölün kirlenme yönünden en kritik ayları Temmuz-Ağustos ayları olmaktadır. Ortalama yıllık sıcaklık ise 13,5 °C' dir. En soğuk ay Ocak, en sıcak aylar Temmuz Ağustos'tur. Yıllık bağıl nem ortalaması %72,5 ve ortalama buharlaşma 625 mm'dir. Yaz aylarında egemen rüzgâr kuzey ve kuzeydoğudur. Kış aylarında ise güney ve kuzey-batıdan esen rüzgârlar etkindir. Sapanca Gölü havzasının doğu-batı doğrultusu açık olmasına karşılık, rüzgârlar bu yönden etkin olmadığından havzada hava kirliliği önem kazanmaktadır [65,66].

2.5.3. Bölgenin ekonomik durumu

Sapanca Gölü tarıma, sanayiye, kentsel yapılaşmaya çok uygun bir ortamda bulunmaktadır. Gölün güney ve güney batısında meyvecilik, sebze ve tahıl üretimi önemli boyutlardadır. Ürünü hastalık ve zararlılara karşı korumak, verimliliği artırmak amacıyla yörede pestisit ve kimyasal gübre kullanımı yaygındır. Göl çevresinde, sebzelerden özellikle ıspanak ve marul bol miktarda yetiştirilmektedir [67].

Sakarya ilinde yetiştirilen başlıca tarla ürünleri şeker pancarı, mısır, buğday, patates, soğan ve ayçiçeği, en önemli bağ ve bahçe ürünleri ise üzüm, elma, armut, fındık, domates, dolmalık biber, kavun, karpuz ve lahanadır. Koyun yetiştiriciliğinin yanı sıra, sığır besiciliği, tavukçuluk ve ipek böcekçiliği de yapılır. Tarıma dayalı başlıca sanayi kuruluşları şeker, un, unlu ürünler, patates işleme, süt ve süt ürünleri, bitkisel yağ, yem, kemik unu, tarım alet ve makinaları, traktör ve trayler fabrikalarıdır. Ayrıca DDY' ye bağlı Türkiye Vagon Sanayi A.Ş. ildeki en büyük sanayi kuruluşlarından biridir. Yer altı kaynakları açısından zengin olmayan il topraklarında demir ve mermer yatakları vardır. Sapanca yöresinde talk içeren cevher yatakları mevcuttur. Ayrıca göl turistik amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Göl çevresinde turistik tesisler bulunmaktadır.

2.5.4. Sapanca gölünde kirletici unsurlar

2.5.4.1. Yerleşim yerleri

Sapanca gölü havzasında; Mutlak, Kısa, Orta ve Uzun mesafeli koruma alanlarında ki konutların kanalizasyon sistemlerinin olmamasından dolayı gölü az veya çok kirletmektedirler.

2.5.4.2. Sanayi kuruluşları ve işletmeler

Göl çevresinde bulunan sanayi tesisleri her ne kadar atıklarını kontrol altında tutmaya çalışsalar da gölü kirlettikleri, bu tesislere yakın yerlerde yapılan su analizlerinde açıkça görülmektedir.

2.5.4.3. Ulaşım

Göl, kuzeyde E-5 Karayolu ile Güneyde TEM otoyolu ve Demiryolu ile çevrelenmiş durumdadır. Yollarda lastik aşınmalarının ve ekzost gazlarının vermiş olduğu kirlilik, yağmurlardan sonra TEM' in tahliye kanallarından gelen sularda açıkça görülmektedir.

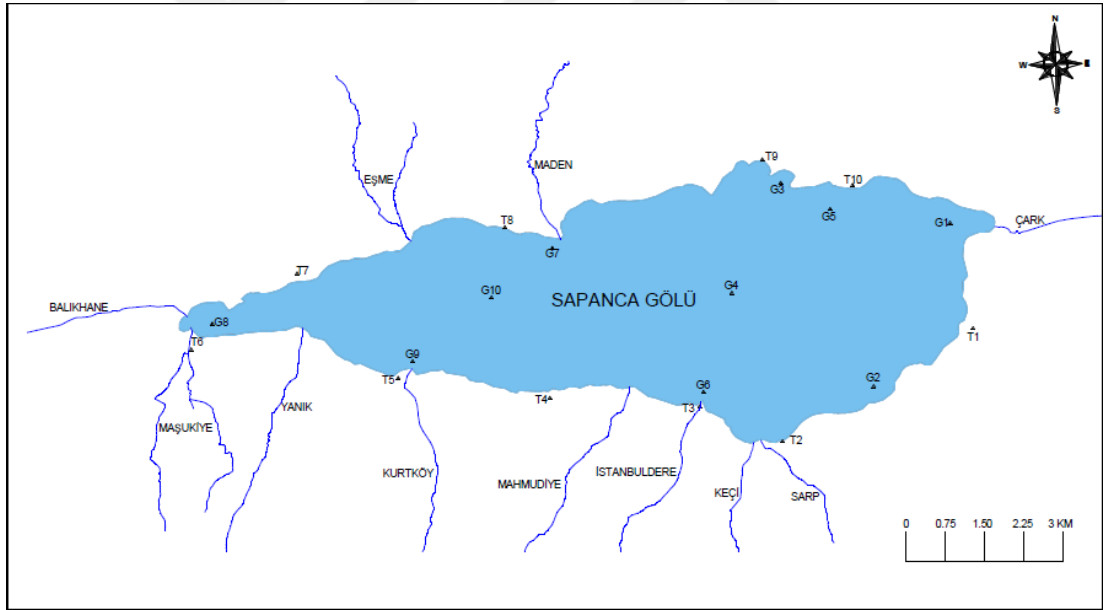
2.5.4.4. Dereler

Havzada yer alan; Çark, Keçi, İstanbul, Mahmudiye, Maşukiye, Balıkhane, Eşme, Maden, Kurtköy, Aşağıdereköy, Sarp, Yanık derelerinden, yatakları dik olanlarının zemin malzemelerini göle taşımasıyla, göl kirlenmekte ve göl bu zemin malzemeleriyle dolmaktadır [62,63].

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Sapanca Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Sapanca gölünün belirlenen 10 noktasından 50 adet sediment örneği alınmıştır (Şekil 3.1.). Diğer yandan göl çevresinden farklı fizikokimyasal özelliklere sahip toplam 10 noktadan 0-40 cm derinliğinden 50 toprak örnekleri alınmıştır. Bu kapsamda alınan sediment ve toprak örnekleri çalışmanın temel materyalini oluşturmuştur (Şekil 3.2.- Şekil 3.3.).



Şekil 3.1. Sapanca gölü havzasından alınan toprak ve sediment istasyon noktaları



Şekil 3.2. 105 °C de kurutulan sediment örnekleri



Şekil 3.3. Sapanca gölü havzasından 40 cm derinliğinden alınan toprak örnekleri

3.1.1. Kullanılan kimyasal maddeler

Çalışma kapsamında bulunan bütün örneklerin fizikokimyasal analizlerinin yapılmasında, bütün ekstraksiyon yöntemlerinin uygulanmasında ve analizlerde kullanılan bütün araç ve gereçlerin temizlenmesinde kullanılan kimyasal maddeler;

Derişik nitrik asit (HNO_3), derişik hidroklorik asit (HCl), derişik sülfürik asit (H_2SO_4), derişik asetik asit (CH_3COOH), derişik hidrojen peroksit (H_2O_2), amonyum asetat ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$), hidroksilamin hidroklorür ($\text{HONH}_2.\text{HCl}$) kullanılmıştır.

ICP ile metal analizlerinde; ICP multi-element standardı (100 mg.L^{-1}), Ni, Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, Al, Fe, As, Co ve Ba element standartları (SCP Science, AA Standart) kullanılmıştır.

Ardışık ekstraksiyon yönteminde standart referans madde olarak BCR-701 kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Örneklerin alınması

TS EN ISO 5667-15:2010 standardına uygun olarak Sapanca gölü sedimentinden sediment kepçesiyle, göl çevresindeki topraktan ise ayrılabilen toprak tüp örnekleyicisiyle numune alınmıştır (Şekil 3.4.-Şekil 3.5.). Toprak ve sediment örnekleri alınırken metal olmayan aletler kullanılmıştır. Toprak örnekleri plastik torbalara aktarılmış, sediment örnekleri ise kapaklı numune kapları ile alınmış ve laboratuvara güvenli bir şekilde getirilmiştir.



Şekil 3.4. Çalışma alanından toprak örneklerinin alımı



Şekil 3.5. Çalışma alanından sediment örneklerinin alımı

3.2.2. Örneklerin hazırlanması

Numune alma periyotlarında her alınan sediment ve toprak numuneleri 105°C’de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulup, porselen havanda öğütüldükten sonra 230 mesh’ lik elek ile elenmiştir. Numuneler elendikten sonra ağır metal tayini için çözündürme işleminde klasik ardışık ekstraksiyon (BCR) yöntemi kullanılmıştır. Toprak ve sediment numuneleri 10 mm lik elekten geçirilerek fiziksel ve kimyasal analizler için hazırlanmıştır (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Deneyler için örneklerin hazırlanması

3.2.3. Toprak ve sediment örneklerine ait fiziko-kimyasal özellikler

Analizlerde kullanılan cam ve laboratuvar malzemeleri önce deterjanla yıkanmış ve durulanmış daha sonrasında %10 luk HNO_3 çözeltisinde bir gece boyunca bekletilmiştir. Asit çözeltisinden çıkartılan malzeme önce deiyonize sudan geçirilmiş daha sonra 105°C ayarlı etüvde kurutulduktan sonra kullanılmıştır.

Analize hazır hale getirilen numuneler organik madde, organik karbon, iletkenlik, pH, oksidasyon-reduksiyon potansiyeli (ORP), tuzluluk parametreleri bakımından değerlendirilmiştir. Parametre değerleri belirlenirken standart metot yöntemleri kullanılmıştır.

3.2.3.1. Toprak reaksiyonu (pH) tayini

Toprak reaksiyonu (pH) 1:5 (toprak:su oranı) süspansiyonunda YSI Professional Plus Multiparametre ile ölçülmüştür. 5 gram toprak örneği tartılmış, üzerine 25 mL saf su eklenerek 1 saat shaker da 180 rpm hızında karıştırılmıştır. Ölçümler süspansiyonun üst kısmında berraklaşan sıvı kısımda yapılmıştır. Sediment örneklerinde de aynı şekilde pH düzeyleri belirlenmiştir.

3.2.3.2. Organik madde ve organik karbon içeriğinin belirlenmesi

Organik madde, kısmen çürümüş, kısmen de sadece parçalanmış bitki ve hayvan artıkları birikiminden ibarettir. Bu madde toprak mikroorganizmaları tarafından sürekli olarak parçalanmakta ve çürümeye devam etmektedir. Bu nedenle toprakta kalıcı bir madde değildir. Organik karbon tayini Walkley-Black metoduyla bulunabileceği gibi sitokiyometrik oranla da hesaplanabilmektedir. Standart bir toprakta organik madde miktarının yaklaşık % 50 – 60 'ı organik karbondur. İncelenen toprak örnekleri organik madde bakımından zengin olduğundan aynı şekilde organik karbon bakımından da zengindir. Organik madde tayininin yapım aşamaları Şekil 3.7. de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Organik madde tayini

3.2.3.3. Elektriksel iletkenlik tayini

Toplam tuz (elektriksel iletkenlik) 1:5 (toprak:su oranı) süspansiyonunda YSI Professional Plus Multiparametre ile ölçülmüştür. 5 gram toprak örneği tartılmış, üzerine 25 mL saf su eklenerek 1 saat shaker da 180 rpm hızında karıştırılmıştır. Ölçümler süspansiyonun üst kısmında berraklaşan sıvı kısımda yapılmıştır. Sediment örneklerinde de aynı şekilde iletkenlik belirlenmiştir.

3.2.3.4. Oksidasyon-reduksiyon potansiyeli (ORP)

Oksidasyon-reduksiyon potansiyeli (ORP) 1:5 (toprak:su oranı) süspansiyonunda YSI Professional Plus Multiparametre ile ölçülmüştür. 5 gram toprak örneği tartılmış, üzerine 25 mL saf su eklenerek 1 saat shaker da 180 rpm hızında karıştırılmıştır. Ölçümler süspansiyonun üst kısmında berraklaşan sıvı kısımda yapılmıştır. Sediment örneklerinde de aynı şekilde iletkenlik belirlenmiştir.

3.2.4. Ardışık ekstraksiyon (BCR)

Temeli Tessier ve ark. (1979)'nın oluşturduğu ve şimdiki adı Avrupa Standart, Ölçüm ve Test Programı Komisyonu (the Standards, Measurements and Testing Programme of the European Commission) olan komisyon tarafından geliştirilen dört basamaklı ardışık ekstraksiyon yöntemi (bilinen adıyla; BCR - the European Community Bureau of Reference) uygulanmıştır [57].

Her bir basamakta uygulanan işlemler aşağıdaki gibi yapılmıştır. Ayrıca yapılan işlemler Tablo 3.3 'te özetlenmiş ve bazı laboratuvar çalışmaları Şekil 3.8' de verilmiştir.

Basamak 1 (F1) / değişebilir fraksiyon (su ve asitte çözünebilir, karbonatlara bağlı): Tüm örnekler 105 °C ayarlı etüvde sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra bu toprak ve sediment örneklerinden 1,00 gram tartılmış ve 50 mL taksimli santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Toprak numunesi üzerine, hazırlanmış olan 0,11 M CH_3COOH çözeltisinden 40 mL eklenmiş ve tüpün vidalı kapağı sıkıca kapatılmıştır. Çalkalama işlemi için hazır hale getirilen örnekler laboratuvar sıcaklığında otomatik çalkalayıcı ile 200 rpm'de 16 saat çalkalanmıştır. Çalkalama işleminden hemen sonra örneklerde katı fazı sıvı fazdan ayırmak için 3000 rpm'de 20 dakikaya ayarlı santrifüj cihazı kullanılmıştır. 20 dakika santrifüjlenen örneklerin kapakları açılmış ve örnekler sarsmadan mavi bant filtre kağıdı ile 50 mL kapasiteli, kapaklı polietilen saklama kaplarına süzölmüştür. Elde edilen temiz ekstrakt analiz işlemine kadar buzdolabında soğukta muhafaza edilmiştir. Bir sonraki basamağa geçmeden önce yıkama işlemi için santrifüj tüpünde kalan katı faz üzerine 20 mL deiyonize su eklenerek aynı şekilde 15 dakika çalkalanmış ve 20 dakika santrifüjlenerek sıvı kısım atılmıştır.

Basamak 2 (F2) / indirgenebilir fraksiyon (Fe-Mn oksitlere bağlı): Birinci basamaktan elde edilen santrifüj tüplerindeki katı kısmın üzerine 40 mL 0,5 M $\text{HONH}_2\cdot\text{HCl}$ çözeltisinden eklenmiştir. Birinci basamakta olduğu gibi 16 saat çalkalanmış ve 20 dakika santrifüjlenmiştir. Santrifüjden sonra sıvı faz yine mavi bant filtre kâğıdı ile saklama kaplarına alınmış ve analiz edileceği güne kadar

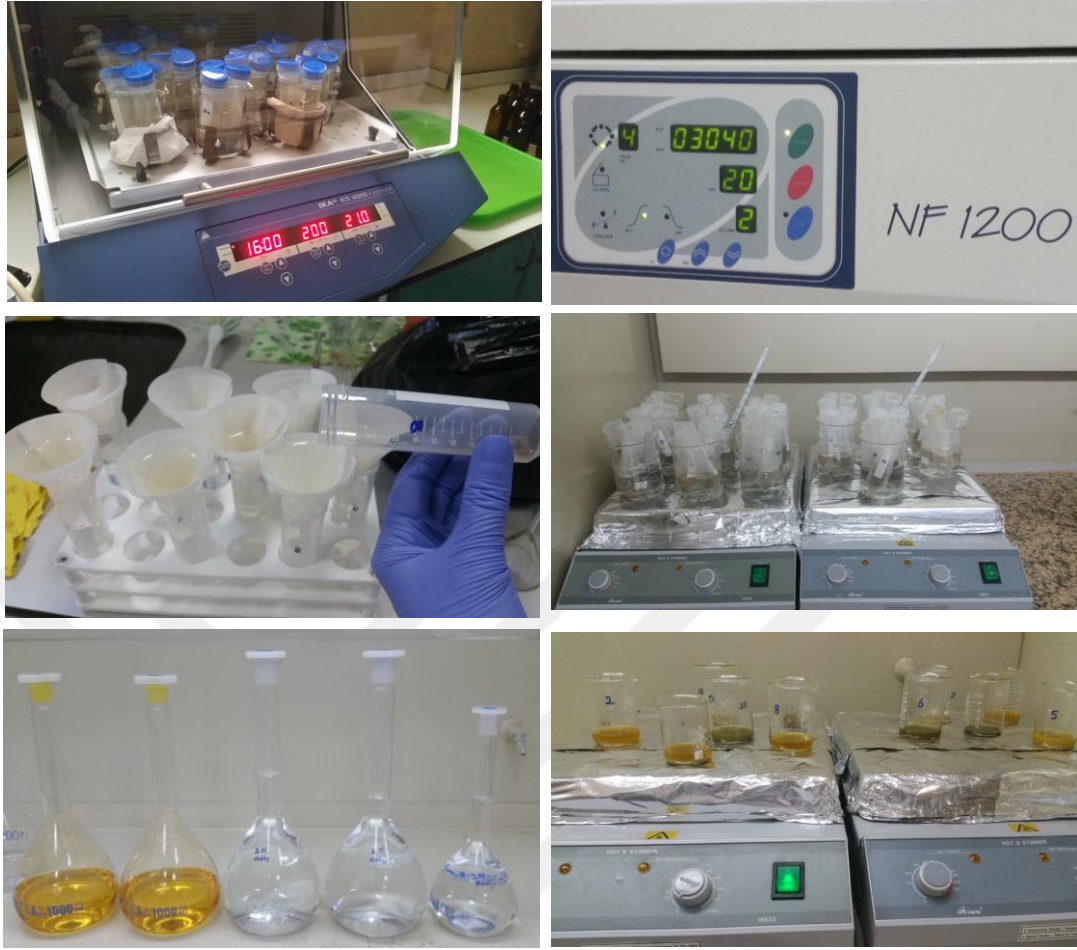
soğukta muhafaza edilmiştir. Bir sonraki basamağa geçmeden önce birinci basamağın sonunda yapılan yıkama işlemi bu basamak için de yapılmıştır.

Basamak 3 (F3) / oksitlenebilir fraksiyon (organik madde ve sülfütlere bağlı): İkinci basamaktan elde edilen santrifüj tüplerindeki katı faz üzerine 10 mL 8,8 M H_2O_2 çözeltisi eklenmiş, laboratuvar sıcaklığında 1 saat boyunca 200 rpm' de çalkalanmıştır. Daha sonra 85 $^{\circ}C$ 'de yaklaşık 1-1,5 saat süre ile numunedeki sıvı kısım kuruluğa yakın bir şekilde uçurulmuştur. Toprak numunesinin üzerini ancak ince bir tabaka kalana kadar uçurulan örnekler soğumaya bırakılmıştır. Örnekler soğuduktan sonra yine 8,8 M H_2O_2 çözeltisinden 10 mL eklenerek işlem tekrarlanmıştır. Örnekler soğuduktan sonra üzerine 50 mL 1,0 M CH_3COONH_4 çözeltisinden eklenmiştir. Eklenen 50 mL çözelti örnek hacmiyle birlikte 50 mL' yi aşan bir hacme vardığı için doluluğa yakın olan santrifüj tüpleriyle çalışırken oldukça dikkatli olunmuştur. Önceki basamaklarda olduğu gibi 16 saat çalkalanmış ve 20 dakika santrifüjlenmiştir. Santrifüjden sonra sıvı faz yine mavi bant filtre kağıdı ile saklama kaplarına alınmış ve analiz edileceği güne kadar soğukta muhafaza edilmiştir. Son basamağa geçmeden önce diğer basamakların sonunda yapılan yıkama işlemi bu basamak için de yapılmıştır.

Basamak 4 (R veya F4) / kalıntı fraksiyon (mineral yapıya bağlı): Bütün basamakların (F1, F2, F3) yani ardışık ekstraksiyonda kalan numunenin tüme yakın metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacı ile numune kral suyu (*Aqua regia*) kullanılarak çözünürleştirilmiştir. Üçüncü basamaktan sonra santrifüj tüplerinde kalan katı faz 100 mL kapasiteli beherlere aktarılmış, 15 mL E çözeltisi ile ısıtıcı tablada (hot-plate) kaynama olmadan kuruluğa kadar çözünürleştirilmiştir. Daha sonra mavi bant filtre kâğıdı ile 50 mL kapasiteli saklama kaplarına süzülerek son hacim 50 mL olacak şekilde 2 M HNO_3 içerisine alınmıştır. Numuneler analiz edileceği zamana kadar soğukta muhafaza edilmiştir.

Tablo 3.1. BCR (the community bureau of reference) ardışık ekstraksiyon yöntemi akış şeması

Fraksiyon No	Topraktaki Fraksiyon	Ekstrakt maddesi	Çalkalama süresi ve sıcaklık
F1	Değişebilir fraksiyon (Karbonatlara bağlı)	40 mL 0.11 M CH_3COOH	Laboratuvar sıcaklığında 16 saat
F2	İndirgenabilir fraksiyon (Fe-Mn oksitlere bağlı)	40 mL 0.5 M $\text{HONH}_2\cdot\text{HCl}$ (pH 1,5)	Laboratuvar sıcaklığında 16 saat
F3	Oksitlenebilir fraksiyon (Organik madde ve sülfidlere bağlı)	10 mL 8.8 M H_2O_2 (pH 2) yine 10 mL 8.8 M H_2O_2 (pH 2) 50 mL 1 M NH_4OAc (pH 2)	Laboratuvar sıcaklığında 1 saat 1 saat 85 °C sadece ısıtılır Laboratuvar sıcaklığında 16 saat
F4 (R)	Artakalan fraksiyon (Mineral yapıya bağlı)	15 mL kral suyu	Kuruluğa kadar ısıtılır ve sabit hacme tamamlanır



Şekil 3.8. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi uygulamasında bazı laboratuvar çalışmaları

3.2.5. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi için doğruluk testi (validasyon)

Ardışık ekstraksiyon yönteminde doğruluk testi için BCR-701 sertifikalı referans madde (SRM) kullanılmıştır. Toprak ve sediment örneklerine uygulanan tüm işlemler aynı şekilde BCR-701 sertifikalı referans maddesine de uygulanmış ve bulunan değerler ile sertifikada yer alan değerler karşılaştırılmıştır. Her bir ağır metal için geri kazanım oranları %90 ile %95 arasında değişmektedir.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Toprak Örneklerine Ait Kalite Parametreleri

Toprak örneklerine ait pH, elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri, organik madde, oksidasyon redüksiyon potansiyeli, tuzluluk ve organik karbon değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

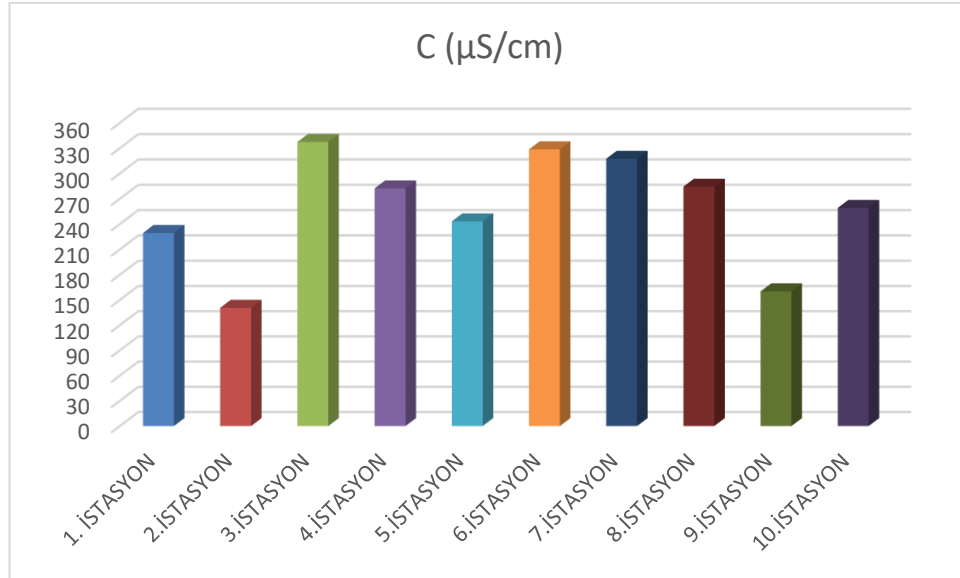
Toprak örneklerine ait pH değerlerinin 7,46 ile 8,63 arasında değiştiği ve ortalama 8,13 olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde iletkenlik değerleri incelendiğinde 3,2-514 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değiştiği ve ortalama 258,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu bulunmuştur (Tablo 4.1). İletkenlik parametresinin mevsimsel ortalama değerleri ise Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Toprak örneklerine ait organik madde içeriklerinin %1,94-14,39 değerleri arasında farklılık gösterdiği ve ortalama % 6,49 olduğu tespit edilmiştir. Organik maddenin mevsimsel ortalama değerleri Şekil 4.5’te gösterilmiştir. Toprak örneklerinin organik karbon değerine bakıldığında % 1,12 ile 8,34 arasında değiştiği ve ortalama değerinin % 3,76 olduğu belirlenmiştir. Tuzluluk parametresine bakıldığında ise 0 ile 0,27 ppt aralığında değiştiği ve ortalama değerinin 0,12 mg/L olduğu tespit edilmiştir.

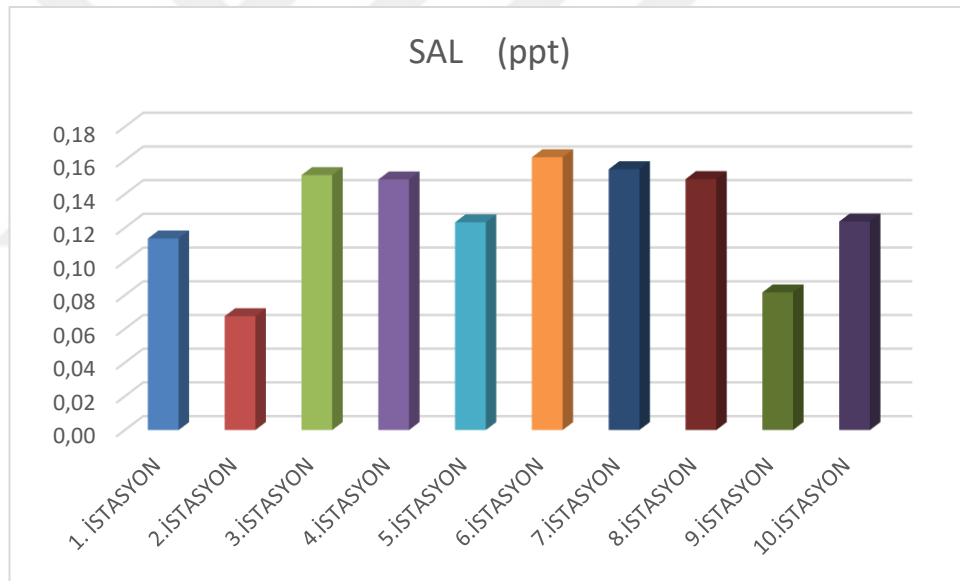
Toprak örneklerine ait oksidasyon redüksiyon potansiyeli 81,3 ile 352,5 mV arasında değiştiği ve ortalama 203,34 mV olduğu Tablo 4.1 de görülmektedir.

Tablo 4.1. Sapanca gölü havzası topraklarının minimum, maksimum ve ortalama kalite parametreleri

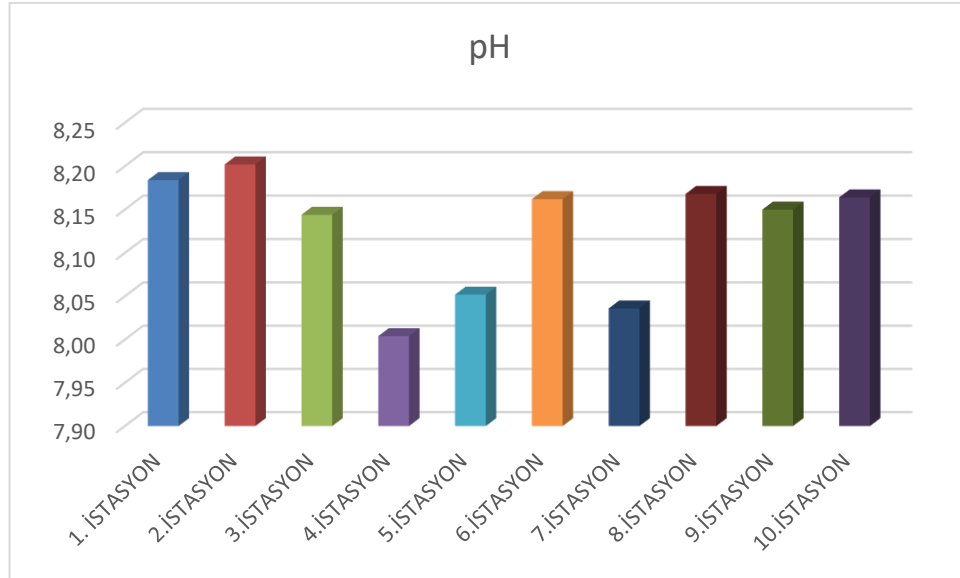
İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
min.	3,20	9,90	19,90	151,00	169,20	210,50	14,90	4,20	4,20	87,00
max.	500,00	216,30	514,00	451	293	417,00	450,00	438,00	208,34	315,21
ort.	229,44	140,60	337,32	282,28	243,204	328,56	317,39	284,30	160,18	259,20
min.	0,00	0,01	0,01	0,07	0,08	0,10	0,01	0,01	0,02	0,04
max.	0,27	0,11	0,25	0,24	0,13	0,22	0,25	0,25	0,11	0,16
ort.	0,11	0,06	0,15	0,14	0,12	0,16	0,15	0,14	0,08	0,12
min.	7,65	7,58	7,69	7,60	7,84	7,870	7,46	7,87	7,86	7,72
max.	8,56	8,63	8,38	8,39	8,15	8,31	8,50	8,60	8,55	8,46
ort.	8,18	8,20	8,14	8,00	8,05	8,16	8,03	8,16	8,15	8,16
min.	81,30	85,10	98,50	98,20	89	84,20	86,80	92,20	92,60	88,40
max.	289,70	313,50	271,20	322,50	334,40	328,10	244,70	329,70	330,40	352,50
ort.	194,70	197,15	214,08	204,09	202,53	201,16	203,66	202,27	197,56	216,14
min.	3,89	1,94	3,11	3,25	3,70	3,82	9,57	4,42	3,50	3,31
max.	11,54	7,81	5,96	9,42	9,11	8,91	14,39	7,89	8,32	11,17
ort.	7,81	3,83	4,14	5,92	6,34	6,81	11,36	6,65	5,65	6,39
min.	2,25	1,12	1,80	1,890	2,14	2,21	5,55	2,56	2,03	1,92
max.	6,69	4,53	3,46	5,46	5,28	5,1724	8,35	4,57	4,82	6,47
ort.	4,53	2,22	2,40	3,43	3,67	3,95	6,59	3,86	3,27	3,71



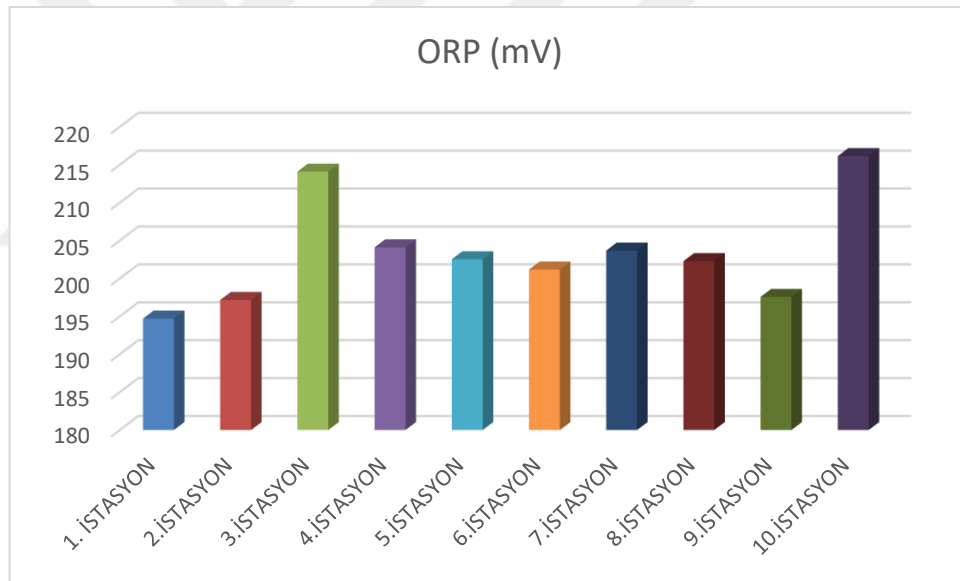
Şekil 4.1. Topraklardaki iletkenlik parametresinin dağılımı



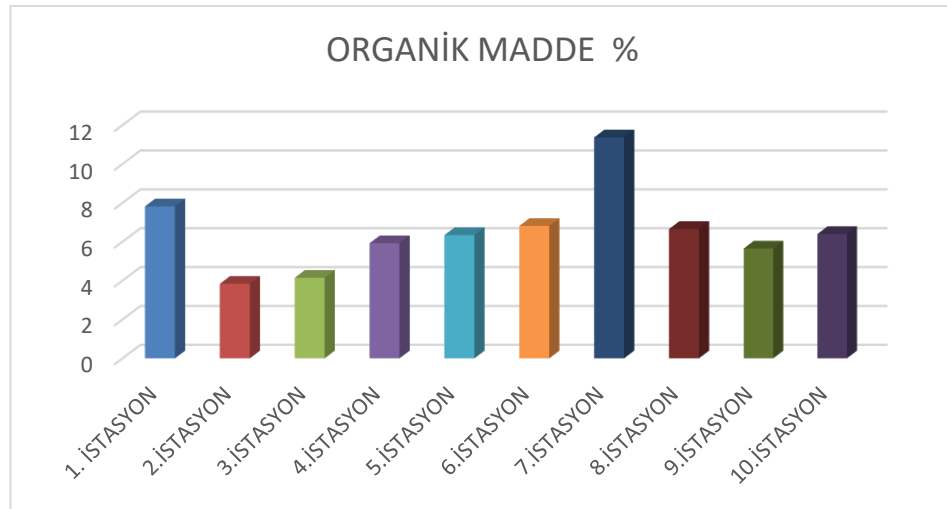
Şekil 4.2. Topraklardaki tuzluluk parametresinin dağılımı



Şekil 4.3. Topraklardaki pH parametresinin dağılımı



Şekil 4.4. Topraklardaki oksidasyon redüksiyon potansiyelinin dağılımı



Şekil 4.5. Topraklardaki % organik madde dağılımı

4.2. Sediment Örneklerine Ait Kalite Parametreleri

Sediment örneklerine ait pH, elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri, organik madde, oksidasyon redüksiyon potansiyeli, tuzluluk ve organik karbon değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

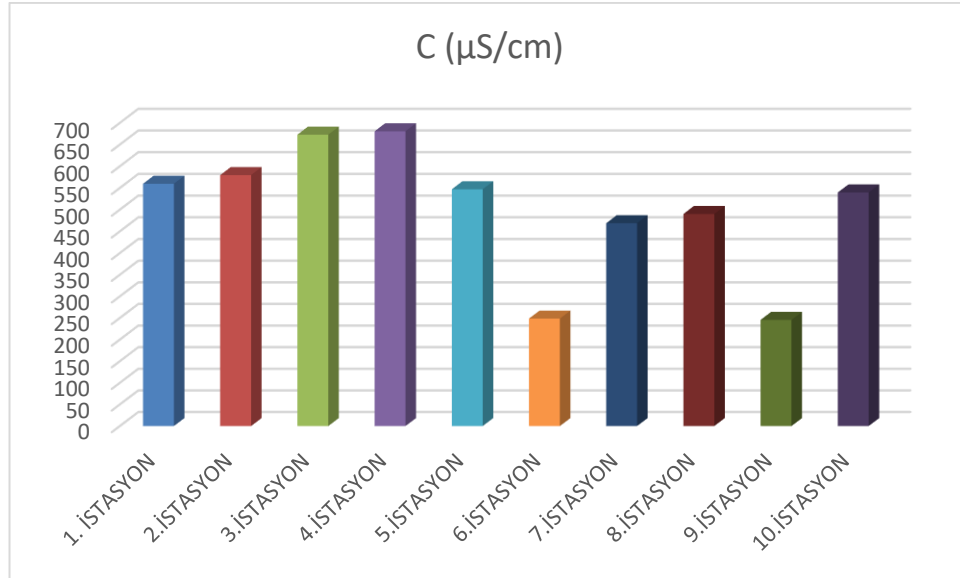
Sediment örneklerine ait pH değerlerinin 6,98 ile 8,58 arasında değiştiği ve ortalama 7,83 olduğu tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde iletkenlik değerleri incelendiğinde 113,1-1294 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değiştiği ve ortalama 503,219 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu bulunmuştur (Tablo 4.2).

Sediment örneklerine ait organik madde içeriklerinin %1,63-22,83 değerleri arasında farklılık gösterdiği ve ortalama % 7,14 olduğu tespit edilmiştir. Sediment örneklerinin organik karbon değerine bakıldığında % 0,95 ile 13,2460 arasında değiştiği ve ortalama değerinin % 4,14 olduğu belirlenmiştir. Tuzluluk parametresine bakıldığında ise 0,08 ile 0,64 ppt aralığında değiştiği ve ortalama değerinin 0,307 mg/L olduğu tespit edilmiştir.

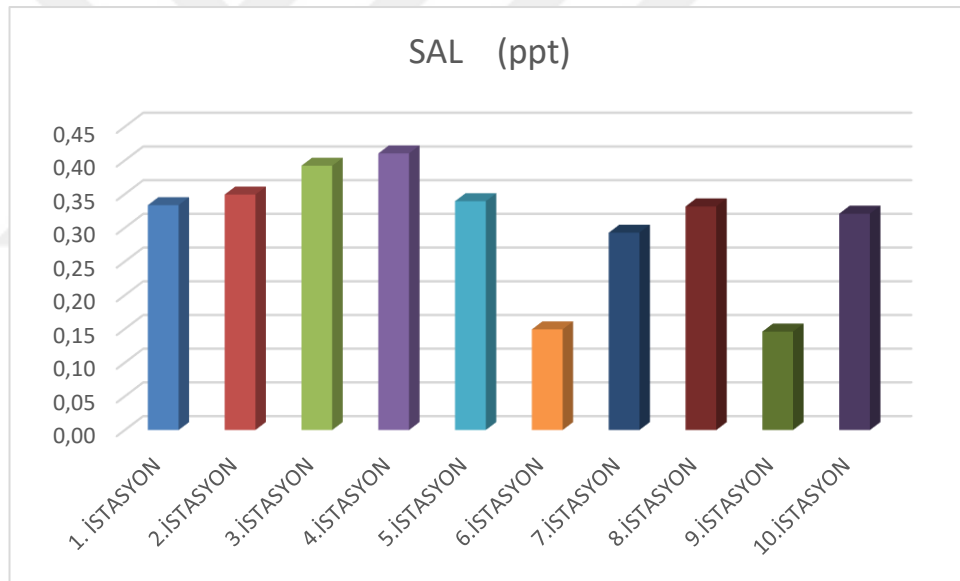
Sediment örneklerine ait oksidasyon redüksiyon potansiyeli 9,1 ile 324,9 mV arasında değiştiği ve ortalama 184,86 mV olduğu Tablo 4.2 de görülmektedir.

Tablo 4.2. Sapanca gölü havzası sedimentinin minimum, maksimum ve ortalama kalite parametreleri

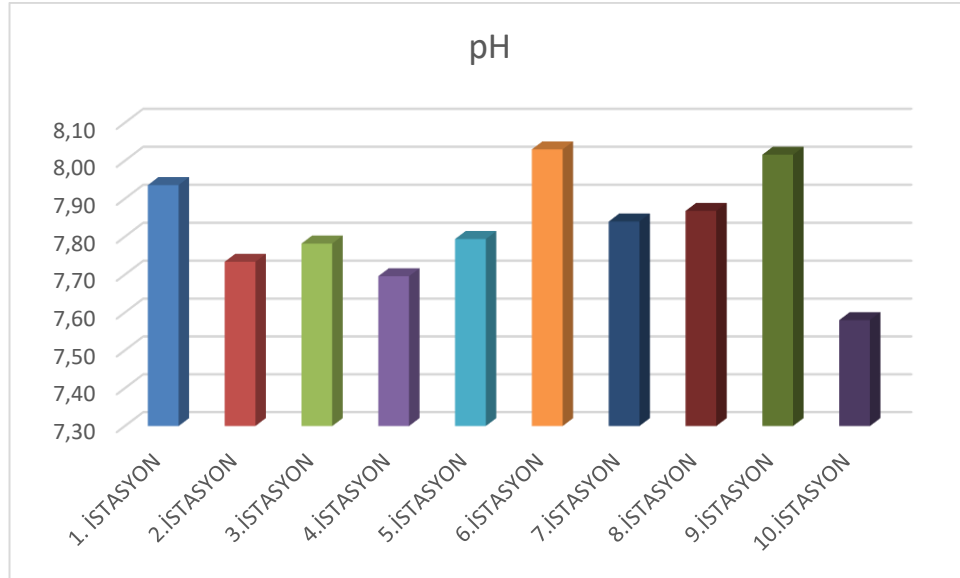
İstasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C (µS/cm)										
min.	520	265,85	250,90	241,80	237,25	113,10	219,50	277	120,90	257,40
max.	805	656,50	1066	1294	873	368	656	793	446	746
ort.	559,65	579,67	672,88	680,66	546,95	248,47	468,80	489,98	245,55	539,58
SAL (ppt)										
min.	0,14	0,19	0,15	0,18	0,17	0,08	0,16	0,21	0,08	0,19
max.	0,46	0,50	0,51	0,64	0,55	0,20	0,41	0,42	0,25	0,37
ort.	0,33	0,35	0,39	0,41	0,34	0,16	0,29	0,33	0,14	0,32
pH										
min.	6,98	7,07	7,16	7,01	7,16	7,44	7,14	7,14	7,41	7,07
max.	8,46	8,16	8,13	8,30	8,24	8,53	8,38	8,52	8,62	7,98
ort.	7,93	7,73	7,78	7,69	7,79	8,03	7,84	7,86	8,01	7,58
ORP (mV)										
min.	39,60	42,30	25,90	34,60	51,40	52,50	41,40	9,10	25,10	51,20
max.	324,90	306,20	267,60	280,30	279,70	271	280,10	265,10	260,10	269,20
ort.	201,32	200,12	177,12	185,92	188,14	185,72	186,52	169,20	173,98	180,58
ORGANİK MADDE %										
min.	3,26	5,39	7,01	7,51	3,20	2,15	6,03	7,64	1,63	5,27
max.	8,56	10,23	11,31	9,73	7,40	5,11	8,26	11,66	22,83	9,66
ort.	5,24	7,70	8,63	8,37	5,30	4,03	7,03	10,01	6,89	8,18
ORGANİK KARBON %										
min.	1,89	3,12	4,06	4,35	1,85	1,25	3,50	4,43	0,95	3,05
max.	4,96	5,93	6,55	5,64	4,29	2,96	4,79	6,76	13,24	5,60
ort.	3,04	4,46	5,00	4,8	3,07	2,34	4,08	5,81	3,99	4,74



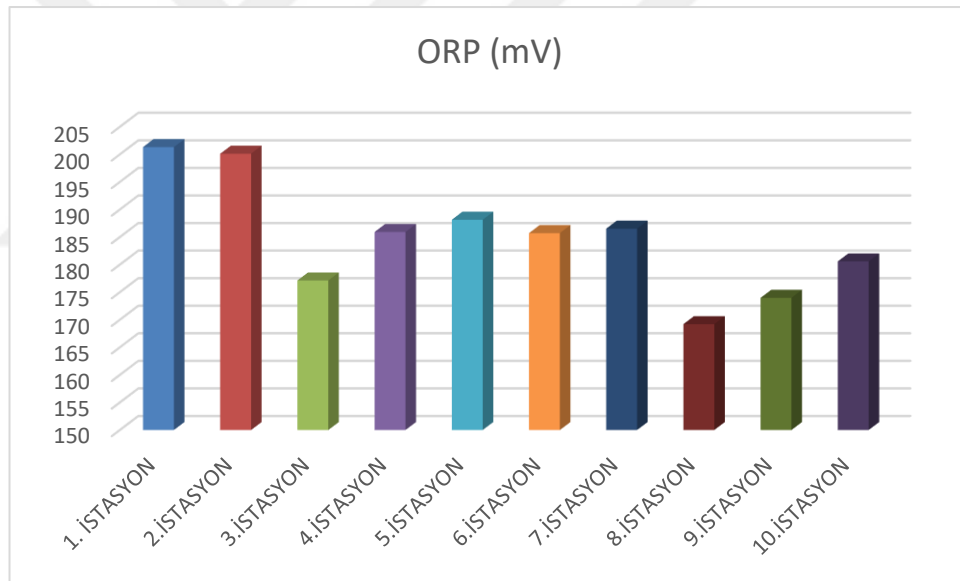
Şekil 4.6. Sedimentlerdeki iletkenlik parametresinin dağılımı



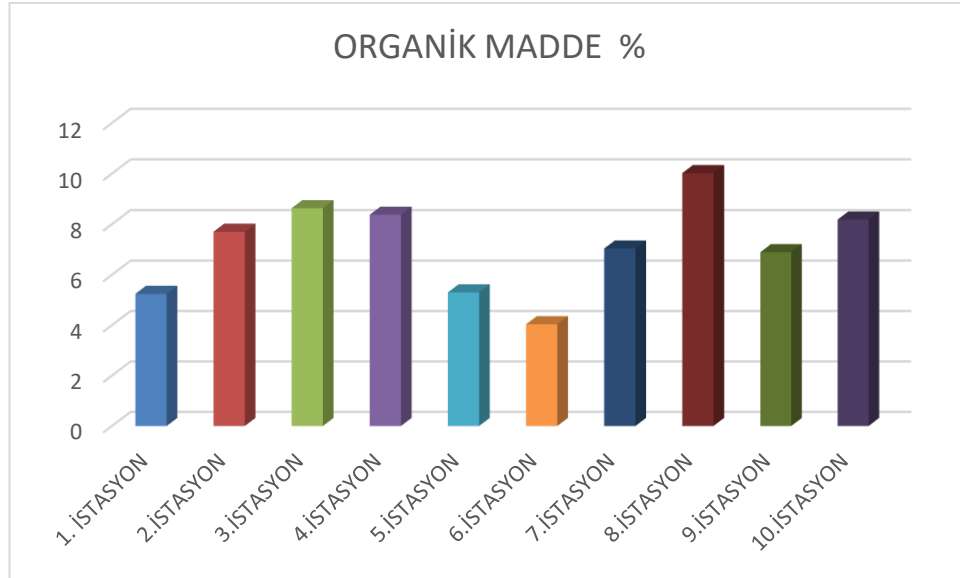
Şekil 4.7. Sedimentlerdeki tuzluluk parametresinin dağılımı



Şekil 4.8. Sedimentlerdeki pH Parametresinin Dağılımı



Şekil 4.9. Sedimentlerdeki oksidasyon redüksiyon potansiyelinin dağılımı



Şekil 4.10. Sedimentlerdeki % organik madde dağılımı

4.3. Toprak Örneklerinin Ağır Metal Durumu

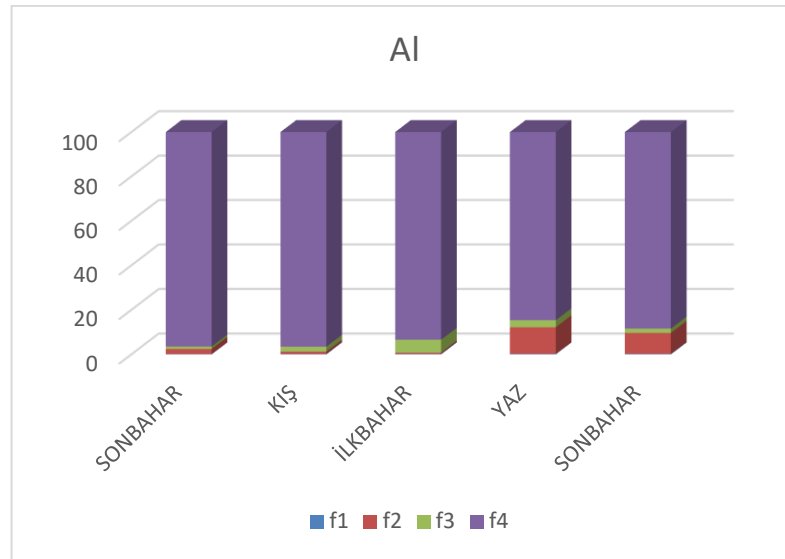
4.3.1. Toprak örneklerinde Al durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen alüminyumun Tablo 4.3.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 5,298-65,8524 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 26,848 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise alüminyum ortalama 702,80 mg/kg ile 53,016-3198,66 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Al miktarının ise 415,3141 mg/kg ortalama ile 6,08-4546,155 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Al ise 5769,35- 36477,3 mg/kg aralığında ortalama 14166,32 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Aynı tabloda tüm sonuçlar incelendiğinde 7. İstasyonda Al ortalama değerinin diğer istasyonlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.11.' de toprak örneklerindeki alüminyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.3. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde alüminyum (Al) miktarları (mg/kg)

Al		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	17,195	340,428	74,185	23322,300	23754,108
		2	18,925	295,676	74,185	19468,250	19857,036
		3	17,206	59,348	74,185	15908,850	16059,589
		4	16,188	143,424	74,185	18097,750	18331,547
		5	18,751	94,796	74,185	13563,800	13751,532
		6	25,339	845,672	74,185	17211,000	18156,196
		7	32,671	1313,884	1628,710	33891,750	36867,015
		8	20,802	476,588	74,185	14471,850	15043,425
		9	20,091	1162,548	74,185	29546,900	30803,724
		10	17,760	59,348	74,185	12871,350	13022,643
Kış	Oca.16	11	18,820	363,448	74,185	23623,850	24080,303
		12	29,948	209,360	74,185	15941,800	16255,293
		13	24,590	59,348	74,185	16256,850	16414,973
		14	32,596	407,364	110,330	11943,600	12493,890
		15	27,517	117,888	74,185	14243,500	14463,090
		16	32,680	59,348	436,030	14849,000	15377,058
		17	38,750	272,748	2380,915	22586,200	25278,613
		18	20,661	59,348	74,185	9996,200	10150,394
		19	17,065	59,348	74,185	8416,150	8566,748
		20	5,298	59,348	74,185	10939,700	11078,531
İlkbahar	Nis.16	21	12,456	59,348	74,185	8215,750	8361,739
		22	23,590	59,348	74,185	8797,650	8954,773
		23	34,024	59,348	74,185	7138,650	7306,207
		24	28,948	59,348	74,185	9883,250	10045,731
		25	21,537	59,348	74,185	6975,000	7130,070
		26	26,534	59,348	944,760	9091,800	10122,442
		27	25,166	218,588	4546,155	36477,300	41267,209
		28	27,421	59,348	193,565	15786,650	16066,984
		29	22,678	145,952	74,185	13195,350	13438,165
		30	45,976	97,312	2215,730	19060,900	21419,918
Yaz	Tem.16	31	28,462	2203,652	289,870	17150,750	19672,734
		32	29,911	2032,248	443,460	15414,850	17920,469
		33	34,542	989,480	78,710	8546,500	9649,232
		34	15,431	235,916	46,390	7860,900	8158,637
		35	35,223	841,132	346,970	6374,750	7598,075
		36	19,355	607,948	65,320	7292,050	7984,673
		37	55,844	3198,660	1819,700	16322,400	21396,604
		38	29,642	2118,668	195,255	8216,050	10559,615
		39	21,536	2803,264	656,970	11534,150	15015,920
		40	26,667	53,016	46,365	8104,650	8230,698
Sonbahar	Eki.16	41	26,480	2349,484	528,035	16468,700	19372,699
		42	27,023	1670,140	86,990	8445,850	10230,003
		43	38,387	1276,236	183,075	12761,350	14259,048
		44	11,561	436,820	33,785	5769,350	6251,516
		45	53,424	826,780	325,900	9188,250	10394,354
		46	27,647	3159,236	37,425	8946,950	12171,258
		47	64,852	519,840	1267,225	20600,300	22452,217
		48	26,367	702,736	95,605	12559,350	13384,058
		49	21,285	1182,808	124,310	16117,900	17446,303
		50	27,572	595,480	6,080	8867,800	9496,932



Şekil 4.11. Toprak örneklerindeki alüminyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

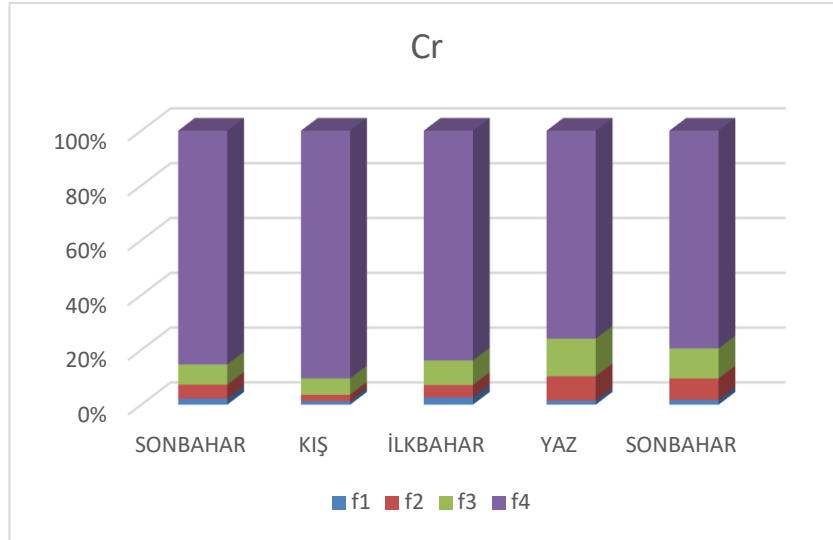
4.3.2. Toprak örneklerinde Cr durumu

BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile belirlenen Cr fraksiyonları (F1, F2, F3, F4), fraksiyonların toplamı Tablo 4.4. 'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde Cr'un değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) fraksiyonda 0,22184- 2,02816 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 1,018 mg/kg olduğu görülmüştür. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonunda Cr miktarı ortalama 2,59 mg/kg ve 0,8314- 4,334 mg/kg arasında bulunurken, organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Cr miktarının ise 4,64 mg/kg ortalama ile 0,73465- 29,0217 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Cr ise 7,7162- 274,0955 mg/kg aralığında ortalama 47,93 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Aynı tabloda görüldüğü üzere 6. noktadaki değerler diğer değerlere göre yüksek çıkmıştır. Cr değerinin yüksek çıkması motor alaşımlarının aşınmasından yani trafikten kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.12.' de toprak örneklerindeki krom fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.4. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde krom (Cr) miktarları (mg/kg)

Cr		Örnek no	Fraksiyonlar				Toplam
			f1	f2	f3	f4	
Sonbahar	Kas.15	1	1,328	2,771	4,105	45,439	53,644
		2	1,180	2,735	3,752	48,956	56,624
		3	1,034	2,349	2,309	29,554	35,246
		4	0,864	2,035	1,869	58,014	62,782
		5	0,826	2,133	3,137	37,323	43,419
		6	1,027	2,332	2,600	33,985	39,945
		7	1,058	2,793	7,494	35,897	47,242
		8	1,321	3,100	2,773	32,222	39,416
		9	1,462	2,943	3,728	66,233	74,365
		10	1,287	2,701	6,077	48,170	58,235
Kış	Oca.16	11	1,701	3,278	3,937	61,044	69,960
		12	0,989	2,345	2,774	18,373	24,480
		13	1,263	2,605	3,803	46,005	53,676
		14	1,333	2,409	3,787	42,099	49,628
		15	1,007	2,103	3,035	110,900	117,045
		16	1,370	2,705	4,586	274,096	282,756
		17	1,348	2,490	29,022	70,178	103,037
		18	1,640	2,911	3,737	172,565	180,853
		19	1,429	2,611	4,050	116,525	124,614
		20	2,028	2,588	7,258	86,675	98,549
İlkbahar	Nis.16	21	1,994	2,847	3,644	58,252	66,737
		22	1,663	2,661	3,215	43,055	50,593
		23	1,618	3,348	5,285	52,513	62,764
		24	1,261	2,489	5,343	50,881	59,974
		25	1,327	2,039	2,698	38,112	44,176
		26	1,443	2,224	4,853	42,698	51,217
		27	1,260	2,362	9,505	51,330	64,456
		28	1,395	2,251	3,369	42,850	49,865
		29	1,856	3,514	4,688	50,384	60,442
		30	1,396	2,258	9,013	51,421	64,087
Yaz	Tem.16	31	0,504	3,954	6,638	52,381	63,478
		32	0,560	4,170	9,046	42,548	56,323
		33	0,337	2,607	3,909	24,815	31,668
		34	0,558	0,831	2,074	15,780	19,243
		35	0,222	1,676	2,540	7,716	12,154
		36	0,243	0,836	1,629	10,140	12,849
		37	0,375	2,479	6,339	16,931	26,124
		38	0,650	4,035	3,388	23,729	31,803
		39	0,660	3,808	6,158	21,937	32,563
		40	0,647	3,808	1,817	24,694	30,965
Sonbahar	Eki.16	41	0,600	3,916	7,003	37,165	48,684
		42	0,504	3,770	3,346	26,084	33,704
		43	0,465	4,334	5,297	35,690	45,786
		44	0,591	1,693	1,063	8,313	11,661
		45	0,341	1,764	2,608	13,277	17,990
		46	0,349	0,893	0,735	10,866	12,842
		47	0,434	2,679	7,403	24,849	35,364
		48	0,728	1,445	1,807	32,753	36,733
		49	0,722	1,567	2,909	26,223	31,421
		50	0,691	1,403	1,003	24,972	28,070



Şekil 4.12. Toprak örneklerindeki krom fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

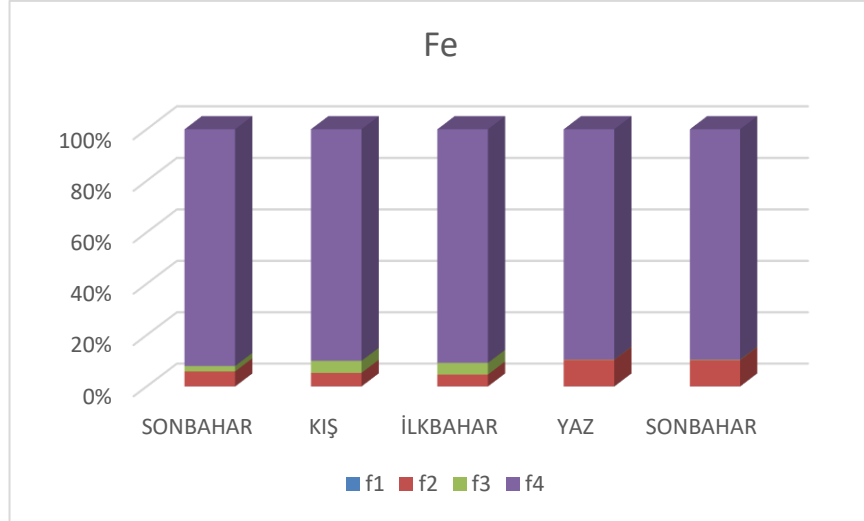
4.3.3. Toprak örneklerinde Fe durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen demirin Tablo 4.5.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 4,04856-51,8516 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 16,77 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise demir ortalama 2385,407 mg/kg ile 454,692-4896,96 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Fe miktarının ise 1084,363 mg/kg ortalama ile 15,16-4980,545 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Fe ise 8824,75- 78477 mg/kg aralığında ortalama 33721,2 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.5'te 7. İstasyonda Fe değerinin diğer değerlere göre yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.13.' de toprak örneklerindeki demir fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.5. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde demir (Fe) miktarları (mg/kg)

Fe		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	22,419	2411,892	1073,705	40017,750	43525,766
		2	8,881	2449,416	1080,075	49825,100	53363,472
		3	17,388	4819,440	783,545	49496,900	55117,273
		4	11,640	3193,008	373,050	47335,350	50913,048
		5	16,326	2275,952	1534,420	40346,050	44172,748
		6	7,444	2992,556	584,205	48019,000	51603,205
		7	4,049	4670,640	2503,020	66155,000	73332,709
		8	15,832	2985,084	851,070	31941,300	35793,286
		9	7,182	2774,744	1098,950	56312,000	60192,876
		10	20,883	1037,168	1025,325	37398,100	39481,476
Kış	Oca.16	11	32,430	3280,716	1862,510	52010,000	57185,656
		12	23,083	4547,960	1794,280	49866,600	56231,923
		13	15,596	2234,128	3536,855	52590,500	58377,079
		14	51,852	2962,072	4980,545	36942,800	44937,269
		15	49,465	4173,160	1559,420	46246,450	52028,495
		16	12,808	2151,892	2573,885	47601,850	52340,435
		17	7,238	1514,016	1706,195	43780,650	47008,099
		18	23,321	1741,088	1339,265	30615,050	33718,724
		19	14,259	822,776	930,105	25082,100	26849,240
		20	8,578	454,692	1085,520	24181,050	25729,840
İlkbahar	Nis.16	21	22,610	1712,092	1731,905	27383,750	30850,357
		22	6,887	1406,880	1011,785	30651,600	33077,152
		23	26,036	3783,364	4360,875	31512,800	39683,075
		24	22,672	2243,204	909,740	39858,500	43034,116
		25	41,089	3691,484	1720,360	32479,450	37932,383
		26	16,778	2482,156	2479,080	29732,100	34710,114
		27	7,128	1701,092	3948,580	78477,000	84133,800
		28	13,625	1570,884	1650,595	50486,500	53721,604
		29	13,193	2106,656	1089,095	50278,000	53486,944
		30	14,032	904,668	2490,260	55036,500	58445,460
Yaz	Tem.16	31	10,723	2050,420	15,160	22477,250	24553,553
		32	8,949	2500,520	15,160	22925,350	25449,979
		33	10,919	2306,716	15,160	19534,250	21867,045
		34	10,384	493,680	19,520	14658,800	15182,384
		35	17,407	1949,104	15,160	15088,200	17069,871
		36	7,743	1373,792	15,160	15445,000	16841,695
		37	4,359	2573,344	81,175	18363,100	21021,978
		38	30,099	3468,132	15,160	16631,400	20144,791
		39	12,405	3472,228	15,160	17571,950	21071,743
		40	24,026	743,724	15,160	18574,050	19356,960
Sonbahar	Eki.16	41	4,928	2040,716	15,160	23157,600	25218,404
		42	7,246	3078,252	15,160	18577,150	21677,808
		43	13,320	4896,960	15,160	24395,500	29320,940
		44	13,955	1477,212	15,160	8824,750	10331,077
		45	27,077	1947,672	15,160	21244,650	23234,559
		46	7,757	4695,520	15,160	17405,550	22123,987
		47	9,424	1584,192	191,520	27535,900	29321,036
		48	29,765	1246,272	15,160	21389,500	22680,697
		49	6,087	1148,496	15,160	24034,950	25204,693
		50	27,095	1128,536	15,160	16565,200	17735,991



Şekil 4.13. Toprak örneklerindeki demir fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

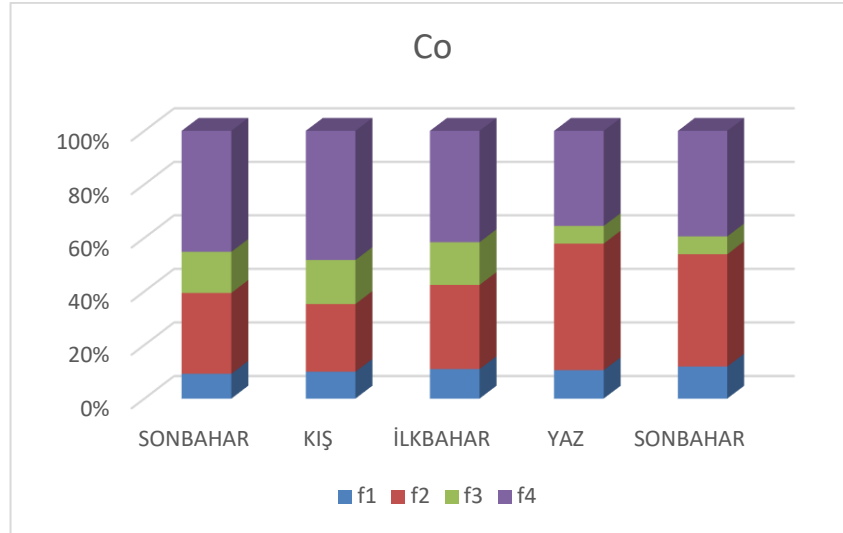
4.3.4. Toprak örneklerinde Co durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen kobaltın Tablo 4.6.'ya bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 0,6056-2,8168 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 1,53 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise kobalt ortalama 4,92 mg/kg ile 1,90356-15,10156 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Co miktarının ise 1,8994 mg/kg ortalama ile 0,0306-6,81155 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Co ise 1,8176- 11,32625 mg/kg aralığında ortalama 6,2144 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4. 6'da 7. İstasyonda Co elementinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.14.' de toprak örneklerindeki kobalt fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.6. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde kobalt (Co) miktarları (mg/kg)

Co	Örnek no	Fraksiyonlar				Toplam
		f1	f2	f3	f4	
Sonbahar Kas.15	1	1,223	2,325	1,720	7,689	12,956
	2	1,591	3,798	2,192	8,500	16,081
	3	2,043	3,605	1,481	6,137	13,265
	4	1,480	3,794	1,555	4,615	11,445
	5	1,310	3,432	2,064	4,299	11,106
	6	1,356	4,394	1,359	6,585	13,693
	7	0,884	13,590	5,929	8,122	28,525
	8	1,309	2,963	1,465	5,947	11,684
	9	1,461	4,687	2,736	8,686	17,570
	10	1,191	2,508	2,449	7,056	13,203
Kış Oca.16	11	1,401	2,747	1,899	9,391	15,438
	12	2,474	6,584	2,064	4,443	15,564
	13	2,099	4,193	2,224	7,375	15,892
	14	1,481	2,122	2,158	5,422	11,183
	15	1,537	3,209	1,796	6,986	13,528
	16	1,513	3,834	3,084	10,666	19,096
	17	1,426	12,486	4,597	7,948	26,457
	18	1,605	2,718	1,834	11,326	17,483
	19	1,096	2,670	2,303	9,137	15,205
	20	2,638	2,991	6,349	10,526	22,504
İlkbahar Nis.16	21	1,646	3,411	2,302	9,151	16,510
	22	1,883	5,706	1,617	8,976	18,182
	23	2,568	6,148	3,125	7,126	18,966
	24	2,817	7,734	2,584	7,886	21,021
	25	2,160	3,296	1,842	5,027	12,325
	26	1,840	3,872	3,165	5,977	14,854
	27	1,039	12,704	6,812	7,591	28,145
	28	1,751	4,213	2,112	6,771	14,847
	29	1,946	3,311	2,028	9,019	16,304
	30	2,073	5,843	3,046	7,038	18,000
Yaz Tem.16	31	0,899	5,494	0,707	5,799	12,900
	32	1,454	5,968	1,028	5,439	13,888
	33	1,925	5,416	0,470	4,099	11,910
	34	0,977	2,129	0,237	4,427	7,770
	35	1,342	3,231	1,060	1,818	7,451
	36	0,606	3,479	0,084	3,229	7,397
	37	1,119	15,102	2,105	2,319	20,645
	38	1,380	3,833	0,520	4,635	10,368
	39	1,110	4,787	1,079	3,552	10,527
	40	1,225	4,171	0,203	5,060	10,658
Sonbahar Eki.16	41	1,013	5,238	1,257	5,775	13,283
	42	1,558	5,363	0,223	4,715	11,858
	43	1,337	5,154	1,382	4,413	12,286
	44	0,916	2,116	0,031	3,274	6,336
	45	1,603	3,290	0,998	2,725	8,616
	46	0,871	1,904	0,768	2,982	6,525
	47	2,227	13,568	2,150	3,868	21,814
	48	1,390	2,618	0,125	6,384	10,517
	49	1,468	5,121	0,634	6,069	13,292
	50	1,240	3,325	0,031	4,722	9,317



Şekil 4.14. Toprak örneklerindeki kobalt fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

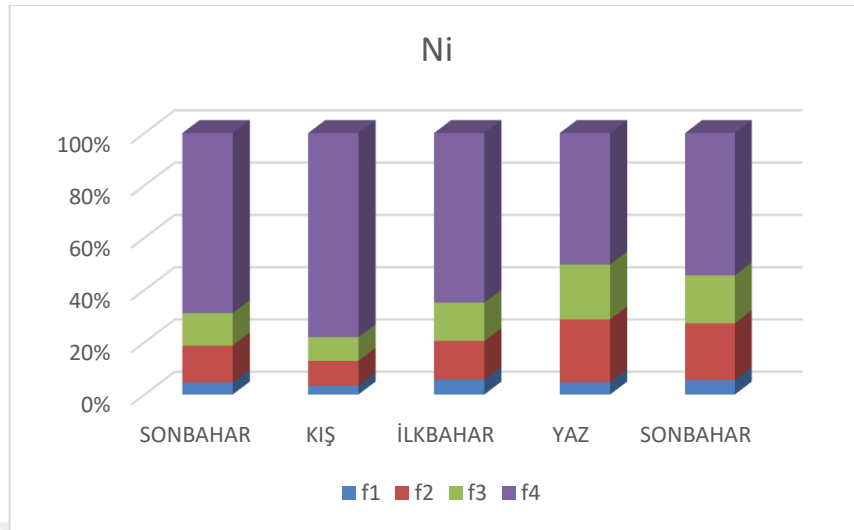
4.3.5. Toprak örneklerinde Ni durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen nikelin Tablo 4.7.'ye bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 1,37568-5,90144 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 2,8728 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise nikel ortalama 9,5395 mg/kg ile 3,5846-20,77748 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Ni miktarının ise 8,68 mg/kg ortalama ile 1,10865-20,36375 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Ni ise 9,863- 159,8135 mg/kg aralığında ortalama 40,51 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.7' de Ni elementinin 6. İstasyonda yüksek olduğu görülmektedir. Ni elementi fosil yakıtların yakılması, dizel yakıtlar, motor yağına katılan Ni, lağım çamuru karışmış toprakta bulunmaktadır.

Şekil 4.15.' de toprak örneklerindeki nikel fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.7. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde nikel (Ni) miktarları (mg/kg)

Ni	Örnek no	Fraksiyonlar				Toplam
		f1	f2	f3	f4	
Sonbahar Kas.15	1	2,604	6,772	5,762	46,128	61,266
	2	4,226	13,231	7,124	50,682	75,262
	3	3,142	7,206	6,478	31,819	48,645
	4	1,724	5,814	5,247	39,087	51,872
	5	1,756	6,173	6,619	30,463	45,010
	6	2,026	6,544	4,779	28,094	41,443
	7	3,206	12,965	15,011	28,773	59,955
	8	2,321	6,444	4,299	32,323	45,388
	9	2,052	6,490	5,777	45,905	60,225
	10	3,011	6,962	8,236	51,269	69,478
Kış Oca.16	11	2,837	7,350	6,142	58,396	74,725
	12	3,801	10,152	6,301	18,703	38,957
	13	3,903	11,388	8,926	47,580	71,797
	14	2,896	6,321	5,708	33,760	48,685
	15	2,331	6,991	6,333	64,735	80,390
	16	2,100	5,546	6,818	159,814	174,277
	17	3,468	16,348	18,202	44,096	82,114
	18	2,888	6,222	4,901	118,551	132,563
	19	2,098	5,282	4,896	85,337	97,613
	20	5,230	11,984	15,588	90,446	123,247
İlkbahar Nis.16	21	3,257	6,860	5,541	60,483	76,141
	22	4,489	13,345	5,829	53,081	76,743
	23	4,767	13,698	10,639	47,986	77,090
	24	5,901	14,205	13,670	51,449	85,226
	25	3,353	7,327	6,689	29,341	46,710
	26	2,621	5,477	7,648	31,856	47,601
	27	3,326	12,556	14,607	32,790	63,279
	28	3,350	7,777	8,383	34,138	53,648
	29	3,665	8,132	6,427	54,593	72,817
	30	4,052	10,239	19,363	42,072	75,726
Yaz Tem.16	31	2,466	17,201	15,775	36,330	71,773
	32	2,570	18,340	20,364	39,663	80,936
	33	3,338	15,004	9,692	31,730	59,763
	34	2,102	3,623	2,278	21,571	29,575
	35	1,473	7,098	5,266	9,863	23,699
	36	1,376	5,051	3,644	14,125	24,196
	37	3,033	20,777	11,992	12,436	48,239
	38	2,413	9,570	10,454	26,442	48,879
	39	1,597	9,208	12,113	22,033	44,951
	40	2,330	10,143	9,753	28,375	50,601
Sonbahar Eki.16	41	2,809	15,602	18,383	32,937	69,731
	42	2,921	17,363	9,723	27,142	57,149
	43	2,290	14,147	14,381	31,008	61,826
	44	2,147	4,280	1,109	12,298	19,833
	45	1,826	7,067	5,424	14,057	28,375
	46	1,677	3,585	3,585	12,365	21,211
	47	3,892	14,540	10,884	17,989	47,305
	48	2,412	5,068	6,517	33,208	47,204
	49	2,314	7,611	8,268	32,020	50,212
	50	2,252	5,900	2,345	26,235	36,731



Şekil 4.15. Toprak örneklerindeki nikel fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

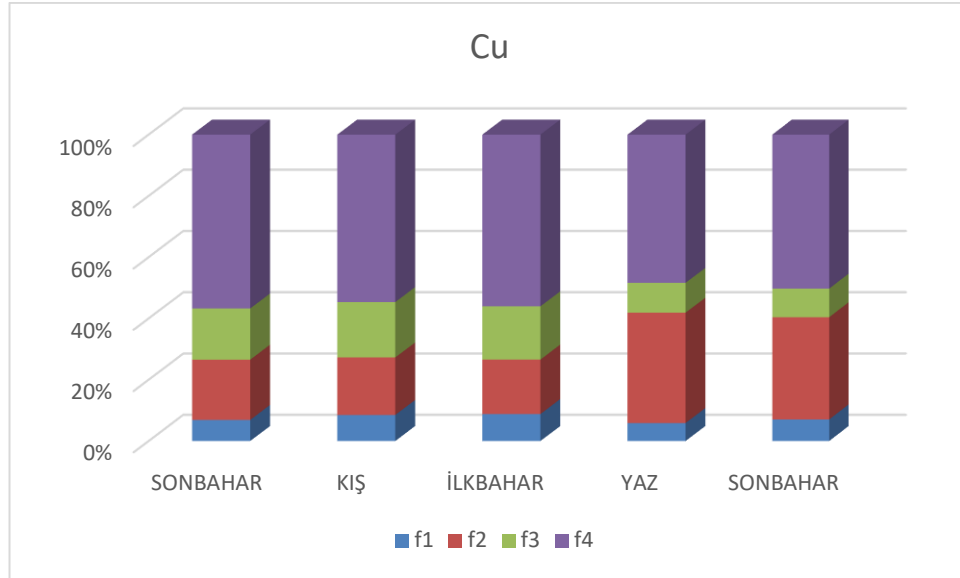
4.3.6. Toprak örneklerinde Cu durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen bakırın Tablo 4.8.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 1,62024-8,65316 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 2,984 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise bakır ortalama 9,29 mg/kg ile 4,3012-17,48328 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Cu miktarının ise 5,84 mg/kg ortalama ile 0,93275-21,69345 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Cu ise 9,97705- 53,309 mg/kg aralığında ortalama 21,055 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.8'de 8. İstasyonda Cu elementinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir.

Şekil 4.16.' da toprak örneklerindeki bakır fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.8. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde bakır (Cu) miktarları (mg/kg)

Cu	Örnek no	Fraksiyonlar				Toplam
		f1	f2	f3	f4	
Sonbahar Kas.15	1	2,243	7,268	4,247	16,703	30,461
	2	2,138	5,951	4,339	23,753	36,181
	3	2,815	9,625	5,780	20,564	38,783
	4	2,263	7,327	4,970	15,731	30,290
	5	2,747	8,512	10,921	18,218	40,398
	6	3,503	9,321	4,594	20,790	38,207
	7	2,390	9,238	6,681	30,889	49,198
	8	2,798	7,405	4,120	14,413	28,736
	9	3,085	7,753	6,479	36,516	53,833
	10	2,997	4,787	13,447	24,961	46,192
Kış Oca.16	11	3,639	8,425	4,903	20,613	37,580
	12	3,607	10,865	6,741	15,611	36,824
	13	3,313	7,349	9,206	24,339	44,207
	14	3,535	7,013	10,825	13,960	35,333
	15	3,945	9,352	10,153	17,115	40,564
	16	3,412	7,067	9,011	23,159	42,650
	17	2,979	6,678	4,590	33,509	47,757
	18	3,312	8,032	4,054	23,412	38,810
	19	3,176	6,859	6,285	24,041	40,361
	20	3,895	5,216	8,214	27,861	45,186
İlkbahar Nis.16	21	3,581	7,522	4,748	20,516	36,367
	22	3,227	6,414	3,077	21,959	34,677
	23	4,396	10,246	10,817	23,595	49,054
	24	4,355	8,505	7,402	30,137	50,400
	25	4,912	8,959	9,068	19,442	42,382
	26	3,821	6,459	9,577	19,985	39,841
	27	3,352	7,899	6,801	33,818	51,871
	28	8,653	16,787	21,693	51,719	98,853
	29	5,651	13,079	7,931	26,919	53,581
	30	5,480	9,661	12,472	53,309	80,923
Yaz Tem.16	31	1,632	13,462	1,476	16,975	33,545
	32	1,801	11,916	2,187	20,460	36,364
	33	2,009	11,010	3,018	18,562	34,599
	34	1,765	5,089	5,955	17,111	29,920
	35	2,265	14,663	7,396	11,113	35,438
	36	1,833	8,507	2,640	11,183	24,163
	37	1,620	11,328	2,824	13,954	29,726
	38	1,835	10,089	1,355	12,891	26,170
	39	1,933	17,483	2,713	15,582	37,712
	40	1,689	9,100	0,933	13,519	25,241
Sonbahar Eki.16	41	1,893	12,596	1,520	16,693	32,702
	42	1,706	9,977	1,489	13,574	26,745
	43	2,072	14,878	3,257	13,771	33,978
	44	2,442	12,345	3,877	13,284	31,949
	45	3,117	14,070	7,272	15,642	40,102
	46	2,230	7,820	2,835	9,977	22,863
	47	2,428	14,234	2,710	18,904	38,277
	48	1,948	4,301	1,471	15,968	23,689
	49	1,999	6,840	3,049	24,404	36,291
	50	1,767	5,071	1,120	11,666	19,624



Şekil 4.16. Toprak örneklerindeki bakır fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

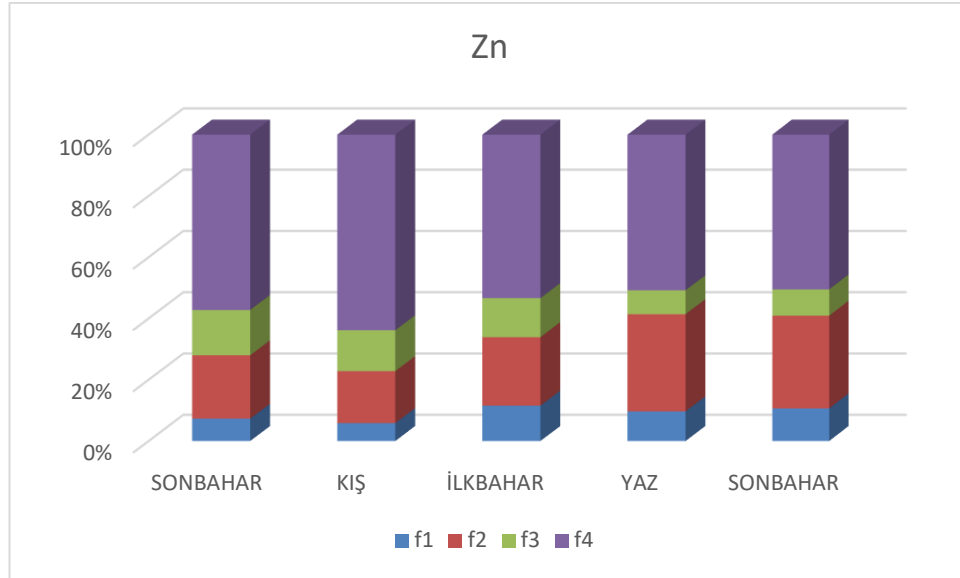
4.3.7. Toprak örneklerinde Zn durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen çinkonun Tablo 4.9.'a bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 2,365-56,9164 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 7,95 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise çinko ortalama 20,86 mg/kg ile 7,43268-88,34 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Zn miktarının ise 10,26 mg/kg ortalama ile 1,86195-35,03175 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Zn ise 20,8651- 80,6205 mg/kg aralığında ortalama 48,34 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.9'da 8. istasyonda Zn değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni araç lastiklerinin aşınması sonucu asfalt üzerinden yağmur suyuyla toprağa karışması olabilir.

Şekil 4.17.' de toprak örneklerindeki çinko fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.9. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde çinko (Zn) miktarları (mg/kg)

Zn		Örnek no	Fraksiyonlar				Toplam
			f1	f2	f3	f4	
Sonbahar	Kas.15	1	4,708	12,000	8,649	39,096	64,453
		2	4,003	10,529	6,129	42,674	63,335
		3	4,541	12,284	8,210	58,502	83,536
		4	5,321	13,488	9,512	49,875	78,196
		5	15,521	32,997	15,495	55,781	119,794
		6	4,694	14,836	6,765	57,829	84,125
		7	4,432	12,240	12,582	46,545	75,799
		8	3,465	8,851	16,058	35,012	63,386
		9	6,439	25,308	13,209	61,791	106,747
		10	11,848	41,511	35,032	62,134	150,524
Kış	Oca.16	11	3,908	10,258	8,950	47,667	70,784
		12	3,970	13,966	10,093	51,753	79,783
		13	4,410	11,645	8,346	58,947	83,348
		14	6,543	15,967	11,125	43,677	77,313
		15	6,663	18,313	13,309	52,479	90,763
		16	4,904	18,769	13,337	66,593	103,602
		17	4,906	11,242	10,947	54,313	81,407
		18	3,346	9,883	6,738	53,198	73,165
		19	6,471	23,172	18,434	58,749	106,825
		20	5,334	12,839	13,556	62,466	94,195
İlkbahar	Nis.16	21	4,870	8,175	6,696	51,589	71,330
		22	3,700	10,213	6,420	47,552	67,885
		23	8,994	24,120	12,774	65,847	111,735
		24	4,748	11,501	8,698	72,016	96,963
		25	12,110	22,613	11,376	51,750	97,849
		26	6,770	19,128	19,639	61,307	106,844
		27	5,067	12,506	11,119	58,476	87,167
		28	56,916	88,340	31,627	80,621	257,504
		29	9,209	27,020	13,833	55,276	105,338
		30	19,603	31,326	23,572	64,579	139,080
Yaz	Tem.16	31	3,079	21,002	5,548	37,018	66,648
		32	6,131	30,284	4,607	38,014	79,036
		33	4,915	13,243	2,732	50,931	71,821
		34	5,168	11,171	6,771	48,082	71,191
		35	30,480	46,562	12,681	36,312	126,035
		36	4,104	13,133	2,297	42,154	61,689
		37	2,505	15,792	8,751	22,882	49,930
		38	2,482	13,738	2,846	30,185	49,252
		39	11,714	61,419	10,560	39,008	122,702
		40	2,365	12,922	2,101	38,560	55,948
Sonbahar	Eki.16	41	2,426	20,469	4,729	38,388	66,012
		42	4,185	20,007	8,710	32,474	65,377
		43	4,137	22,457	5,572	44,612	76,779
		44	5,440	17,422	3,868	20,865	47,596
		45	35,200	52,688	13,754	52,366	154,008
		46	4,105	12,004	4,447	33,047	53,603
		47	4,636	20,300	8,035	32,527	65,498
		48	3,315	8,446	2,614	33,801	48,176
		49	11,190	37,661	8,574	52,895	110,319
		50	2,534	7,433	1,862	24,708	36,537



Şekil 4.17. Toprak örneklerindeki çinko fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

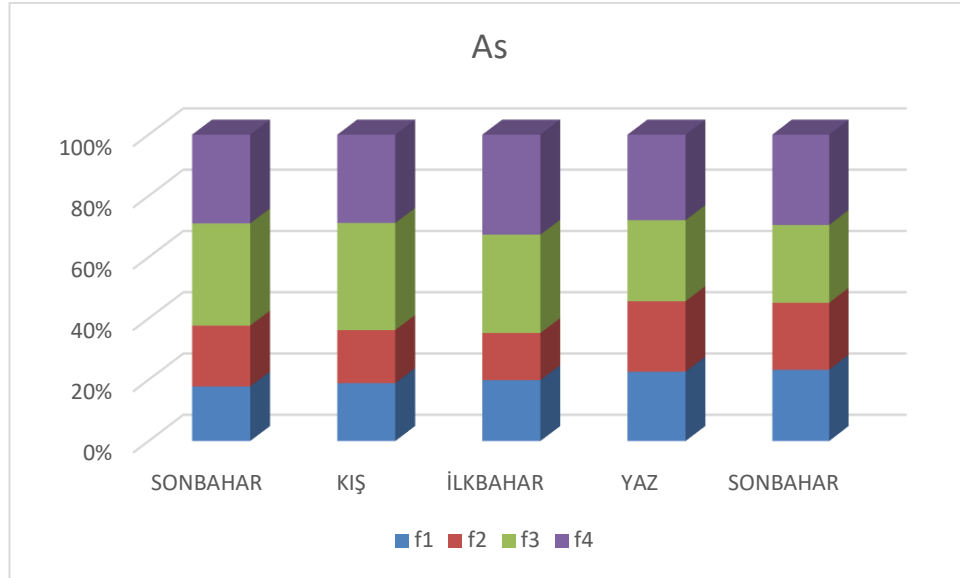
4.3.8. Toprak örneklerinde As durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen arseniğin Tablo 4.10.'a bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 7,30484-30,28752 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 16,95 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise arsenik ortalama 15,97 mg/kg ile 8,69652-26,2976 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir As miktarının ise 26,6 mg/kg ortalama ile 13,93945-42,67575 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı As ise 13,4137- 48,879 mg/kg aralığında ortalama 25,20 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.10 da 10. İstasyonda yüksek miktarda As çıkmıştır. As toprak ekimi, sürümü ve ilaçlama, fosil yakıtların yakılması, sarı-kırmızı yol çizgileri ve yer kabuğundan kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.18.' de toprak örneklerindeki arsenik fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.10. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde arsenik (As) miktarları (mg/kg)

As	Örnek no	Fraksiyonlar				Toplam
		f1	f2	f3	f4	
Sonbahar Kas.15	1	22,518	20,983	30,827	29,297	103,624
	2	18,933	22,152	35,811	26,025	102,921
	3	15,048	17,468	30,111	32,107	94,734
	4	11,340	13,524	27,381	29,076	81,321
	5	9,633	12,920	30,068	27,208	79,829
	6	15,670	14,750	28,877	34,966	94,264
	7	15,979	16,675	33,201	36,047	101,902
	8	21,219	24,675	32,681	18,413	96,987
	9	23,702	26,298	34,534	28,527	113,061
	10	20,088	24,730	42,676	21,497	108,991
Kış Oca.16	11	25,597	22,832	39,176	30,598	118,203
	12	12,586	14,819	30,584	36,817	94,806
	13	17,376	16,305	35,155	29,413	98,248
	14	18,556	18,511	40,832	21,764	99,662
	15	12,522	14,464	31,274	39,320	97,580
	16	18,912	14,577	34,313	29,181	96,983
	17	18,349	16,875	34,177	39,684	109,085
	18	24,299	20,626	39,626	27,308	111,859
	19	20,952	21,419	41,328	22,588	106,287
	20	30,288	22,415	42,460	27,565	122,727
İlkbahar Nis.16	21	28,211	20,569	37,191	27,528	113,499
	22	23,589	21,042	30,621	25,594	100,846
	23	22,182	16,870	35,904	35,640	110,596
	24	16,154	12,400	27,220	41,252	97,027
	25	17,322	14,771	29,011	48,880	109,984
	26	20,029	12,209	29,841	33,827	95,906
	27	15,199	13,965	35,992	41,579	106,735
	28	18,247	13,890	32,046	26,292	90,475
	29	25,782	19,537	38,164	26,385	109,868
	30	17,216	12,829	33,856	27,989	91,891
Yaz Tem.16	31	13,586	13,752	15,497	19,995	62,830
	32	14,639	13,958	14,621	18,682	61,901
	33	9,889	9,988	13,962	16,511	50,350
	34	15,864	13,739	19,573	18,801	67,977
	35	7,305	8,697	14,474	15,524	46,000
	36	8,619	9,502	14,274	14,979	47,373
	37	10,849	11,087	15,309	14,951	52,196
	38	16,177	17,497	14,524	13,995	62,194
	39	16,915	15,780	15,750	13,414	61,858
	40	16,620	18,530	14,561	14,134	63,846
Sonbahar Eki.16	41	15,428	13,462	17,152	20,182	66,224
	42	13,563	14,067	14,194	14,098	55,922
	43	12,385	12,231	14,051	18,773	57,440
	44	17,093	19,875	18,116	16,189	71,273
	45	8,492	8,914	13,939	21,134	52,480
	46	10,301	8,816	14,318	17,548	50,983
	47	10,632	11,338	14,327	19,417	55,714
	48	17,123	13,932	15,074	18,114	64,243
	49	17,304	13,557	15,392	17,353	63,607
	50	17,263	14,931	15,848	14,013	62,055



Şekil 4.18. Toprak örneklerindeki arsenik fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

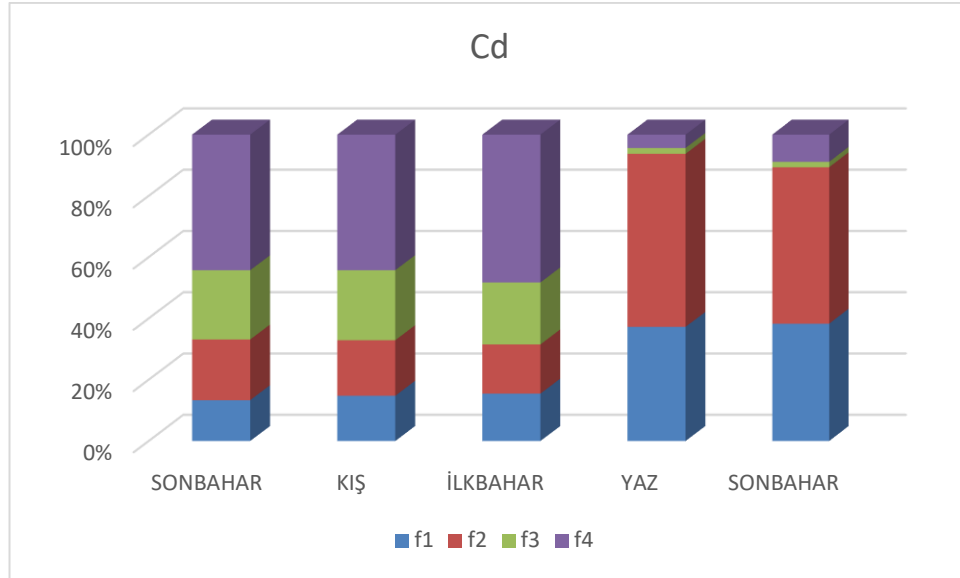
4.3.9. Toprak örneklerinde Cd durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen kadmiyumun Tablo 4.11.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 0,20208-1,07384 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 0,61 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise kadmiyum ortalama 0,77 mg/kg ile 0,2996-1,26744 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Cd miktarının ise 0,72 mg/kg ortalama ile 0,0159-1,47265 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Cd ise 0,0159- 4,3497 mg/kg aralığında ortalama 1,51 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 11'de 7. istasyonun Cd değeri yüksek çıkmıştır. Cd değerinin yüksek çıkması boya sanayi, yanan motor yağı, araç lastiklerinin aşınması, dizel yakıt, fosil yakıtlar, PVC türü plastik, metal atıkların yakılması ve atmosfere ulaşan Cu çok çabuk oksitlenerek CdO haline dönüşüp, serpinti yoluyla tekrar yeryüzüne dönmesinden kaynaklanabilir.

Şekil 4.19.' de toprak örneklerindeki kadmiyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.11. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde kadmiyum (Cd) miktarları (mg/kg)

Cd		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	0,854	0,981	1,200	2,826	5,862
		2	0,688	1,009	1,154	2,171	5,022
		3	0,602	0,920	1,025	1,988	4,536
		4	0,522	0,864	1,021	2,079	4,486
		5	0,491	0,868	1,085	1,844	4,289
		6	0,662	0,998	1,053	2,097	4,811
		7	0,660	1,055	1,373	3,287	6,374
		8	0,767	1,110	1,127	1,758	4,762
		9	0,862	1,267	1,208	2,893	6,230
		10	0,756	1,136	1,390	1,861	5,142
Kış	Oca.16	11	0,941	1,025	1,242	2,706	5,914
		12	0,637	0,907	1,113	2,180	4,836
		13	0,721	0,896	1,148	2,207	4,972
		14	0,764	0,995	1,264	1,827	4,849
		15	0,649	0,951	1,133	2,138	4,871
		16	0,814	0,982	1,221	2,343	5,360
		17	0,773	1,044	1,372	3,889	7,077
		18	0,913	1,049	1,254	2,311	5,527
		19	0,830	1,034	1,340	2,144	5,348
		20	1,074	1,080	1,473	2,570	6,197
İlkbahar	Nis.16	21	1,049	0,931	1,232	2,387	5,599
		22	0,928	0,959	1,014	2,327	5,229
		23	0,916	0,941	1,102	2,179	5,138
		24	0,760	0,791	0,967	2,789	5,307
		25	0,867	0,878	0,976	2,137	4,858
		26	0,922	0,896	1,128	2,496	5,442
		27	0,755	0,936	1,449	4,350	7,489
		28	0,843	0,928	1,137	2,368	5,275
		29	0,980	0,983	1,201	2,191	5,355
		30	0,793	0,893	1,316	4,241	7,243
Yaz	Tem.16	31	0,323	0,565	0,016	0,154	1,058
		32	0,337	0,483	0,016	0,028	0,863
		33	0,228	0,347	0,016	0,016	0,607
		34	0,369	0,405	0,016	0,016	0,806
		35	0,202	0,370	0,016	0,016	0,604
		36	0,242	0,415	0,016	0,016	0,689
		37	0,261	0,517	0,016	0,071	0,865
		38	0,363	0,517	0,016	0,016	0,913
		39	0,417	0,590	0,016	0,016	1,039
		40	0,372	0,513	0,016	0,016	0,916
Sonbahar	Eki.16	41	0,396	0,619	0,016	0,130	1,162
		42	0,326	0,548	0,016	0,016	0,906
		43	0,294	0,393	0,016	0,021	0,723
		44	0,418	0,496	0,016	0,016	0,945
		45	0,245	0,370	0,016	0,016	0,647
		46	0,274	0,300	0,016	0,016	0,605
		47	0,282	0,540	0,016	0,433	1,272
		48	0,402	0,404	0,016	0,016	0,838
		49	0,428	0,527	0,016	0,124	1,095
		50	0,398	0,420	0,016	0,016	0,850



Şekil 4.19. Toprak örneklerindeki kadmiyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

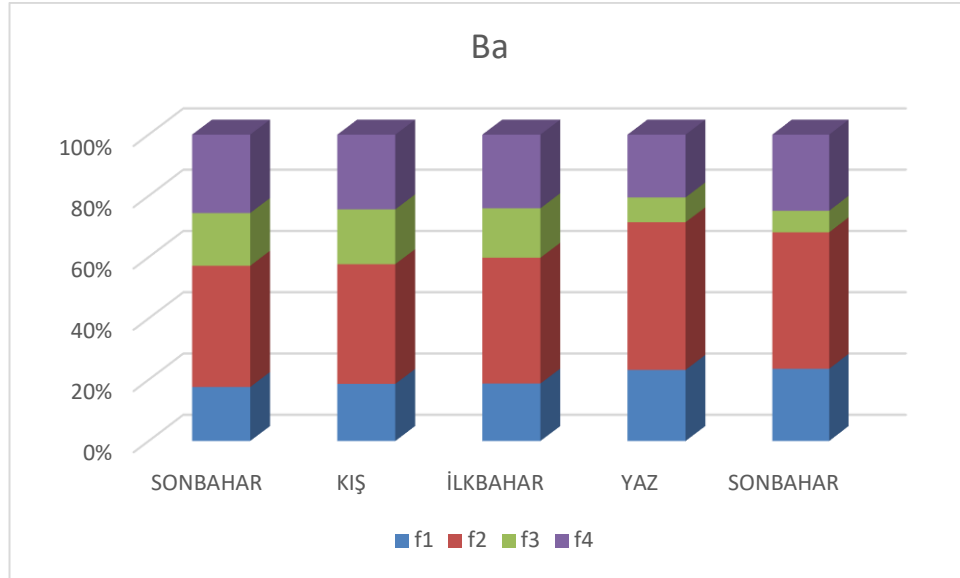
4.3.10. Toprak örneklerinde Ba durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen baryumun Tablo 4.12.'ye bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 4,27396-38,44764 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 17,85 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise baryum ortalama 37,21 mg/kg ile 8,44808-99,3468 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Ba miktarının ise 11,45 mg/kg ortalama ile 0,86455-38,33065 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Ba ise 5,5496- 5,5496 mg/kg aralığında ortalama 20,79 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.12'ye bakıldığında 7. istasyonda Ba değerinin yüksek olduğu görülmüştür. Ba genellikle fren balatalarının altlık malzemesinde ve sıcak su çıkan bölgelerde bulunur.

Şekil 4.20.' de toprak örneklerindeki baryum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.12. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde baryum (Ba) miktarları (mg/kg)

Ba		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	20,541	33,009	20,937	32,284	106,772
		2	23,785	37,052	15,011	30,151	105,999
		3	8,223	11,630	2,781	10,898	33,533
		4	4,274	9,527	2,546	9,818	26,164
		5	9,409	20,876	7,266	7,625	45,175
		6	9,441	27,044	4,902	11,486	52,873
		7	18,897	62,750	20,298	14,483	116,427
		8	21,549	44,665	13,438	27,322	106,975
		9	12,199	35,920	13,913	29,582	91,613
		10	14,539	38,215	38,331	33,772	124,857
Kış	Oca.16	11	27,684	40,886	22,892	42,368	133,829
		12	6,437	14,736	3,528	10,059	34,760
		13	6,358	13,155	4,570	8,321	32,405
		14	12,751	22,036	13,950	14,124	62,861
		15	7,461	15,716	3,205	8,868	35,251
		16	11,520	25,013	8,583	13,275	58,391
		17	23,127	76,764	22,520	17,546	139,957
		18	30,694	42,809	25,998	35,934	135,434
		19	12,776	35,369	23,894	29,747	101,787
		20	10,614	26,580	14,019	15,214	66,426
İlkbahar	Nis.16	21	28,913	39,383	21,700	38,925	128,920
		22	25,322	38,879	16,089	33,864	114,154
		23	14,600	22,600	6,959	12,352	56,510
		24	8,167	19,151	3,746	11,291	42,355
		25	8,996	18,037	3,907	9,259	40,199
		26	12,167	26,797	8,808	16,597	64,368
		27	15,882	68,238	32,621	16,928	133,669
		28	19,693	44,413	14,396	29,506	108,009
		29	23,154	46,204	17,285	38,750	125,394
		30	21,594	67,087	28,063	21,275	138,019
Yaz	Tem.16	31	22,801	54,914	10,134	28,430	116,279
		32	31,323	49,799	7,336	18,867	107,324
		33	5,678	12,156	0,883	5,550	24,267
		34	18,074	24,882	4,422	18,596	65,974
		35	14,957	24,044	3,187	7,493	49,681
		36	7,026	20,401	0,865	7,387	35,679
		37	23,787	99,347	11,616	9,626	144,376
		38	27,462	51,001	13,486	30,972	122,921
		39	24,340	47,631	10,511	24,297	106,779
		40	36,994	56,525	11,833	36,144	141,496
Sonbahar	Eki.16	41	27,192	59,564	13,524	27,601	127,881
		42	22,772	40,697	3,821	20,294	87,584
		43	11,342	23,278	3,634	12,235	50,489
		44	8,688	8,448	1,487	6,366	24,989
		45	15,173	27,089	3,860	11,690	57,812
		46	6,720	9,906	1,851	9,287	27,764
		47	21,999	84,676	8,662	13,434	128,771
		48	32,929	43,840	9,150	41,620	127,539
		49	23,964	44,695	7,846	37,473	113,978
		50	38,448	53,175	8,444	40,570	140,636



Şekil 4.20. Toprak örneklerindeki baryum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

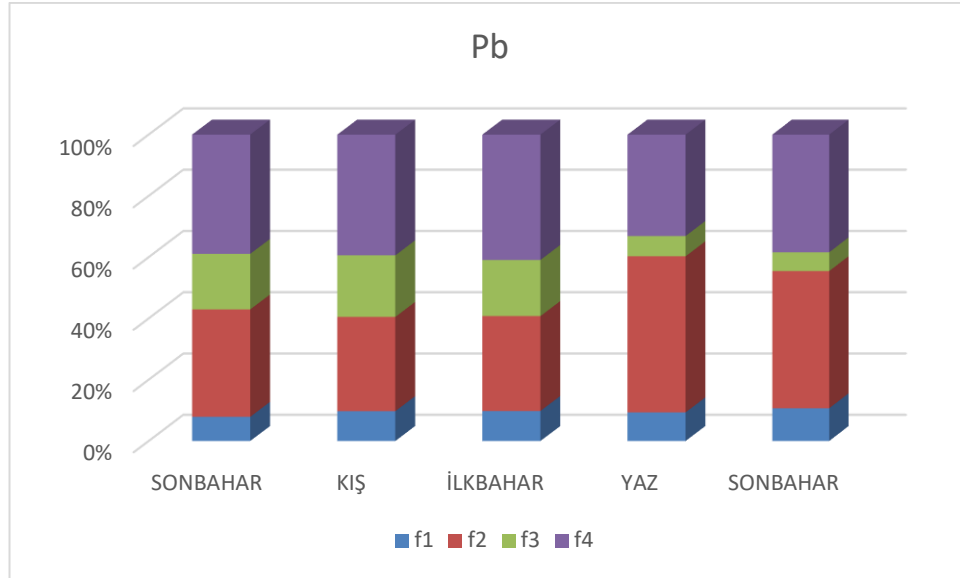
4.3.11. Toprak örneklerinde Pb durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen kurşunun Tablo 4.13.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 2,05552-7,27412 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 4,07 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise kurşun ortalama 15,90 mg/kg ile 7,9928-31,98032 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Pb miktarının ise 6,51 mg/kg ortalama ile 0,8804-25,79445 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Pb ise 8,0123- 32,56895 mg/kg aralığında ortalama 16,65 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.13'te 7 nolu istasyonda Pb değeri ilkbahar mevsiminde yüksek bulunmuştur. Pb değeri sarı kırmızı yol çizgileri ve fosil yakıtların yakılmasından dolayı ortaya çıkabilir.

Şekil 4.21.' de toprak örneklerindeki kurşun fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.13. Mevsimsel olarak toprak örneklerinde kurşun (Pb) miktarları (mg/kg)

Pb		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	4,318	13,037	7,653	20,222	45,230
		2	3,777	12,957	7,726	15,675	40,135
		3	2,749	16,729	5,587	16,329	41,394
		4	2,942	15,843	5,046	16,601	40,433
		5	2,492	20,565	11,065	16,834	50,957
		6	3,148	21,903	6,118	18,861	50,030
		7	3,284	18,990	13,187	25,668	61,129
		8	4,332	11,505	6,289	11,561	33,686
		9	5,045	16,853	8,272	21,473	51,642
		10	4,562	14,398	13,283	17,537	49,780
Kış	Oca.16	11	5,710	10,831	8,653	18,601	43,795
		12	3,672	22,298	6,953	17,180	50,102
		13	3,925	14,648	10,399	16,580	45,552
		14	4,222	14,853	12,562	12,139	43,776
		15	3,746	18,208	7,044	19,567	48,565
		16	4,395	20,829	12,890	22,781	60,894
		17	4,342	14,476	11,498	29,128	59,444
		18	5,484	10,838	7,589	17,105	41,016
		19	4,666	11,339	8,464	17,452	41,922
		20	7,145	11,141	11,580	20,864	50,731
İlkbahar	Nis.16	21	6,674	9,356	8,270	18,078	42,378
		22	5,752	11,703	6,202	18,104	41,762
		23	5,423	21,059	10,195	17,396	54,073
		24	4,182	19,240	5,405	25,406	54,233
		25	4,478	17,430	5,527	19,607	47,042
		26	5,195	20,002	10,545	25,103	60,844
		27	7,274	31,980	25,794	32,569	97,618
		28	5,056	17,092	9,395	23,009	54,551
		29	6,338	12,846	7,153	18,048	44,385
		30	4,680	13,306	14,368	32,519	64,873
Yaz	Tem.16	31	2,790	15,001	1,750	12,796	32,336
		32	3,083	15,344	1,734	11,455	31,616
		33	2,056	16,299	1,287	10,524	30,165
		34	3,501	8,565	2,880	12,164	27,110
		35	2,167	29,706	2,350	10,550	44,773
		36	2,167	16,265	1,406	11,033	30,870
		37	2,796	24,987	4,318	12,103	44,204
		38	3,697	11,630	1,925	8,012	25,264
		39	4,050	16,414	2,210	9,757	32,430
		40	3,941	10,744	1,552	8,786	25,023
Sonbahar	Eki.16	41	3,491	14,756	2,323	12,937	33,506
		42	3,172	13,473	0,880	12,065	29,590
		43	2,904	17,409	1,212	11,803	33,327
		44	4,212	10,864	4,769	9,748	29,592
		45	2,652	28,555	2,036	14,017	47,260
		46	2,638	12,182	1,284	10,819	26,924
		47	2,630	18,783	2,181	16,070	39,663
		48	4,176	7,993	1,924	12,252	26,344
		49	4,294	11,513	1,698	14,698	32,203
		50	4,144	8,184	1,359	8,904	22,591



Şekil 4.21. Toprak örneklerindeki kurşun fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

4.4. Sediment Örneklerinin Ağır Metal Durumu

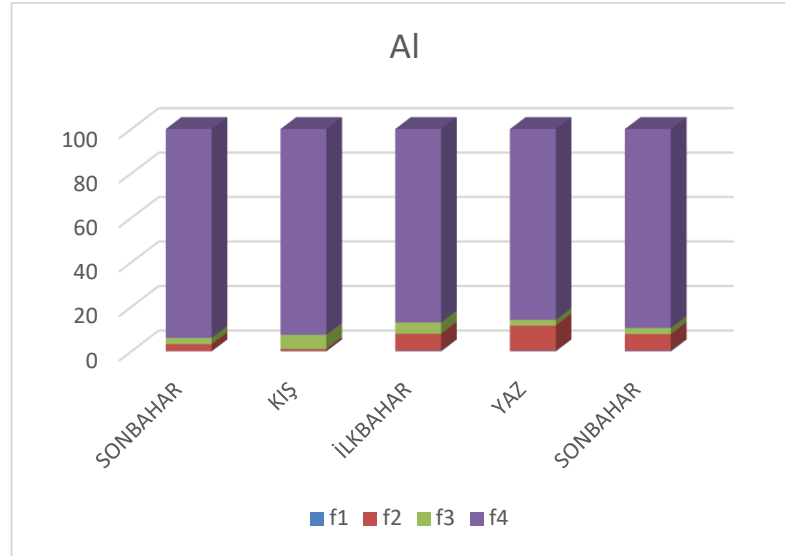
4.4.1. Sediment örneklerinde Al durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen alüminyumun Tablo 4.14.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 0,41268-100,9928 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 32,281 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise alüminyum ortalama 911,808 mg/kg ile 4,864- 2165,28 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Al miktarının ise 555,2379 mg/kg ortalama ile 6,08- 2480,505 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Al ise 2576,565- 36917,9 mg/kg aralığında ortalama 13927,72 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Aynı tabloda tüm sonuçlar incelendiğinde 5. İstasyonda sonbahar mevsiminde Al ortalama değerinin diğer istasyonlara göre yüksek olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.22.' de sediment örneklerindeki alüminyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.14. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde alüminyum (Al) miktarları (mg/kg)

Al	Örnek no	Fraksiyonlar				Toplam
		f1	f2	f3	f4	
Sonbahar Kas.15	1	8,071	59,348	74,185	16288,250	16429,854
	2	32,005	1091,120	1013,325	22110,000	24246,450
	3	4,715	832,228	74,185	23704,800	24615,928
	4	32,684	941,472	757,315	35329,000	37060,471
	5	21,921	1591,420	935,675	36917,900	39466,916
	6	33,970	250,468	383,290	16203,600	16871,328
	7	25,631	796,284	762,110	25941,300	27525,325
	8	0,413	59,348	74,185	17845,800	17979,746
	9	31,071	592,484	1084,520	15698,150	17406,225
	10	49,976	1582,744	1907,240	23686,100	27226,060
Kış Oca.16	11	2,139	59,348	74,185	3053,175	3188,847
	12	28,726	71,388	1124,245	17694,450	18918,809
	13	0,413	59,348	74,185	10088,000	10221,946
	14	33,868	275,972	1696,920	15609,100	17615,860
	15	20,065	59,348	74,185	9101,300	9254,898
	16	23,271	59,348	74,185	7110,750	7267,554
	17	26,816	87,172	1742,950	10894,850	12751,788
	18	0,413	59,348	74,185	7432,650	7566,596
	19	23,136	59,348	74,185	4729,235	4885,904
	20	23,903	198,776	1907,950	14340,250	16470,879
İlkbahar Nis.16	21	6,058	4,864	6,080	5304,850	5321,852
	22	39,097	981,528	8,690	14056,900	15086,215
	23	8,130	17,760	23,235	7769,100	7818,225
	24	52,744	1313,824	2480,505	13037,350	16884,423
	25	27,659	718,856	152,940	9759,200	10658,655
	26	49,162	529,220	142,925	6828,850	7550,157
	27	35,929	1198,812	551,555	9656,350	11442,646
	28	38,008	966,336	924,190	9198,950	11127,484
	29	42,540	789,628	248,460	5224,500	6305,128
	30	48,799	2164,332	1280,290	18391,250	21884,671
Yaz Tem.16	31	2,788	2045,840	6,080	2576,565	4631,273
	32	50,949	2165,280	718,600	12822,100	15756,929
	33	29,341	1512,732	57,390	19578,350	21177,813
	34	59,091	1318,584	564,615	15568,100	17510,390
	35	25,272	1002,572	252,565	11353,350	12633,759
	36	57,117	1083,064	231,015	10289,050	11660,246
	37	32,890	1903,956	374,625	11900,150	14211,621
	38	5,992	2149,808	289,550	12433,100	14878,450
	39	63,886	1221,232	389,520	10180,650	11855,288
	40	69,617	2075,908	875,685	18284,650	21305,860
Sonbahar Eki.16	41	4,567	1478,288	6,080	10094,200	11583,135
	42	58,564	1441,352	981,775	19677,350	22159,041
	43	11,201	612,476	54,405	16516,850	17194,932
	44	100,993	1113,812	478,280	21188,700	22881,785
	45	21,118	1102,208	44,880	13528,150	14696,356
	46	67,286	1045,908	265,025	7649,950	9028,169
	47	48,011	1281,096	495,635	15231,350	17056,092
	48	11,439	1133,524	598,090	14193,600	15936,653
	49	54,188	684,340	90,670	6488,200	7317,398
	50	68,415	1746,948	1185,335	13825,550	16826,248



Şekil 4.22. Sediment örneklerindeki alüminyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

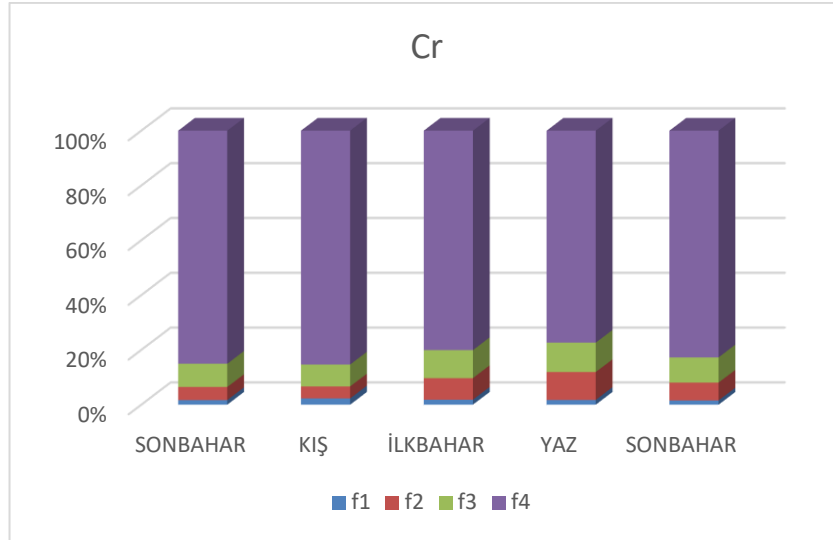
4.4.2. Sediment örneklerinde Cr durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen kromun Tablo 4.15.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 0,21464- 1,96488 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 0,948 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise krom ortalama 3,037 mg/kg ile 0,79884- 7,20676 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Cr miktarının ise 4,55 mg/kg ortalama ile 0,13455- 16,66355 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Cr ise 5,6048- 218,3005 mg/kg aralığında ortalama 42,44 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Aynı tabloda görüldüğü üzere 2. noktadaki değerler diğer değerlere göre yüksek çıkmıştır. Cr değerinin yüksek çıkması motor alaşımlarının aşınmasından yani trafikten kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.23.' de sediment örneklerindeki krom fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.15. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde krom (Cr) miktarları (mg/kg)

Cr		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	1,591	3,214	4,822	49,496	59,123
		2	1,447	6,701	16,664	218,301	243,112
		3	1,563	3,798	4,276	31,344	40,982
		4	1,434	4,634	9,278	68,910	84,256
		5	1,573	6,040	12,271	74,477	94,361
		6	1,037	2,744	3,666	26,541	33,988
		7	1,307	3,607	5,773	59,176	69,863
		8	1,695	2,440	3,840	41,075	49,050
		9	1,006	2,062	3,238	86,104	92,410
		10	1,200	4,285	6,061	46,211	57,756
Kış	Oca.16	11	1,731	2,258	3,130	153,062	160,181
		12	1,788	5,849	12,551	86,711	106,899
		13	1,965	2,265	4,750	86,524	95,504
		14	1,650	4,080	6,551	47,960	60,241
		15	1,845	3,269	4,666	55,649	65,429
		16	1,175	2,448	3,595	25,315	32,532
		17	1,632	3,138	7,657	28,171	40,599
		18	1,837	2,248	4,045	33,925	42,054
		19	1,110	1,929	1,866	43,391	48,295
		20	1,691	3,723	8,220	49,590	63,224
İlkbahar	Nis.16	21	0,671	0,918	1,676	10,873	14,138
		22	0,525	3,513	2,797	53,567	60,402
		23	0,597	0,799	1,433	6,900	9,729
		24	0,561	3,573	5,977	38,687	48,798
		25	0,579	2,145	1,309	30,970	35,003
		26	0,256	1,439	2,224	13,753	17,671
		27	0,559	2,026	3,638	18,522	24,745
		28	0,522	1,647	3,371	10,819	16,359
		29	0,215	1,605	0,518	5,605	7,942
		30	0,546	4,050	5,169	30,885	40,650
Yaz	Tem.16	31	0,742	1,812	1,549	9,063	13,165
		32	0,646	7,207	9,872	40,613	58,339
		33	0,559	2,633	0,461	32,407	36,059
		34	0,564	3,642	6,335	47,415	57,956
		35	0,705	2,521	4,843	28,664	36,733
		36	0,325	1,926	1,070	15,839	19,160
		37	0,574	3,944	3,138	18,649	26,306
		38	0,675	3,989	3,148	19,619	27,432
		39	0,354	1,793	0,990	11,604	14,741
		40	0,493	3,338	3,219	25,775	32,825
Sonbahar	Eki.16	41	0,714	3,781	2,941	29,648	37,084
		42	0,765	4,612	9,813	69,846	85,035
		43	0,737	1,298	2,366	26,042	30,442
		44	0,767	3,446	6,929	79,425	90,567
		45	0,747	2,642	1,114	40,432	44,935
		46	0,476	3,084	2,910	18,334	24,804
		47	0,682	2,154	3,599	23,992	30,428
		48	0,696	2,012	3,897	22,921	29,526
		49	0,326	0,905	0,135	8,559	9,925
		50	0,553	2,663	4,142	20,738	28,096



Şekil 4.23. Sediment örneklerindeki krom fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

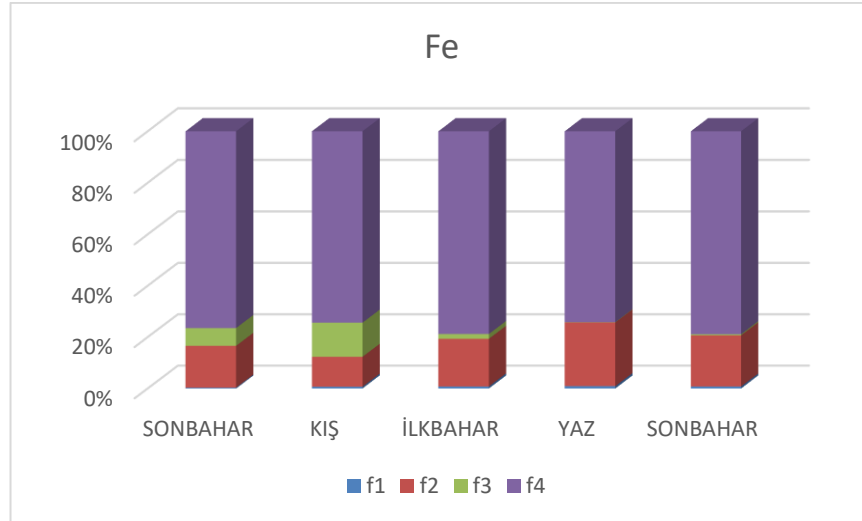
4.4.3. Sediment örneklerinde Fe durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen demirin Tablo 4.16.'ya bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 10,22764- 690,988 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 231,594 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise demir ortalama 6347,709 mg/kg ile 390,376- 16613 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Fe miktarının ise 2035,71 mg/kg ortalama ile 15,16- 12647,6 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Fe ise 5484,95- 66992,5 mg/kg aralığında ortalama 27775,11 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.16'da 4. İstasyonda Fe değerinin diğer değerlere göre yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.24.' de sediment örneklerindeki demir fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.16. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde demir (Fe) miktarları (mg/kg)

Fe		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	38,449	3534,084	1933,720	36698,100	42204,353
		2	265,388	14024,800	4924,900	48492,050	67707,138
		3	64,846	10139,720	2376,400	40131,500	52712,466
		4	327,378	16381,360	5566,150	66992,500	89267,388
		5	152,194	16500,000	4295,185	63544,500	84491,879
		6	275,399	7991,760	6679,650	56292,500	71239,309
		7	333,476	9413,360	3476,570	50384,500	63607,906
		8	51,192	8336,720	3548,135	36533,200	48469,247
		9	178,814	4320,960	5285,700	45753,400	55538,874
		10	559,008	16613,000	7320,400	58473,000	82965,408
Kış	Oca.16	11	30,834	573,912	2074,280	11798,750	14477,776
		12	519,876	8222,520	6241,300	43989,150	58972,846
		13	10,661	1560,648	2510,250	24029,000	28110,559
		14	690,988	8314,160	8126,600	36689,050	53820,798
		15	100,587	3459,020	3551,600	25854,450	32965,657
		16	179,600	2604,004	2602,725	33418,800	38805,129
		17	590,836	5529,600	6461,350	27577,150	40158,936
		18	29,679	2776,032	4686,580	21063,400	28555,691
		19	211,594	1877,840	1699,965	20906,850	24696,249
		20	376,472	9302,440	12647,600	37672,700	59999,212
İlkbahar	Nis.16	21	23,606	390,376	15,160	11886,150	12315,292
		22	216,602	5230,560	15,160	24828,800	30291,122
		23	10,228	611,072	15,160	10671,250	11307,710
		24	252,418	8263,800	2692,190	23188,800	34397,208
		25	77,528	2775,688	283,930	16585,950	19723,096
		26	219,668	2506,088	15,160	18001,400	20742,316
		27	230,712	5096,400	315,530	17462,750	23105,392
		28	148,082	4795,440	448,390	15930,600	21322,512
		29	235,643	2486,620	15,160	11246,600	13984,023
		30	386,428	9090,080	427,820	25442,150	35346,478
Yaz	Tem.16	31	15,611	3238,800	49,110	5484,950	8788,471
		32	385,661	9522,840	32,810	18210,050	28151,361
		33	194,842	6222,920	15,160	25713,750	32146,672
		34	457,012	7664,160	15,160	26302,950	34439,282
		35	70,298	4219,240	15,160	15809,000	20113,698
		36	368,576	4847,560	15,160	26400,650	31631,946
		37	223,986	8105,640	15,160	17155,200	25499,986
		38	54,462	12225,760	15,160	17445,550	29740,932
		39	375,907	3537,224	15,160	19822,050	23750,341
		40	438,052	8748,040	121,485	32044,850	41352,427
Sonbahar	Eki.16	41	11,022	6205,800	15,160	15453,350	21685,332
		42	414,136	8126,360	297,655	32494,050	41332,201
		43	25,009	2908,816	15,160	22724,250	25673,235
		44	354,996	5330,480	38,160	33206,950	38930,586
		45	83,125	4316,680	15,160	20301,050	24716,015
		46	369,838	4835,480	15,160	18431,050	23651,528
		47	229,404	4979,200	15,160	21793,450	27017,214
		48	106,374	8009,120	476,850	21008,300	29600,644
		49	202,368	1792,620	15,160	13334,400	15344,548
		50	410,836	9826,640	319,640	24080,600	34637,716



Şekil 4.24. Sediment örneklerindeki demir fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

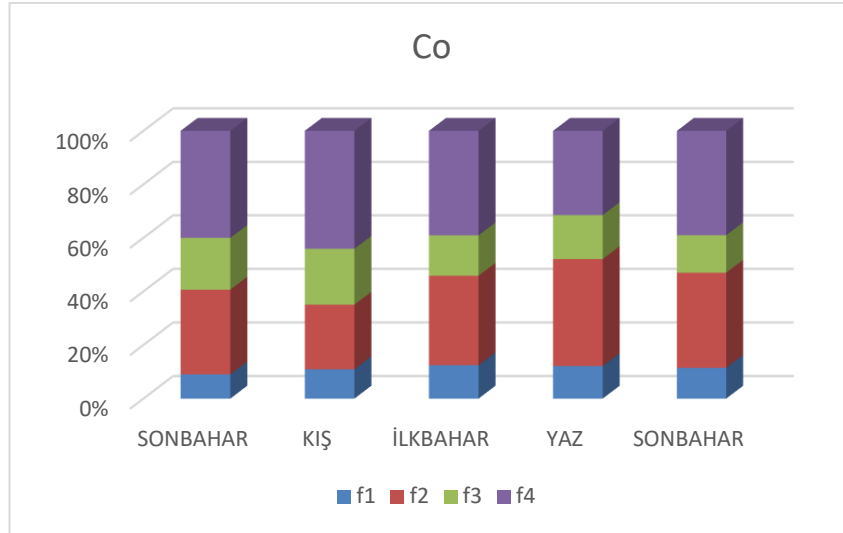
4.4.4. Sediment örneklerinde Co durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen kobaltın Tablo 4.17.'ye bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 0,5836- 2,69364 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 1,58 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise kobalt ortalama 4,66 mg/kg ile 0,58828- 10,25504 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Co miktarının ise 2,52 mg/kg ortalama ile 0,0306- 5,4039 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Co ise 1,4323- 10,45005 mg/kg aralığında ortalama 5,62 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.17'de 2. İstasyonda Co elementinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.25.' de sediment örneklerindeki kobalt fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.17. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde kobalt (Co) miktarları (mg/kg)

Co		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	0,914	1,942	2,500	7,417	12,773
		2	1,560	7,862	5,116	10,391	24,930
		3	1,147	4,292	3,062	6,596	15,096
		4	2,055	7,387	5,404	8,295	23,141
		5	1,599	7,282	4,648	8,711	22,240
		6	2,483	7,708	3,694	5,391	19,275
		7	1,363	4,621	2,678	8,197	16,859
		8	1,257	1,945	2,407	6,481	12,091
		9	2,190	5,213	2,982	5,117	15,502
		10	2,169	10,255	3,308	7,498	23,230
Kış	Oca.16	11	0,945	1,028	1,708	6,916	10,596
		12	2,694	7,649	5,267	10,450	26,059
		13	1,301	1,322	2,813	7,720	13,156
		14	1,891	6,914	4,055	7,869	20,728
		15	1,354	2,969	3,179	9,392	16,894
		16	2,019	4,486	4,176	5,592	16,272
		17	2,011	4,216	3,747	7,022	16,995
		18	1,142	1,183	2,565	4,842	9,732
		19	1,750	3,753	1,518	4,212	11,233
		20	2,614	5,482	4,750	7,392	20,239
İlkbahar	Nis.16	21	0,606	0,588	0,172	2,503	3,869
		22	1,331	4,942	1,042	6,865	14,181
		23	0,711	0,731	0,363	3,560	5,365
		24	2,178	6,274	4,124	5,179	17,755
		25	0,731	2,577	0,153	7,184	10,646
		26	1,745	4,608	2,138	3,112	11,603
		27	1,099	3,914	2,228	4,133	11,375
		28	1,446	3,099	2,788	2,338	9,672
		29	1,370	3,400	0,682	1,440	6,893
		30	2,043	5,348	2,417	5,230	15,038
Yaz	Tem.16	31	0,584	1,371	0,031	1,432	3,418
		32	2,008	7,481	3,181	4,293	16,962
		33	0,993	4,352	0,799	7,205	13,349
		34	2,257	8,177	3,923	5,180	19,537
		35	0,956	3,466	2,458	5,029	11,909
		36	2,615	6,395	2,463	3,678	15,152
		37	0,732	3,814	1,779	3,598	9,923
		38	1,178	4,954	2,262	3,351	11,746
		39	1,830	3,995	0,949	2,346	9,121
		40	2,468	7,332	3,317	4,387	17,505
Sonbahar	Eki.16	41	0,938	4,014	0,035	5,487	10,475
		42	2,235	6,742	3,825	8,058	20,860
		43	1,002	1,695	0,151	7,140	9,987
		44	1,639	7,460	4,850	7,898	21,847
		45	1,189	3,455	0,271	7,523	12,438
		46	2,621	6,184	1,308	2,679	12,791
		47	1,151	3,829	2,113	4,754	11,846
		48	1,523	3,595	3,341	4,132	12,592
		49	1,113	2,933	0,775	2,230	7,052
		50	2,433	8,994	2,662	3,845	17,934



Şekil 4.25. Sediment örneklerindeki kobalt fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

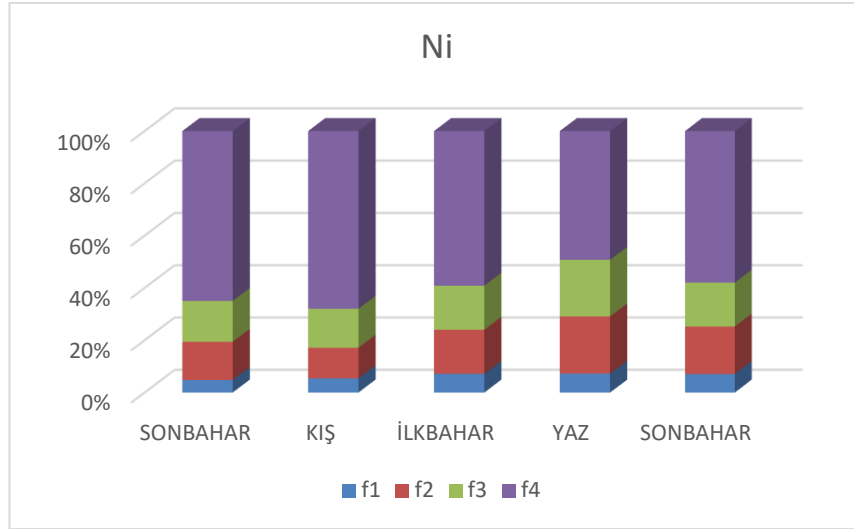
4.4.5. Sediment örneklerinde Ni durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen nikelin Tablo 4.18.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 1,71984-6,96628 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 3,83 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise nikel ortalama 10,068 mg/kg ile 1,86864-21,05888 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Ni miktarının ise 10,53704 mg/kg ortalama ile 1,4359-30,14935 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Ni ise 7,9861- 146,842 mg/kg aralığında ortalama 38,16 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.18' de Ni elementinin 2. İstasyonda yüksek olduğu görülmektedir. Ni elementi fosil yakıtların yakılması, dizel yakıtlar, motor yağına katılan Ni, lağım çamuru karışmış toprakta bulunmaktadır.

Şekil 4.26.' de sediment örneklerindeki nikel fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.18. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde nikel (Ni) miktarları (mg/kg)

Ni		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	2,565	6,176	7,054	48,384	64,180
		2	4,876	21,059	30,149	146,842	202,926
		3	2,933	9,981	7,311	27,975	48,201
		4	5,936	15,595	18,889	57,031	97,451
		5	4,820	19,115	22,398	61,436	107,768
		6	4,391	11,876	9,912	28,710	54,889
		7	3,113	8,918	10,886	46,467	69,384
		8	3,169	5,393	4,680	31,898	45,141
		9	3,115	7,058	7,254	53,381	70,807
		10	4,869	16,748	11,565	39,105	72,288
Kış	Oca.16	11	2,402	2,874	4,095	93,183	102,553
		12	6,966	19,894	26,958	79,753	133,571
		13	3,204	4,288	6,067	63,065	76,624
		14	4,474	12,992	13,803	45,652	76,921
		15	3,451	9,437	8,885	60,528	82,300
		16	3,738	8,633	11,424	28,322	52,117
		17	4,486	7,774	13,325	30,804	56,389
		18	2,914	4,177	6,194	26,611	39,895
		19	2,750	5,568	4,102	31,018	43,439
		20	5,964	10,951	15,734	44,630	77,278
İlkbahar	Nis.16	21	2,108	1,869	1,436	20,162	25,575
		22	4,423	14,837	12,258	61,419	92,937
		23	1,788	2,397	1,616	11,819	17,620
		24	6,112	14,444	17,994	44,240	82,791
		25	2,398	7,822	2,885	44,606	57,710
		26	3,758	8,699	9,323	20,762	42,542
		27	3,145	7,264	9,482	21,474	41,365
		28	2,626	4,769	7,778	13,602	28,775
		29	2,162	5,264	3,416	7,986	18,829
		30	5,022	11,578	12,799	31,119	60,519
Yaz	Tem.16	31	1,720	3,492	2,485	11,446	19,143
		32	6,061	20,898	26,906	38,488	92,354
		33	2,410	9,429	7,209	31,015	50,062
		34	6,126	17,113	18,533	42,375	84,147
		35	2,797	10,090	15,533	33,128	61,548
		36	4,053	10,380	7,244	21,214	42,891
		37	2,108	8,680	9,329	18,832	38,949
		38	3,162	11,712	8,438	16,708	40,020
		39	2,814	5,698	3,726	10,992	23,230
		40	5,480	12,886	10,138	24,701	53,204
Sonbahar	Eki.16	41	2,950	11,456	2,723	34,004	51,133
		42	6,452	17,324	25,050	68,191	117,016
		43	2,563	4,788	1,605	30,475	39,432
		44	5,992	16,446	21,504	64,505	108,447
		45	3,588	10,319	3,748	46,553	64,209
		46	4,960	13,043	8,861	18,555	45,418
		47	3,153	7,587	9,903	24,539	45,182
		48	4,055	7,947	10,676	20,527	43,205
		49	1,825	3,494	3,001	8,519	16,839
		50	5,576	13,205	10,566	21,176	50,523



Şekil 4.26. Sediment örneklerindeki nikel fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

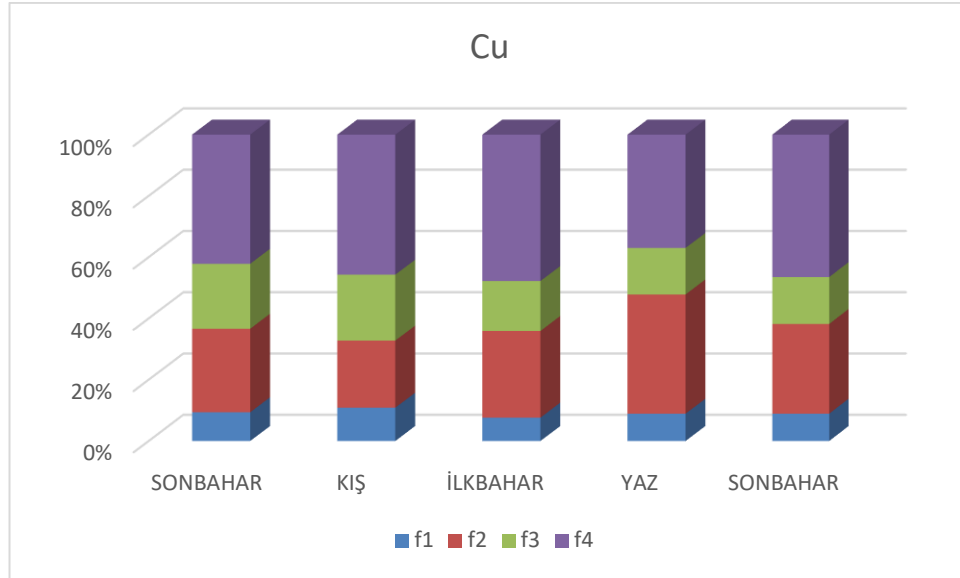
4.4.6. Sediment örneklerinde Cu durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen bakırın Tablo 4.19.'a bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 1,71004-6,76768 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 3,56 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenebilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise bakır ortalama 10,99 mg/kg ile 2,06396-21,96768 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Cu miktarının ise 7,04 mg/kg ortalama ile 1,06905-15,55495 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Cu ise 4,8597- 31,9741 mg/kg aralığında ortalama 16,81 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.19'da 2. İstasyonda Cu elementinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir.

Şekil 4.27.' de sediment örneklerindeki bakır fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.19. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde bakır (Cu) miktarları (mg/kg)

Cu		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	3,240	6,874	6,061	14,376	30,551
		2	4,217	18,558	11,064	22,767	56,606
		3	3,577	12,104	6,096	18,102	39,878
		4	5,833	15,278	15,555	25,321	61,986
		5	4,274	17,747	9,919	27,867	59,807
		6	5,472	13,083	13,882	18,227	50,664
		7	5,073	14,757	5,622	27,607	53,058
		8	3,630	4,233	11,515	16,310	35,687
		9	4,235	7,108	9,817	14,296	35,455
		10	5,791	21,968	12,945	18,876	59,580
Kış	Oca.16	11	3,613	4,120	4,553	9,129	21,415
		12	5,462	17,583	8,775	31,974	63,795
		13	4,126	4,085	11,856	18,844	38,912
		14	4,655	14,025	7,853	27,771	54,304
		15	3,586	7,989	8,193	18,276	38,044
		16	5,105	11,158	10,314	17,506	44,083
		17	4,891	12,603	7,855	26,830	52,179
		18	3,831	3,945	14,260	13,008	35,044
		19	6,768	7,928	5,565	11,925	32,186
		20	5,360	11,853	14,408	23,728	55,349
İlkbahar	Nis.16	21	1,913	2,064	2,942	7,487	14,406
		22	2,188	10,214	2,353	23,432	38,186
		23	1,873	2,182	3,356	11,973	19,384
		24	3,197	13,697	10,151	18,730	45,775
		25	1,710	6,738	1,620	14,867	24,934
		26	3,273	10,131	6,587	13,357	33,347
		27	2,347	9,934	3,969	18,522	34,772
		28	2,149	6,539	10,609	10,474	29,771
		29	2,255	8,019	3,148	8,496	21,918
		30	2,627	17,511	5,424	19,783	45,344
Yaz	Tem.16	31	1,989	3,289	2,510	4,860	12,647
		32	2,921	20,323	5,332	13,457	42,033
		33	2,262	8,265	2,091	23,131	35,749
		34	4,090	17,145	13,092	14,242	48,569
		35	2,031	8,403	2,397	13,166	25,997
		36	4,457	13,595	6,954	12,454	37,461
		37	2,678	14,701	2,190	11,294	30,864
		38	2,188	18,056	4,616	11,452	36,312
		39	3,101	9,120	3,169	7,848	23,238
		40	4,339	18,348	8,910	12,845	44,442
Sonbahar	Eki.16	41	2,140	10,475	1,069	11,500	25,184
		42	3,038	14,111	7,117	26,384	50,650
		43	2,246	4,157	3,687	21,252	31,342
		44	5,935	11,728	8,972	25,455	52,090
		45	2,175	8,461	1,855	16,384	28,876
		46	3,778	16,536	4,947	9,431	34,693
		47	3,313	9,384	3,706	18,520	34,922
		48	2,670	8,745	9,147	14,853	35,415
		49	2,853	5,435	2,068	8,886	19,241
		50	3,704	15,404	11,964	13,144	44,216



Şekil 4.27. Sediment örneklerindeki bakır fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

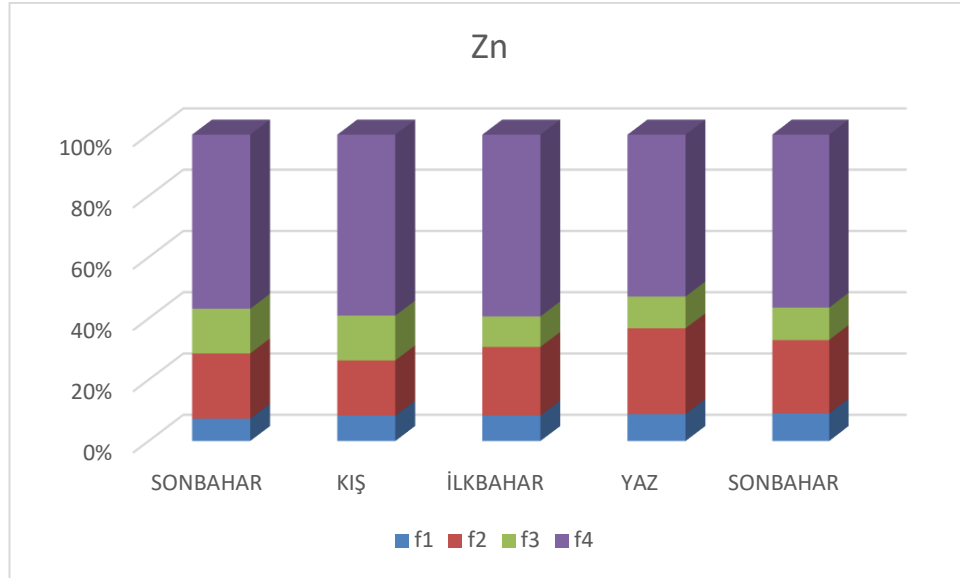
4.4.7. Sediment örneklerinde Zn durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen çinkonun Tablo 4.20.'ye bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 2,43524-12,00696 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 6,505 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise çinko ortalama 17,70 mg/kg ile 6,29112-29,98048 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Zn miktarının ise 9,70 mg/kg ortalama ile 1,73155-19,8407 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Zn ise 11,71945- 73,914 mg/kg aralığında ortalama 44,87 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.20'de 2. istasyonda Zn değerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni araç lastiklerinin aşınması sonucu asfalt üzerinden yağmur suyuyla toprağa karışması olabilir.

Şekil 4.28.' de sediment örneklerindeki çinko fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.20. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde çinko (Zn) miktarları (mg/kg)

Zn		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	4,580	9,650	7,645	46,478	68,352
		2	8,514	28,444	17,683	56,064	110,705
		3	4,910	24,433	9,123	44,200	82,666
		4	12,007	28,770	19,841	62,735	123,352
		5	8,067	27,978	18,417	62,140	116,602
		6	8,035	17,965	16,217	73,914	116,131
		7	5,334	20,186	10,719	59,215	95,454
		8	5,912	17,335	13,059	49,592	85,897
		9	4,918	9,859	16,598	50,661	82,036
		10	10,360	28,100	16,400	61,637	116,496
Kış	Oca.16	11	5,357	7,407	6,606	31,672	51,042
		12	8,425	24,960	13,906	65,141	112,432
		13	4,806	12,390	11,852	45,089	74,137
		14	7,671	23,167	14,733	59,345	104,915
		15	5,128	10,686	7,547	47,029	70,391
		16	4,380	9,356	13,787	50,377	77,899
		17	9,965	18,188	12,873	55,389	96,416
		18	6,648	14,148	14,551	33,335	68,681
		19	6,543	8,063	6,847	44,770	66,223
		20	9,838	21,436	18,999	58,554	108,827
İlkbahar	Nis.16	21	3,754	6,369	3,523	30,768	44,414
		22	5,797	21,098	2,930	55,031	84,856
		23	2,435	6,291	4,468	34,653	47,847
		24	8,023	21,494	10,804	41,511	81,832
		25	2,836	9,246	1,883	44,655	58,620
		26	6,047	10,782	9,242	45,917	71,987
		27	6,193	20,377	7,611	38,360	72,542
		28	10,506	23,598	12,315	40,217	86,636
		29	4,225	10,283	5,487	33,017	53,012
		30	7,340	24,091	10,202	42,825	84,458
Yaz	Tem.16	31	2,743	9,062	1,732	11,719	25,256
		32	7,950	28,506	9,211	32,250	77,917
		33	3,845	20,669	2,716	51,841	79,071
		34	8,345	21,659	10,878	44,597	85,479
		35	3,136	15,932	3,972	29,506	52,546
		36	7,077	14,000	13,126	51,333	85,536
		37	5,130	21,176	4,835	30,472	61,613
		38	4,881	29,980	7,371	28,500	70,732
		39	7,119	12,162	6,200	34,161	59,642
		40	10,712	20,395	11,900	51,186	94,193
Sonbahar	Eki.16	41	2,849	19,917	3,268	29,206	55,240
		42	6,745	19,961	10,156	55,278	92,140
		43	5,238	16,760	4,001	49,339	75,338
		44	7,963	13,047	11,085	54,775	86,870
		45	3,798	13,340	1,862	40,224	59,224
		46	9,530	17,157	10,162	35,654	72,503
		47	6,162	19,027	6,737	39,703	71,629
		48	7,015	26,833	13,674	36,789	84,311
		49	5,109	7,750	4,577	25,491	42,927
		50	11,370	21,539	11,840	46,545	91,294



Şekil 4.28. Sediment örneklerindeki çinko fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

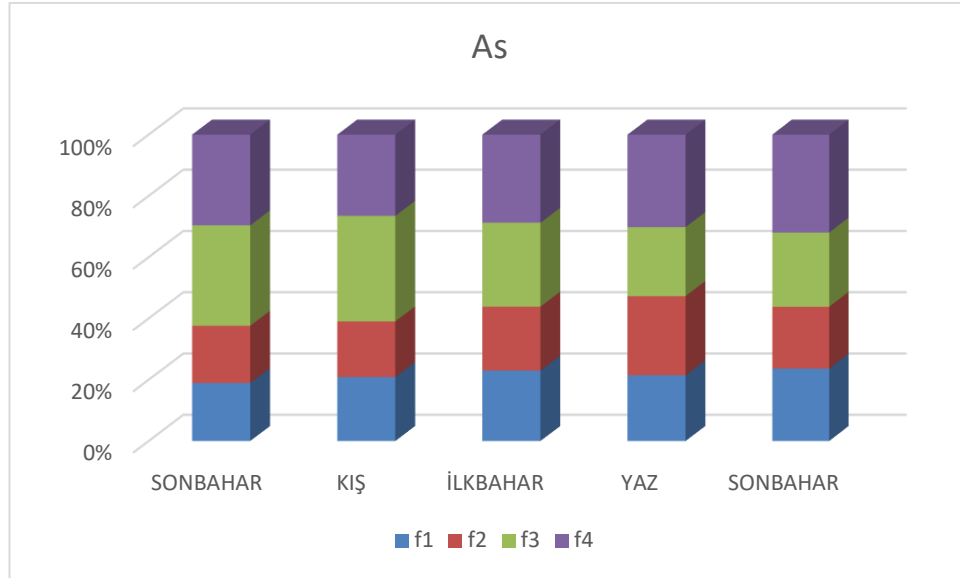
4.4.8. Sediment örneklerinde As durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen arseniğin Tablo 4.21.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 8,0504-37,56212 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 19,38 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise arsenik ortalama 18,53 mg/kg ile 8,06736-39,02104 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir As miktarının ise 26,93 mg/kg ortalama ile 14,5853-56,252 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı As ise 7,01155- 53,452 mg/kg aralığında ortalama 26,61 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.21 de 10. İstasyonda yüksek miktarda As çıkmıştır. As toprak ekimi, sürümü ve ilaçlama, fosil yakıtların yakılması, sarı-kırmızı yol çizgileri ve yer kabuğundan kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.29.' de sediment örneklerindeki arsenik fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.21. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde arsenik (As) miktarları (mg/kg)

As		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	27,854	27,331	43,372	21,605	120,161
		2	20,942	22,136	35,728	30,071	108,878
		3	28,889	23,951	40,036	24,799	117,675
		4	23,479	21,894	43,355	47,521	136,250
		5	26,285	24,478	36,968	39,029	126,760
		6	14,123	16,501	39,129	47,256	117,008
		7	20,727	17,180	34,225	29,405	101,537
		8	33,331	34,689	48,525	31,617	148,161
		9	13,918	13,555	35,374	33,381	96,228
		10	17,406	22,702	36,666	50,656	127,430
Kış	Oca.16	11	29,487	33,114	43,622	13,958	120,180
		12	25,447	21,929	38,864	43,074	129,314
		13	37,562	32,388	51,291	26,667	147,908
		14	24,398	19,779	42,155	33,979	120,311
		15	26,533	21,438	44,113	24,174	116,258
		16	15,153	13,757	37,888	44,272	111,071
		17	23,457	14,807	35,137	27,219	100,620
		18	35,220	34,935	56,252	37,682	164,089
		19	15,003	12,344	32,434	25,338	85,120
		20	27,523	21,523	46,725	53,452	149,223
İlkbahar	Nis.16	21	21,780	20,877	30,396	20,915	93,969
		22	14,203	11,050	14,790	20,578	60,621
		23	23,851	20,354	26,981	13,112	84,297
		24	15,479	16,853	16,810	27,508	76,650
		25	15,911	14,309	18,796	13,468	62,483
		26	8,370	9,343	15,430	23,115	56,258
		27	16,483	11,032	15,345	14,094	56,953
		28	16,356	10,644	15,692	14,922	57,613
		29	8,050	10,410	15,928	20,532	54,921
		30	15,557	16,573	15,669	26,902	74,701
Yaz	Tem.16	31	26,801	39,021	19,185	7,012	92,018
		32	14,431	16,513	15,592	16,649	63,186
		33	15,909	20,834	18,322	27,780	82,845
		34	12,840	14,865	16,211	26,132	70,048
		35	18,232	16,925	16,466	13,776	65,398
		36	9,242	11,429	16,604	41,044	78,319
		37	15,536	12,276	15,431	14,147	57,390
		38	22,538	32,429	17,941	20,615	93,523
		39	9,724	10,290	15,096	23,713	58,823
		40	13,721	17,314	16,341	33,066	80,441
Sonbahar	Eki.16	41	22,018	21,700	19,411	13,300	76,428
		42	15,520	12,434	15,403	29,129	72,486
		43	23,415	18,699	23,746	22,024	87,884
		44	12,311	10,737	15,198	29,876	68,122
		45	18,794	15,026	18,884	16,641	69,344
		46	11,546	13,111	14,585	21,222	60,464
		47	17,300	11,016	15,486	18,758	62,561
		48	22,113	16,302	17,759	27,002	83,175
		49	8,941	8,067	14,792	20,589	52,390
		50	15,357	15,759	16,372	27,618	75,106



Şekil 4.29. Sediment örneklerindeki arsenik fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

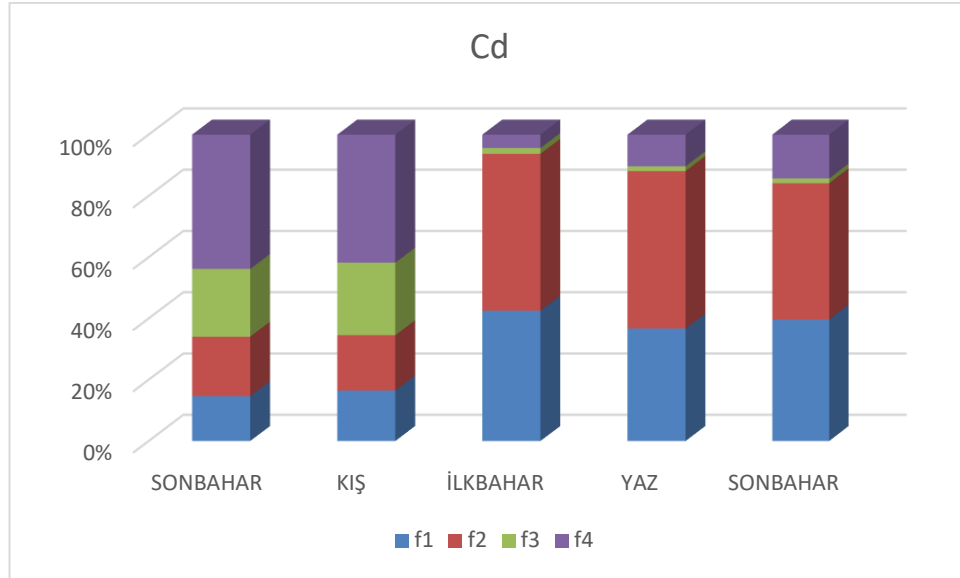
4.4.9. Sediment örneklerinde Cd durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen kadmiyumun Tablo 4.22.'ye bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 0,185-1,14256 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 0,588 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise kadmiyum ortalama 0,716 mg/kg ile 0,26516-1,31668 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Cd miktarının ise 0,54 mg/kg ortalama ile 0,0159-1,5484 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Cd ise 0,0159- 3,44085 mg/kg aralığında ortalama 1,051 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 22'de 5. istasyonun Cd değeri yüksek çıkmıştır. Cd değerinin yüksek çıkması boya sanayi, yanan motor yağı, araç lastiklerinin aşınması, dizel yakıt, fosil yakıtlar, PVC türü plastik, metal atıkların yakılması ve atmosfere ulaşan Cu çok çabuk oksitlenerek CdO haline dönüşüp, serpinti yoluyla tekrar yeryüzüne dönmesinden kaynaklanabilir.

Şekil 4.30.' de sediment örneklerindeki kadmiyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.22. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde kadmiyum (Cd) miktarları (mg/kg)

Cd		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	0,903	1,066	1,289	1,889	5,147
		2	0,808	1,205	1,334	2,426	5,774
		3	0,956	1,184	1,253	2,366	5,758
		4	0,877	1,138	1,363	3,393	6,771
		5	0,946	1,317	1,344	3,441	7,048
		6	0,708	0,985	1,180	2,188	5,061
		7	0,800	1,028	1,230	2,783	5,841
		8	1,051	1,250	1,327	2,215	5,843
		9	0,652	0,847	1,222	2,056	4,777
		10	0,816	1,264	1,311	2,728	6,120
Kış	Oca.16	11	0,986	1,167	1,391	1,368	4,911
		12	0,999	1,162	1,343	3,371	6,875
		13	1,143	1,208	1,546	2,262	6,158
		14	0,971	1,126	1,415	2,963	6,475
		15	0,965	0,975	1,337	2,194	5,470
		16	0,713	0,800	1,191	2,110	4,814
		17	0,932	0,941	1,362	2,519	5,753
		18	1,126	1,255	1,548	1,973	5,903
		19	0,699	0,751	1,184	2,332	4,966
		20	1,004	1,061	1,397	3,077	6,540
İlkbahar	Nis.16	21	0,526	0,457	0,016	0,016	1,015
		22	0,323	0,457	0,016	0,016	0,812
		23	0,531	0,421	0,016	0,016	0,983
		24	0,373	0,524	0,016	0,016	0,929
		25	0,322	0,403	0,016	0,016	0,757
		26	0,204	0,306	0,016	0,016	0,542
		27	0,359	0,442	0,016	0,016	0,832
		28	0,400	0,462	0,016	0,016	0,894
		29	0,185	0,305	0,016	0,016	0,522
		30	0,369	0,541	0,016	0,226	1,152
Yaz	Tem.16	31	0,419	0,769	0,016	0,016	1,219
		32	0,390	0,565	0,016	0,016	0,986
		33	0,366	0,612	0,016	0,357	1,351
		34	0,353	0,441	0,016	0,250	1,059
		35	0,409	0,454	0,016	0,016	0,895
		36	0,307	0,361	0,016	0,016	0,700
		37	0,375	0,477	0,016	0,016	0,884
		38	0,467	0,709	0,016	0,016	1,207
		39	0,259	0,319	0,016	0,016	0,610
		40	0,387	0,519	0,016	0,333	1,255
Sonbahar	Eki.16	41	0,461	0,591	0,016	0,016	1,084
		42	0,430	0,482	0,016	0,443	1,370
		43	0,446	0,489	0,016	0,197	1,148
		44	0,343	0,388	0,016	0,490	1,236
		45	0,446	0,433	0,016	0,016	0,911
		46	0,345	0,390	0,016	0,016	0,767
		47	0,420	0,429	0,016	0,056	0,920
		48	0,492	0,578	0,016	0,099	1,185
		49	0,242	0,265	0,016	0,016	0,539
		50	0,425	0,500	0,016	0,112	1,053



Şekil 4.30. Sediment örneklerindeki kadmiyum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

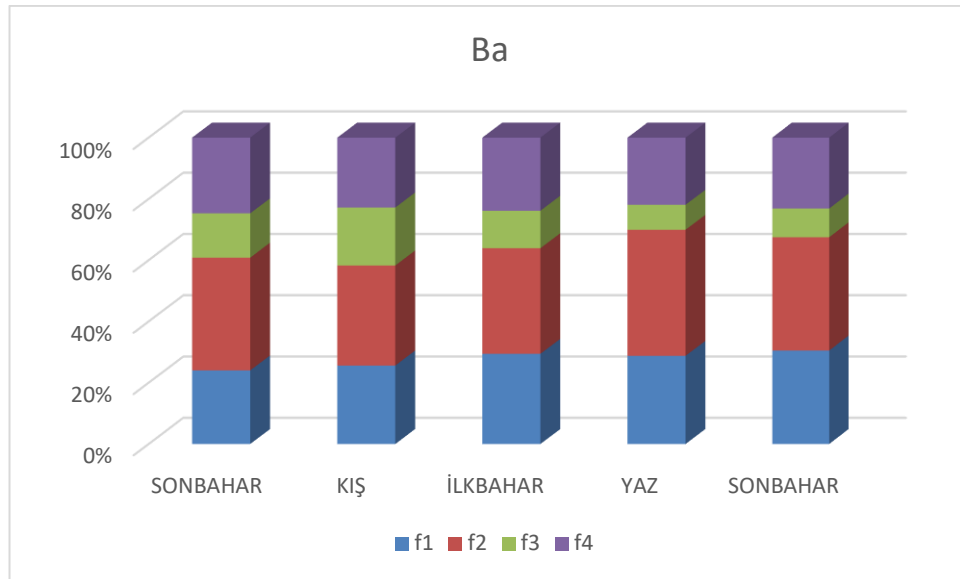
4.4.10. Sediment örneklerinde Ba durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen baryumun Tablo 4.23.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 6,09512-30,87464 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 18,06 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise baryum ortalama 23,81 mg/kg ile 6,29468-40,0192 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Ba miktarının ise 8,38 mg/kg ortalama ile 1,0188-21,58385 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Ba ise 4,29725- 39,2828 mg/kg aralığında ortalama 15,27 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.23'te 4. istasyonda Ba değerinin yüksek olduğu görülmüştür. Ba genellikle fren balatalarının altlık malzemesinde ve sıcak su çıkan bölgelerde bulunur.

Şekil 4.31.' de sediment örneklerindeki baryum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.23. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde baryum (Ba) miktarları (mg/kg)

Ba		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	21,563	23,819	18,243	30,441	94,066
		2	17,173	30,846	7,724	13,831	69,574
		3	19,532	26,384	14,230	19,782	79,927
		4	21,762	33,581	16,124	18,249	89,716
		5	21,808	40,019	10,910	21,105	93,842
		6	7,865	12,496	3,166	11,337	34,865
		7	17,347	21,917	8,593	13,759	61,615
		8	17,034	22,381	9,585	16,020	65,020
		9	7,139	11,364	4,640	12,653	35,796
		10	15,750	32,798	7,360	14,571	70,479
Kış	Oca.16	11	11,870	19,172	13,622	17,123	61,788
		12	21,204	28,608	13,712	16,779	80,302
		13	21,653	24,385	16,357	16,023	78,417
		14	26,030	38,034	21,584	20,841	106,488
		15	21,415	22,957	18,217	32,447	95,036
		16	6,549	6,313	2,453	7,439	22,755
		17	19,685	20,925	11,749	12,128	64,488
		18	16,094	24,988	14,257	12,638	67,977
		19	6,280	6,295	1,909	8,192	22,675
		20	28,973	37,564	18,971	16,554	102,062
İlkbahar	Nis.16	21	13,888	14,359	11,514	13,413	53,174
		22	16,938	21,329	5,067	11,548	54,882
		23	18,359	18,355	10,980	15,492	63,186
		24	24,953	34,033	12,088	13,440	84,514
		25	20,462	21,968	5,531	39,283	87,243
		26	7,200	8,105	1,571	4,297	21,174
		27	22,113	22,683	6,944	9,749	61,489
		28	14,305	21,164	9,465	12,046	56,979
		29	6,706	7,009	1,191	4,730	19,635
		30	30,875	36,810	8,603	18,497	94,785
Yaz	Tem.16	31	14,172	26,681	1,848	8,108	50,809
		32	18,511	26,254	4,610	11,391	60,765
		33	17,051	35,177	5,344	25,737	83,310
		34	18,205	25,982	6,900	11,530	62,616
		35	24,263	28,867	10,033	23,553	86,716
		36	8,526	11,578	2,187	10,910	33,202
		37	25,966	26,407	5,559	10,184	68,116
		38	22,004	31,478	5,355	11,265	70,102
		39	9,049	10,012	1,698	10,058	30,816
		40	20,821	32,914	7,050	13,370	74,155
Sonbahar	Eki.16	41	27,922	31,041	4,432	17,826	81,221
		42	22,155	29,323	8,017	16,022	75,517
		43	25,579	27,650	11,852	22,424	87,504
		44	16,182	23,869	8,026	15,209	63,286
		45	23,735	24,606	4,892	30,219	83,451
		46	10,363	12,645	1,779	6,367	31,154
		47	21,768	23,524	6,622	12,452	64,366
		48	26,481	30,388	9,509	15,414	81,792
		49	6,095	7,102	1,019	6,085	20,301
		50	21,530	34,326	5,915	11,047	72,819



Şekil 4.31. Sediment örneklerindeki baryum fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

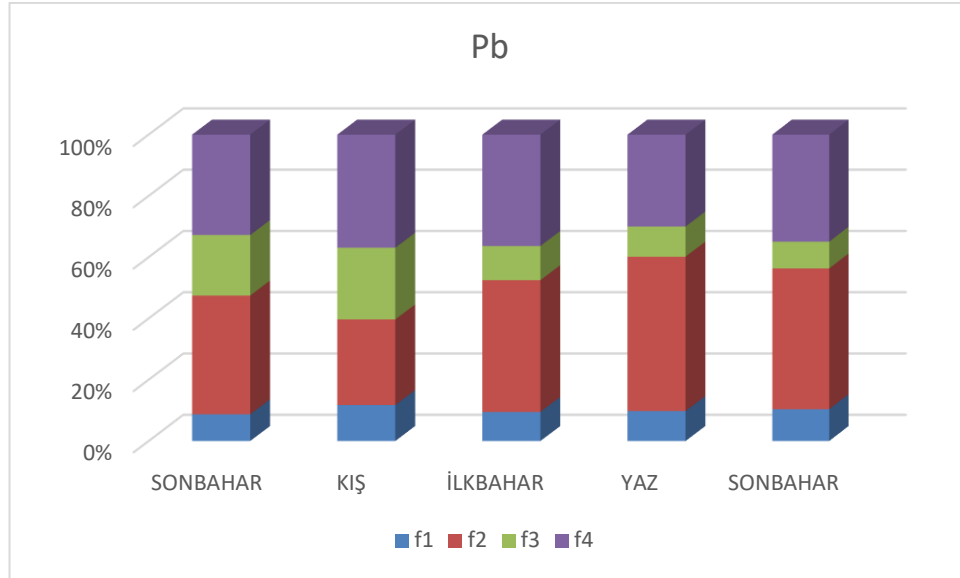
4.4.11. Sediment örneklerinde Pb durumu

Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çözeltilerde incelenen kurşunun Tablo 4.24.'e bakıldığında değişebilir ve karbonatlara bağlı (F1) kısmının 2,1228-7,74044 mg/kg arasında değiştiği ve ortalama 4,46 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. İndirgenabilir kısım olan Fe-Mn oksitlere bağlı (F2) fraksiyonda ise kurşun ortalama 17,90 mg/kg ile 5,65476-37,63584 mg/kg arasında bulunmuştur. Organik madde ve sülfürlere bağlı fraksiyonda (F3) bulunan oksitlenebilir Pb miktarının ise 6,92 mg/kg ortalama ile 1,59805-18,43655 mg/kg arasında değiştiği bulunmuştur. Artakalan fraksiyona (F4/R) bağlı Pb ise 4,98155- 26,09215 mg/kg aralığında ortalama 15,21 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.24'te 10 nolu istasyonda Pb değeri ilkbahar mevsiminde yüksek bulunmuştur. Pb değeri sarı kırmızı yol çizgileri ve fosil yakıtların yakılmasından dolayı ortaya çıkabilir.

Şekil 4.32.' de sediment örneklerindeki kurşun fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı verilmiştir.

Tablo 4.24. Mevsimsel olarak sediment örneklerinde kurşun (Pb) miktarları (mg/kg)

Pb		Fraksiyonlar					
		Örnek no	f1	f2	f3	f4	Toplam
Sonbahar	Kas.15	1	5,791	11,694	9,356	12,390	39,230
		2	4,519	27,707	10,753	17,454	60,433
		3	5,959	17,134	9,413	16,718	49,224
		4	4,967	23,916	18,437	23,311	70,631
		5	5,452	27,527	11,793	23,141	67,913
		6	3,593	27,004	10,076	16,632	57,305
		7	4,934	19,852	10,381	21,506	56,673
		8	6,820	12,510	10,661	22,323	52,314
		9	3,828	17,749	12,265	15,558	49,400
		10	4,331	37,636	10,545	19,353	71,864
Kış	Oca.16	11	6,477	8,573	8,388	8,084	31,522
		12	6,030	24,070	15,264	26,092	71,456
		13	7,740	9,393	12,358	19,094	48,585
		14	5,793	18,108	15,499	21,703	61,105
		15	6,105	10,615	9,721	15,433	41,874
		16	4,232	15,237	9,173	17,794	46,435
		17	5,794	16,689	13,671	21,355	57,508
		18	7,522	8,462	11,355	20,893	48,233
		19	4,480	12,792	6,773	14,604	38,649
		20	6,238	19,979	18,298	24,938	69,453
İlkbahar	Nis.16	21	4,109	5,655	5,204	13,328	28,297
		22	2,823	16,252	5,006	16,757	40,838
		23	4,308	5,813	5,070	9,924	25,115
		24	3,149	21,682	5,349	14,300	44,480
		25	3,395	8,604	2,059	8,996	23,055
		26	2,123	17,756	2,323	14,438	36,640
		27	3,783	16,852	3,354	11,072	35,061
		28	3,453	17,454	5,409	13,000	39,316
		29	2,194	14,612	1,598	8,095	26,499
		30	3,327	23,412	3,076	15,225	45,040
Yaz	Tem.16	31	5,129	11,407	4,886	4,982	26,404
		32	3,364	25,945	6,654	10,338	46,301
		33	3,722	15,651	3,860	17,041	40,273
		34	3,051	23,249	5,385	13,826	45,510
		35	4,299	12,046	2,721	9,384	28,450
		36	2,912	24,211	3,164	12,448	42,734
		37	3,814	16,260	2,559	11,684	34,317
		38	5,213	23,304	2,996	11,408	42,921
		39	3,099	17,040	2,123	9,817	32,079
		40	3,349	26,117	3,849	15,280	48,595
Sonbahar	Eki.16	41	5,221	16,410	2,080	9,620	33,330
		42	3,770	21,337	4,905	18,666	48,678
		43	5,184	10,649	3,155	17,098	36,087
		44	3,136	18,511	4,325	18,872	44,844
		45	4,599	12,160	2,031	12,386	31,176
		46	3,523	33,896	1,870	10,651	49,941
		47	4,641	16,800	3,222	14,378	39,042
		48	5,221	17,370	4,720	16,945	44,255
		49	2,997	10,316	4,952	8,835	27,099
		50	3,631	27,828	4,020	13,453	48,933



Şekil 4.32. Sediment örneklerindeki kurşun fraksiyonlarının yüzdesel dağılımı

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Sapanca gölü Marmara Bölgesi için en önemli içme suyu kaynaklarından biridir. Sakarya'nın içme suyu ihtiyacını karşılarken aynı zamanda hem Kocaeli'nin hem Türkiye için önemli bir sanayi kuruluşunun ihtiyacı karşılamaktadır. Aynı zamanda büyük bir öneme sahip olan Sapanca Gölünün etrafından Türkiye'nin en yoğun otoyollarından TEM-80 Anadolu Otoyolu ve D-100 karayolu geçmekte ve pek çok endüstriyel kuruluşun yanı sıra yerleşim alanları, tarım alanları ve çiçek yetiştiriciliği yapılan alanlar bulunmaktadır.

Günümüzde artan çevresel kirlilikler ve küresel ısınma tehdidi sonucunda içme suyu kaynaklarının korunması ve iyileştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalar artmıştır. İçme suyu kaynaklarını etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlardan biri havza toprağının ve su kaynağı sedimentinin yapısı ve içeriğidir. Ülkemizde içme suyu kaynakları belli aralıklarla incelenmekte ve kalite değerlendirmesi yapılmaktadır. Ancak su kaynaklarının korunmasında tek başına yeterli olmamaktadır. Bu çalışmada amacımız Sapanca gölü sedimentinde ve havza toprağında ağır metal kirliliğini belirlemek ve ağır metallere etki eden önemli fiziko-kimyasal parametreleri ölçmektir. Bu sayede içme suyu kalitesini etkileyecek kirleticilerle ilgili iyileştirme çalışmalarına ışık tutulacak ve içme suyu kaynaklarının korunması için yapılacak model ve projeksiyon çalışmaları için temel veri seti oluşturulmuş olacaktır.

Çalışma kapsamında Sapanca Gölü'nde 1 yıl boyunca mevsimsel (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) olarak göl sedimentinden ve havza toprağından alınan örneklerde ağır metal miktarları belirlenmiştir. Alınan katı örnekler ardışık ekstraksiyon yöntemiyle (BCR) çözündürüldükten sonra analiz edilmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmaları şeklinde sürdürülen bu çalışmanın sonuçları aşağıda maddeler halinde özetlenmeye çalışılmıştır:

Tablo 5.1. Bulunan toplam ortalama değerlerin yönetmelik ile kıyaslanması

Ağır Metaller	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Ek 1 A		Bulunan Toplam Ortalama Toprak Değerleri	Bulunan Toplam Ortalama Sediment Değerleri
	Sınır Değerleri mg/kg			
Ni	75		61, 602	62,595
Cd	3		3,616	3,2
Cu	140		39,172	38,407
Cr	100		56,185	50,977
Zn	300		87,419	78,766
Pb	300		43,135	44,502

1. Gl sedimentinde, elektriksel iletkenlik değerleri incelendiğinde 10 istasyon için 113,1 $\mu\text{S/cm}$ – 129420 $\mu\text{S/cm}$ ve havza toprağında ise 3,2 $\mu\text{S/cm}$ – 514 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir.
2. Gl sedimentinde tuzluluk 0,08 ppt -5,53 ppt ve ORP değeri 9,1 mV-324,9 mV ve havza toprağında ise sırasıyla 0,01 ppt-0,16 ppt ve 81,3 mV-352,5 mV aralığında değişmektedir.
3. Gl sedimentinde pH değeri 6,98-8,62 aralığında ve havza toprağında ise 7,58-8,63 aralığında değişim göstermektedir. Sediment ve toprak hafif bazik değerde bir pH değerine sahip oldukları gözlenmiştir. pH değerleri ağır metalin hareketliliğini etkileyen önemli bir parametre olup pH değeri düştükçe ağır metallerin hareketliliği artmakta ve topraktan veya sedimentten suya geçişi gerçekleşebilmektedir.
4. Organik madde ve organik karbon içerikleri incelendiğinde, gl sedimentinde organik madde %1,638 - %22,838 ve organik karbon %0,95 -%13,246 arasında değişirken, havza toprağında organik madde % 1,944 - %14,396 ve organik karbon %1,127 -%6,592 arasında değişmektedir.
5. Glde mevsimsel değişiklikler dikkate alınarak 10 farklı istasyondan alınan sediment ve toprak örneklerinde Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn değerleri ölçülmüştür. Her iki örnekte 10 istasyonun ağır metal değerleri incelendiğinde Al ve Fe diğer ağır metallere göre oldukça yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Bunun nedeni bu iki metalin toprak ve gl sedimentinin yapısında bulunmasıdır.

6. Diğer ağır metaller incelendiğinde göl sedimentinde ağır metallerin maksimum değerleri; As 164,089mg/kg, Ba 106,488mg/kg, Cd 7,048mg/kg, Co 26,059mg/kg, Cr 243,112mg/kg, Cu 63,795mg/kg, Ni 202,926mg/kg, Pb 71,864mg/kg ve Zn 123,352mg/kg olarak tespit edilmiştir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği EK1-A'ya göre sedimentte tespit edilen Cu, Pb ve Zn konsantrasyonların sınır değerlerin oldukça altında olduğu belirlenmiştir. Cd mevsimsel ortalama konsantrasyonları ise sınır değerlerin üstüne olmakla beraber bu ağır metallerin kaynakları tespit edilmeli ve önlemler alınmalıdır. Cd kirlilik kaynakları genellikle boya sanayi, yanan motor yağı, araç lastiklerinin aşınması, dizel yakıt, fosil yakıt, PVC türü plastikler v.b. dir.
7. Havza toprağından alınan örneklerde tespit edilen ağır metallerle ait konsantrasyonlar incelendiğinde maksimum değerler sırasıyla As 122,727mg/kg, Ba 144,376mg/kg, Cd 7,489mg/kg, Co 28,525mg/kg, Cr 282,756mg/kg, Cu 98,853mg/kg, Ni 174,277mg/kg, Pb 97,618mg/kg ve Zn 257,504mg/kg olarak bulunmuştur. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği EK1-A'ya göre toprakta tespit edilen Cu, Pb ve Zn konsantrasyonların sınır değerlerin oldukça altında olduğu belirlenmiştir. Cd, ve As konsantrasyonları ise sınır değerlerin üstüne olmakla beraber bu ağır metallerin kaynakları tespit edilmeli ve önlemler alınmalıdır.
8. Toprak noktalarından 7. istasyonda Pb, Ba, Cd, Co, Fe, Al değerlerinin yüksek olduğu bu bölgede bulunan otomotiv sanayisi, çelik mobilya fabrikası gibi sanayi kuruluşlarından kaynaklanıyor olabilir.

Elde edilen sonuçlar ışığında;

1. Ağır metallerin özellikle Cd için kirliletiçi kaynaklarının tespit edilmesi ve kirliliğinin önlenmesi
2. Sapanca gölünden ve gölü besleyen derelerden alınacak su örneklerinde ağır metal kirliliğinin belirlenmesi
3. Gölü besleyen derelerde dip sedimentinin içeriğinin tespit edilmesi
4. Sapanca gölüne karayolu kaynaklı kirliliklerinin etkisinin belirlenmesi öncelikle önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Kazancı, N. 2003. Beyşehir Gölü'nün Limnolojisi, Çevre Kalitesi, Biyolojik Çeşitliliği Ve Korunması Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: VII. Ankara,
- [2] Sungur, A. 2013. Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle ergene havzasından alınan toprak örneklerinde metal analizi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Doktora Tezi.
- [3] Kiracı, A. 2014. Azap Gölü'nün sedimentlerindeki ve sularındaki ağır metal miktarlarının belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [4] Karaçağıl, D. 2013. İstanbul'da belirlenmiş sahil şeritlerinde toprak kalitesi ve ağır metal kirliliği. Bahçeşehir Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [5] Karakaş, D. 2003. Ağır Metallerin Toksik Etkileri. Tubitak - Marmara Araştırma Merkezi,
- [6] Bağda, E. 2006 Sediment örneklerinin ultrasonik destekli ardışık ekstraksiyon ve mikrodalga çözündürme yöntemleri ile kimyasal analize hazırlanması. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [7] Zemberyova, M., Bartekova, J., Hagarova I. 2006. The utilization of modified bcr three-step sequential extraction procedure for the fractionation of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb And Zn in soil reference materials of different origins. Talanta, Sayı 70, 973–978,
- [8] Davidson, C. M. Vd. 2006. Fractionation of potentially toxic elements in urban soils from five european cities by means of a harmonised sequential extraction procedure. Analytica Chimica Acta, Sayı 565, 63–72,
- [9] Adamo, P., Zampella, M., Gianfreda L., Renella, G., Rutigliano F. A., Terribile F. 2006. Impact of river overflowing on trace element contamination of volcanic soils in South Italy: part 1. trace element speciation in relation to soil properties. Environmental Pollution, Sayı 144, 308–316,

- [10] Sutherland, R. A., Tack, F. M. G. 2007. Sequential extraction of lead from grain size fractionated river sediments using the optimized Bcr procedure. *Water Air Soil Pollut*, Sayı 184, 269–284,
- [11] Arain, M. B. Vd. 2008. Time saving modified Bcr sequential extraction procedure for the fraction of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in sediment samples of polluted lake. *Journal Of Hazardous Materials*, C. 160, Sayı 1, 235–239.
- [12] Saraçoğlu, S., Soylak, M., Elçi L. 2009. Extractable trace metals content of dust from vehicle air filters as determined by sequential extraction and flame atomic absorption spectrometry. *Journal Of Aoac International*, Sayı 92, 1196–1202.
- [13] Duru, Ü. 2010. Ardışık ekstraksiyon tekniği ile Adapazarı'nda çöken tozların ağır metal analizi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [14] Janos, P., Vavrova, J., Herzogova, L., Pilarova, V. 2010. Effects of inorganic and organic amendments on the mobility (leachability) of heavy metals in contaminated soil: a sequential extraction study. *Geoderma*, Sayı 159, 335–341.
- [15] Nannoni, F., Protano, G., Riccobono, F. 2011. Fractionation and geochemical mobility of heavy elements in soils of a mining area in Northern Kosovo., *Geoderma*, Sayı 161, 63–73,.
- [16] Martinez-Fernandez, M., Barciela-Alonso M. C., Moreda-Pineiro, A. Bermejo-Barrera P. 2011. Matrix solid phase dispersion-assisted Bcr sequential extraction method for metal partitioning in surface estuarine sediments. *Talanta*, Sayı 83, 840–849.
- [17] Oyeyiola, A. O., Olayinka, K. O., Alo, B. I. 2011. Comparison of three sequential extraction protocols for the fractionation of potentially toxic metals in coastal sediments. *Environ Monit Assess*, Sayı 172, 319–327.
- [18] İsen, H. 2012. Sakarya d-100 karayolu cadde tozlarında bazı ağır metallerin ardışık ekstraksiyon yöntemi (Bcr) ile tayini., Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [19] Dündar, M. S., Altundağ, H., Eyüpoğlu, V., Keskin, S. C., Tütünoğlu, C. 2012. Determination of heavy metals in lower sakarya river sediments using a bcr sequential extraction procedure. *Environ Monit Assess*, Sayı 184, 33–41,

- [20] Bölükbaşı Başaran, V. Seyfe gölü su kalitesi ve dip çamuru ağır metal özelliklerinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi.
- [21] Kazak, Ö. 2012. Aşağı Seyhan nehri yüzey sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarının içeriği ve dağılımı , Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [22] Krenkel, P. A., Novotny, V. 1980. Water Quality Management. New York: Academic Press,
- [23] Martin, M. H., Coughtrey, P. J. 1982. Biological Monitoring Of Heavy Metal Pollution : Land And Air, Dordrecht : Springer Netherlands.
- [24] Pais, I., Jones, J. B. 1997. The Handbook Of Trace Elements. Crc Press.
- [25] Kabata-Pendias, A. 2011. Trace Elements In Soils And Plants, 4th Ed. Boca Raton: Crc Press.
- [26] Mcgrath, S., Smith, S. 1995. Chromium and nickel. Heavy Metals In Soils, 152–178,
- [27] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. Metallerin Çevresel Etkileri -I, İtü Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sayı 136.
- [28] Haktanır, K., Arcak, S. 1998. Çevre Kirliliği. Ankara Üni. Yayın No: 1503, Ders Kitabı: 457. Ankara Üni.
- [29] Adriano, D. C. 1986. Trace Elements In The Terrestrial Environment. New York, Ny: Springer New York,
- [30] Kım, K.W., Kım, S. O. 2001. Monitoring of electrokinetic removal of heavy metals in tailing-soils using sequential extraction analysis. Journal Of Hazardous Materials, C. 85, 195–211,
- [31] Ure, A. M. 1993. Methods of analysis for heavy metals in soils. In (ed.) Alloway B.J., heavy metals in soils. Wiley & Sons, Inc. New York. 40-80.
- [32] Tack, F. M., Verloo, M. G. 1995. Chemical speciation and fractionation in soil and sediment heavy metal analysis: a review. International Journal Of Environmental Analytical Chemistry, Sayı 59, 225–238,

- [33] Merritt, W., Settle, D. 1981. Instrumental Methods Of Analysis, International Student Edition. New York,
- [34] Yıldız, A., Genç, Ö. 1993. Enstrümantal Analiz. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara,
- [35] Şahan, S. 2006. Amberlite Xad-1180 reçinesinin yeni bir selat yapıcı reaktif ile doyurularak eser düzeydeki ağır metallerin adsorpsiyon özelliklerinin belirlenmesi ve faas ile tayinleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Yüksek Lisans Tezi.
- [36] Yılmaz, E. 2012. Karbon nanotüp üzerinde bazı metal iyonlarının zenginleştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kayseri, Yüksek Lisans Tezi.
- [37] Tokaloğlu, S. 1993. Xad-1180 reçinesi ile bazı eser elementlerin zenginleştirilmesi ve Aas ile tayini., Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Yüksek Lisans Tezi.
- [38] Oymak, T. 2003. Silikajel-dimetilgloksim katı faz ekstraksiyonu ile çeşitli örneklerdeki palladyumun atomik absorpsiyon spektrometrik yöntemle tayini. Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Yüksek Lisans Tezi.
- [39] Yıldız, A., Genç, Ö., Bektas, A. 1997. Enstrümantal Analiz Yöntemleri. Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-64, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.,
- [40] Kılınç, E., Köseoğlu, F., Yılmaz, H. 2001. Enstrümantal Analiz İlkeleri. Bilim Yayıncılık, Ankara.157-217.,
- [41] Ure, A. M. 1996. Single extraction schemes for soil analysis and related applications. The Science Of The Total Environment, Sayı 178, 3–10,
- [42] Zhang, M. K., Liu, Z. Y., Wang, H. 2010. Use of single extraction methods to predict bioavailability of heavy metals in polluted soils to rice communications in soil science and plant analysis. Sayı 41, 820–831,
- [43] Rauret, G. 1998. Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. Talanta, Sayı 46, 449–455,
- [44] Rao, C. R. M., Sahuquillo, A., Lopez-Sanchez, J. F. 2008. A review of the different methods applied in environmental geochemistry for single and sequential extraction of trace elements in soils and related materials. Water Air Soil Pollut, Sayı 189, 291–333,

- [45] Zimmerman A. J., Weindorf, D. C. 2010. Heavy metal and trace metal analysis in soil by sequential extraction: a review of procedures. *International Journal Of Analytical Chemistry*, S. Article Id 387803, 1-7,
- [46] Bakırcıoğlu, D. 2009. Toprakta makro ve mikro element tayini., Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- [47] Ettler, V., Mihaljevic, M., Sebek, O., Grygar, T. 2007. Assessment of single extractions for the determination of mobile forms of metals in highly polluted soils and sediments: analytical and thermodynamic approaches. *Analytica Chemica Acta*, Sayı 602, 131–140,
- [48] Wang, S., Jia, Y. Wang, X., Wang, H., Zhao, Z., Liu, B. 2010. Fractionation of heavy metals in shallow marine sediments from jinzhou bay, China. *Journal Of Environmental Sciences*, C. 22, Sayı 1, 23–31,
- [49] Pueyo, M., Sastre, J., Hernandez, E., Vidal, M., Lopez-Sanchez, J. F., Rauret, G. 2003. Prediction of trace element mobility in contaminated soils by sequential extraction, *J. Environ. Qual*, C. 32, 2054–2066,
- [50] Cook S. R., Parker, A. 2006. Sequential extraction and single-step cold-acid extraction: a feasibility study for use with freshwater-canal sediments. *Water, Air, And Soil Pollution*, C. 170, 95–105,
- [51] Gleyzes, C., Tellier, S., Astruc, M. 2002. Fractionation studies of trace elements in contaminated soils and sediments: a review of sequential extraction procedures. *Trends In Analytical Chemistry*, C. 21, 451–467,
- [52] Ratuzny, T., Gong, Z., Wilke, B. M. 2009. Total concentrations and speciation of heavy metals in soils of the shenyang zhangshi irrigation area, China. *Environmental Monitoring And Assessment*, C. 156, Sayı 1–4, 171–18,
- [53] Tessier, A., Campel, P. G. C., Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals”, *anal. Chem*, c. 51, 844–851,
- [54] Maiz, I., Arambarri, I., Garcia, R., Millan, E. 2000. Evaluation of heavy metal availability in polluted soils by two sequential extraction procedures using factor analysis. *Environmental Pollution*, C. 110, 3–9,

- [55] Benitez, L. N., Dubois, J. P. 1999. Evaluation of the selectivity of sequential extraction procedures applied to the speciation of cadmium in soils. *International Journal Of Environmental Analytical Chemistry*, C. 74, Sayı 1–4, 289–303,
- [56] Usero, J., Gamero, M., Morillo, J., Gracia, I. 1998. Comparative study of three sequential extraction procedures for metals in marine sediments, *environment international*, C. 24, Sayı 4, 487–496,
- [57] Rauret, G. Vd. 1999. Improvement of the bcr three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. *Journal Of Environmental Monitoring*, C. 1, 57–61,
- [58] Kartal, S., Aydın, Z., Tokaloğlu, S. 2006. Fractionation of metals in street sediment samples by using the bcr sequential extraction procedure and multivariate statistical elucidation of the data. *Journal Of Hazardous Materials*, C. 132, 80–89,
- [59] Tokaloğlu, S., Kartal, S. 2006a. Multivariate analysis of the data and speciation of heavy metals in street dust samples from the organized industrial district in Kayseri (Turkey). *Atmospheric Environment*, C. 40, 2797–2805.
- [60] Sahuquillo A. Vd., 1999. Use of a certified reference material for extractable trace metals to assess sources of uncertainty in the bcr three-stage sequential extraction procedure. *Analytica Chimica Acta*, C. 382, 317–327,
- [61] Filgueiras, A. V., Lavilla, I., Bendicho, C. 2002. comparison of conventional and fast thermal programme approaches for determination of total and extractable Cd in sediments by electrothermal atomic absorption spectrometry following sequential extraction. *Anal. Chim. Acta*, C. 466, 303–309,
- [62] Dak Özecik, F. 2006. Sapanca Gölünde Ötrofikasyonun Araştırılması., Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [63] Adasu Genel Müdürlüğü, 2003. Sapanca Gölü Çevre Koruma Projesine Esas Bilgiler.
- [64] Dsi 14. Bölge Müdürlüğü 1984. Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması. İstanbul.
- [65] Tüfekçi, H. 1993. Sapanca gölünün limnolojik özelliklerinin saptanması., İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri Ve Coğrafya, Yüksek Lisans Tezi.

- [66] Sert, S. 1997. Sapanca gölü fosfor formlarının ve diğer limnolojik özelliklerinin değişim periyotları üzerine bir araştırma. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [67] Sümer B., İleri, R. Sapanca gölü trofik kademesinin incelenmesi, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.



ÖZGEÇMİŞ

3 çocuklu bir ailenin ikinci çocuğu olan Nihan ÇALIŞKAN, 18.05.1992 tarihinde Adapazarı'nda doğmuştur. İlköğrenimini Adapazarı Atatürk İlköğretim Okulu'nda 2006 yılında tamamladıktan sonra lise eğitimini Yunus Çiloğlu Anadolu Meslek Lisesi'nin Tekstil Teknolojisi bölümünde almış ve 2010 yılında okul birinciliğı ile tamamlamıştır. 2010 YGS ve LYS ile Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliğı bölümünü kazanmış olup, 2014 Temmuz'unda lisans öğrenimini tamamlamıştır. 2014 Güz Dönemi'nde Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliğı Bölümü'nde Yüksek Lisans yapmaya başlamıştır.