

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MARMARA DENİZİ İZMİT KÖRFEZİ ALTINOVA TERSANE
BÖLGESİNDE AĞIR METAL VE ÇEVRESEL RADYOAKTİVİTE
İNCELEMESİ**

KÜBRA BAYRAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
FİZİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. EROL KAM**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARA DENİZİ İZMİT KÖRFEZİ ALTINOVA TERSANE
BÖLGESİNDE AĞIR METAL VE ÇEVRESEL RADYOAKTİVİTE
İNCELEMESİ

Kübra BAYRAK tarafından hazırlanan tez çalışması 30.11.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Erol KAM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Erol KAM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Kutsal BOZKURT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. M. Nizamettin ERDURAN
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün FYL-2018-3343 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması ve gerçekleştirmiş olduğum projede deneyimleriyle beni yönlendiren ve destek olan tez danışmanım ve saygıdeğer hocam Prof. Dr. Erol KAM'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Numune alımlarında yardımlarını esirgemeyen Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi sayın Doç. Dr. Zeki Ünal YÜMÜN'e ve gama doz hızlarının alınmasında bana destek olan Merve ÇAKAR'a sonsuz teşekkürler.

Analizlerimin yapılması için kolaylık sağlayan TAEK Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanı Doç. Dr. Gürsel KARAHAN'a ve başta sayın Dr. Seval BAYÜLKEN'e ve tüm çalışanlara minnet duyar teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesini FYL-2018-3343 nolu proje ile sağlayan Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hissettiğim aileme çok teşekkür ederim.

Kasım, 2018

Kübra BAYRAK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	7
1.3 Hipotez.....	7
BÖLÜM 2	
RADYASYON	9
2.1 Radyasyon Çeşitleri	10
2.1.1 Alfa (α) Radyasyonu	11
2.1.2 Beta (β) Radyasyonu	11
2.1.3 Gama (γ) Işınları	12
2.1.4 X-Işınları.....	12
2.2 Radyasyon Kaynakları.....	12
2.2.1 Doğal Radyasyon Kaynakları.....	13
2.2.2 Yapay Radyasyon Kaynakları	14
2.3 Radyasyonun İnsan Sağlığına Etkisi.....	15
2.4 Radyasyon Birimleri	16
BÖLÜM 3	
RADYOAKTİVİTE VE RADYONÜKLİDLER.....	18
3.1 Radyoaktivite	18
3.2 Yarılanma Ömrü	19
3.3 Radyonüklidler.....	19

3.3.1	Primordial Radyonüklidler	20
3.3.2	Kozmojenik Radyonüklidler	22
3.3.3	Yapay Radyonüklidler	23
3.4	Toprak, Kaya ve Sularda Doğal Radyoaktivite	24
BÖLÜM 4		
AĞIR METALLER		25
4.1	Çevrede Yaygın Olarak Bulunan Ağır Metaller	25
4.1.1	Civa (Hg)	25
4.1.2	Arsenik (As)	26
4.1.3	Kurşun (Pb)	26
4.1.4	Kadmiyum (Cd).....	27
4.1.5	Çinko (Zn)	28
4.1.6	Bakır (Cu).....	28
4.1.7	Krom (Cr)	29
4.2	Ağır Metallerin Ekosisteme Etkisi.....	29
4.3	Ağır Metallerin Canlı Sağlığına Etkisi	30
4.4	Ağır Metal Kirliliğinin Giderilmesi	30
BÖLÜM 5		
TERSANE ATIKLARI VE ATIK YÖNETİMİ.....		32
5.1	Üretim Prosesleri ve Atıklar	32
BÖLÜM 6		
MATERYAL METOD.....		35
6.1	Çalışma Sahası.....	36
6.1.1	Bölgenin Topoğrafik Özellikleri ve Toprak Yapısı.....	36
6.2	Numune Alma.....	37
6.3	Radyoaktivite Analizleri	38
6.3.1	Sediment Numunelerinin Toplam Alfa/Beta Sayımı	38
6.3.2	Gama Spektroskopisi Tekniği	41
6.3.3	Background (fon) Radyasyonu Tespiti.....	45
6.4	Ağır Metal Analizleri.....	47
6.4.1	X-ışını Floresans Spektrometresi (XRF)	47
6.4.2	ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry)	49
6.4.3	SEM (Scanning Electron Microscopy).....	49
6.4.4	LIBS (Lazer Induced Breakdown Spectroscopy) Tekniği	55
BÖLÜM 7		
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		57
7.1	Toplam Alfa/Beta Analizi Sonuçları	57
7.2	Gama Spektrometri Sonuçları.....	59
7.3	Background (Fon) Radyasyonu Ölçüm Sonuçları	61
7.4	XRF Sonuçları	65
7.5	ICP-OES Sonuçları	67
7.6	SEM-EDAX Sonuçlarının Değerlendirilmesi	69

7.7	LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) Sonuçları	78
7.8	Sonuç	90
KAYNAKLAR.....		92
ÖZGEÇMİŞ.....		101

SİMGE LİSTESİ

α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
Bq	Becquerel
Ci	Curie
Gy	Gray
Sv	Sievert
K	Potasyum
Sr	Stronsiyum
C	Karbon
Cs	Sezyum
Kr	Kripton
Co	Kobalt
U	Uranyum
Ra	Radyum
Th	Toryum
Rn	Radon
V	Vanadyum
Rb	Rubidyum
Cd	Kadmiyum
Pt	Plütonyum
Bi	Bizmut
I	İyot
Am	Amerisyum
Nd	Neodimyum
Gd	Gadolinyum
Hf	Hafniyum
Te	Tellür
n^0	Nötron
p^+	Proton
e^-	Elektron

KISALTMA LİSTESİ

AES	Auger Electron Spectroscopy
BSE	Back Scattered Electron
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EDX	Energy Dispersive X-Ray
EDXRF	Energy Dispersive X-Ray Fluorescence
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
HPGe	High Purity Germanium
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry
LIBS	Lazer Induced Breakdown Spectroscopy
MDA	Minimum Detectible Activity
MDL	Minimum Detectible Limit
Ö.L	Ölçüm Limiti
ppb	Part Per Billion
ppm	Part Per Million
rad	Radiation Absorbed Dose
rem	Roentgen Equivalent Man
SE	Sekonder Electron
SEM	Scanning Eelectron Microscopy
SI	Système International d'unités
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
VOC	Volatile Organic Compounds
WDXRF	Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry
WHO	World Health Organization
XRF	X-Ray Fluorescence

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrum.....	9
Şekil 2.2 Radyasyon çeşitlerinin penetrasyonu	10
Şekil 2.3 Tüm kaynaklardan alınan radyasyon oranları	13
Şekil 3.1 Yarılanma ömrü grafiği	19
Şekil 3.2 U-238, Th-232 ve U-235 serilerinin bozunum şemaları.....	21
Şekil 6.1 Çalışma Bölgesi – Altınova.....	36
Şekil 6.2 Numune koordinatları.....	37
Şekil 6.3 Bethold LB770 alfa/beta sayıcı	39
Şekil 6.4 Gaz dolgulu radyasyon sayıcı devresi	40
Şekil 6.5 HPGe dedektörü	43
Şekil 6.6 Analitik Ölçüm ve Analiz Birimi Laboratuvarı.....	43
Şekil 6.7 Jöleli kaplarda sediment örnekleri	44
Şekil 6.8 Taşınabilir sintilasyon dedektörü.....	46
Şekil 6.9 Sintilasyon dedektörü iç yapısı.....	46
Şekil 6.10 EDXRF (solda) ve WDXRF (sağda) şematik gösterimi	48
Şekil 6.11 SEM cihazı (JEOL JSM-6390LV)	50
Şekil 6.12 Bir SEM cihazının şematik gösterimi.....	51
Şekil 6.13 Elektron demetinin numune ile etkileşimi.....	51
Şekil 6.14 SE ve BSE elektronlarının belirli enerji aralıklarında bulunma olasılıkları.....	53
Şekil 6.15 Ecco marka LIBS cihazı	56
Şekil 6.16 Kalibrasyon grafiği	56
Şekil 7.1 Bölgede radyonüklidlerin yüzdelik dağılımları	60
Şekil 7.2 İlçelerin gama doz hızları	64
Şekil 7.3 Gama doz hızı dağılım haritası	64
Şekil 7.4 ALT-2 adlı örneğin SEM görüntüleri.....	70
Şekil 7.5 ALT-2 adlı örneğin EDAX analizi sonucu.....	71
Şekil 7.6 ALT-3 adlı örneğin SEM görüntüleri.....	71
Şekil 7.7 ALT-3 adlı örneğin EDAX analizi sonucu.....	72
Şekil 7.8 ALT-4 adlı örneğin SEM görüntüleri.....	72
Şekil 7.9 ALT-4 adlı örneğin EDAX analizi sonucu.....	73
Şekil 7.10 ALT-5 adlı örneğin SEM görüntüleri.....	73
Şekil 7.11 ALT-5 adlı örneğin EDAX analizi sonucu.....	74
Şekil 7.12 ALT-6 adlı örneğin SEM görüntüsü.....	74
Şekil 7.13 ALT-6 adlı örneğin EDAX analizi sonucu.....	75
Şekil 7.14 ALT-8 adlı örneğin SEM görüntüleri.....	76
Şekil 7.15 ALT-8 adlı örneğin EDAX analizi sonucu.....	77
Şekil 7.16 ALT-2 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği	78
Şekil 7.17 ALT-2 adlı örneğin LIBS spektrumu	79

Şekil 7.18	ALT-3 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği	79
Şekil 7.19	ALT-3 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	80
Şekil 7.20	ALT-3 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	81
Şekil 7.21	ALT-3 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği	81
Şekil 7.22	ALT-4 adlı örneğin dalga boyu dağılımlı spektrumu	82
Şekil 7.23	ALT-5 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği	82
Şekil 7.24	ALT-5 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	83
Şekil 7.25	ALT-5 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	84
Şekil 7.26	ALT-6 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği	85
Şekil 7.27	ALT-6 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	86
Şekil 7.28	ALT-6 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	87
Şekil 7.29	ALT-8 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği	88
Şekil 7.30	ALT-8 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	89
Şekil 7.31	ALT-8 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu.	90

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1	Primordial radyonüklidler..... 20
Çizelge 3.2	Doğada tek başına bulunabilen radyonüklidler 22
Çizelge 3.3	Kozmojenik radyonüklidler 23
Çizelge 3.4	Yapay (insan üretimi) nüklidler..... 23
Çizelge 5.1	Tersane prosesleri ve atık akışı..... 33
Çizelge 6.1	Altınova sediment numunelerinin derinlik ve koordinatları..... 38
Çizelge 6.2	Referans kaynağın gama spektrumundaki enerji ve verim değerleri 44
Çizelge 6.3	Sediment örneklerinin jöleli kaplardaki miktarı 45
Çizelge 7.1	Sediment örneklerinin toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri..... 57
Çizelge 7.2	Altınova sonuçlarının Türkiye'nin farklı bölgeleri ile karşılaştırılması .. 58
Çizelge 7.3	Deniz suyu numunelerinin toplam alfa/beta analizi ortalaması..... 58
Çizelge 7.4	Sediment örneklerinin gama radyoaktivite seviyeleri 59
Çizelge 7.5	Farklı bölgelerdeki çalışmaların gama aktivitesi ölçüm sonuçları 60
Çizelge 7.6	Yalova ilinin gama doz hızı değerleri..... 61
Çizelge 7.7	Sediment numunelerinin element konsantrasyonları..... 65
Çizelge 7.8	Deniz suyu örneği anyon sonuçları (ppm)..... 67
Çizelge 7.9	Deniz suyu ICP-OES analizi sonucu 67

ÖZET

MARMARA DENİZİ İZMİT KÖRFEZİ ALTINVOVA TERSANE BÖLGESİNDE AĞIR METAL VE ÇEVRESEL RADYOAKTİVİTE İNCELEMESİ

Kübra BAYRAK

Fizik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erol KAM

Bu çalışma, İzmit Körfezi Altınvova Tersaneler bölgesi kıyılarından elde edilen deniz sedimenti örneklerinin analizleri TAEK Teknoloji Daire Başkanlığı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sediment örneklerinin analizleri ile hem bölgenin radyoaktivite seviyesi hem de ağır metal kirlilik oranları ortaya koyulmuştur. Bölgede son 10 yıldır aktif olarak yapılmakta olan tersanecilik faaliyetlerinden deniz ekosisteminin ne derece etkilenmiş olabileceği değerlendirilmiştir.

Bölgenin radyoaktiflik düzeyinin açığa çıkarılmasında toplam alfa ve toplam beta analizleri Bethold LB770 marka düşük fon sayıcı toplam alfa/beta cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Yüksek saflıkta HpGe dedektörü ile de sediment örneklerinin gama ölçümü yapılmıştır. Bunun yanında bölgeden alınmış olan su numunelerinin toplam alfa/beta analizleri de yapılmıştır. Ayrıca bölgenin fon radyasyonu seviyesi Eberline marka taşınabilir bir sintilasyon dedektörü yardımıyla çeşitli noktalardan ölçümler alınarak gama doz hızları tespit edilmiştir. Ölçümler sonucunda bölgenin radyoaktivite seviyesi belirlenerek Türkiye ve Dünya'daki farklı bölgelerde yapılmış olan benzer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır.

Sediment numunelerinin ağır metal analizleri ise XRF yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sedimentlerin morfolojik ve topografik özellikleri SEM görüntüleri ile elde edilmiştir. Bunun yanında bölgeden elde edilen su numunelerinin ICP-OES cihazı ile element içerikleri belirlenmiştir. Tüm analizlere ilaveten sediment örneklerinin element içeriklerinin belirlenmesinde daha hızlı, kolay ve analitik bir yöntem olan Laser Induced Breakdown Spectroskopi (LIBS) tekniği ile ölçümler yapılmıştır.

Analizler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek bölgenin ağır metal kirlilik düzeyi ve radyoaktivite seviyesi ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sediment, ağır metal, radyoaktivite, Yalova, Altınova.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HEAVY METAL AND ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY IN IZMIT GULF OF MARMARA SEA ALTINOVA SHIPYARD REGION

Kübra BAYRAK

Department of Physics

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Erol KAM

This study was carried out in Management of TAEK Technology Development Department laboratory. With the analysis of the obtained sediment samples, both the radioactivity level of the region and the heavy metal pollution rates were determined. It was evaluated how much the marine ecosystem could be affected by the shipyard activities that have been active in the region for the last 10 years.

Total alpha and total beta analyzes were performed with the Bethold LB770 low-level counter alpha / beta device while gamma measurement was performed with high purity HpGe detector. In addition, total alpha / beta analyzes of the water samples taken from the region were also performed. Also, the ground radiation level of the region was measured by a plastic scintillation detector (Eberline) and the gamma dose rates were determined. As a result of the this part of the study, the radioactivity level of the Altınova shipyard region was revealed. The obtained results were compared with similar studies carried out in Turkey and the World.

Heavy metal analyzes of sediment samples were performed by XRF method. In addition, the morphological and topographical characteristics of the sediments were

obtained by SEM images. Also, the water content of the region was determined by the ICP-OES device. In addition to all analyzes, measurements were made by Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) which is a faster, easier and analytical method for determining the elemental contents of sediment samples.

The data obtained from the analyzes were evaluated and the level of heavy metal pollution and radioactivity of the region were determined.

Keywords: Sediment, heavy metal, radioactivity, Yalova, Altinova

GİRİŞ

Bu çalışmada, İzmit Körfezi girişinde gemi inşa faaliyetleri yapılmakta olan Altınova tersaneler bölgesinden alınan sediment ve su örneklerinin analizleri ile bölgenin ağır metal konsantrasyonları ve radyoaktivite seviyeleri değerlendirilmiştir. Ölçüm sonuçlarına istinaden bölgede herhangi bir ağır metal kirliliği olup olmadığı açıklanmıştır. Ayrıca bölgenin kapsamlı olarak incelenen radyasyon seviyesi, UNSCEAR tarafından belirlenen dünya ortalamasıyla ve daha önce yapılmış olan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Çalışma yapılmadan evvel geniş çaplı bir literatür taraması yapılarak ön bilgi sağlanmıştır. Türkiye ve Dünya literatüründe araştırdığımız çevresel radyoaktivite incelemeleri ve ağır metal kirliliği çalışmalarının bir kısmı bu bölümde derlenmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Zhen Xia ve arkadaşları tarafından 2013 yılında yayınlanan “Anthropogenic Fingerprint in Beibu Gulf (South China Sea) Sediments” adlı çalışmada Güney Çin Denizi’nden alınan 5 adet sediment numunesinin analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmada tane boyut analizi, yaş tayini ve ağır metal konsantrasyonu incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Ulaşılan ağır metal değerleri GB18668-2002, P. R. China kriterleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve analiz sonuçlarının kurum kriterlerinin altında olduğu gözlemlenmiştir [1].

Filiz Küçüksezgin ve arkadaşlarının 2005 yılında yayınladığı “Assessment of Marine Pollution in Izmir Bay: Nutrient, Heavy Metal and Total Hydrocarbon Concentrations” adlı çalışmanın bir kısmında İzmir Körfezi’nden alınan sediment numunelerinin ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışma, 1997-2002 tarihleri arasını kapsamaktadır. Sonuçlara göre, Gediz Nehri deltası dışında Akdeniz ve Ege Denizi background

değerleri ile aynı seviyelerde seyrettiği izlenmiştir. İç körfezdeki ağır metal konsantrasyonları Akdeniz'in kirli olan kısımlarından daha temiz olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca sonuçların mevsimsel değişimlerden ciddi oranlarda etkilenmediği tespit edilmiştir [2].

Hasan Baltaş ve arkadaşlarının 2017 yayınladığı “Determination of Radioactivity Levels and Heavy Metal Concentrations in Seawater, Sediment and Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) from the Black Sea in Rize, Turkey” adlı makalede toplam 5 farklı noktadan alınan deniz suyu, sediment ve hamsi örneklerinin analiz sonuçları değerlendirilmiştir [3].

Ahmed El Nemr ve arkadaşlarının “Distribution and Ecological Risk Assessment of Some Heavy Metals in Coastal Surface Sediments Along the Red Sea, Egypt” adlı çalışmasında 17 adet sediment örneğinin analizleri yapılarak Kızıldeniz sedimentolojisinin ekolojik risk teşkil edip etmediği kontrol edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre konsantrasyonu en yüksek çıkan metal alüminyumdur. 2009 yılında yayınlanmış olan bu çalışmada, Kızıl Deniz'in ağır metal konsantrasyonunun herhangi bir ekolojik risk taşımadığı sonucuna varılmıştır [4].

Vimlesh Chand ve Surendra Prasad'ın yayınladığı “ICP-OES Assessment of Heavy Metal Contamination in Tropical Marine Sediments: A Comparative Study of Two Digestion Techniques” başlıklı makalede Fiji'nin ana adası olan Doğu Viti Levu'nun Lami kıyılarından alınan 10 adet sediment örneğinin ICP-OES tekniği ile ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir. 2012 yılında yayınlanan makalede söz konusu bölgenin ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olduğu saptanmıştır. Yüksek çıkma nedeninin endüstriyel atık yönetimindeki yetersizlik olduğu açıklanmıştır [5].

Alessandro Buccolieri ve arkadaşlarının 2006 yılında yayınladığı “Heavy Metals in Marine Sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy)” başlıklı makalede Taranto Körfezi'nden alınmış olan toplam 19 adet sediment numunesinin analiz sonuçları yayınlanmıştır. Analiz sonuçları, Taranto Köfezi'ndeki ağır metal dağılımının İyon Denizinin kuzey kıyılarındaki endüstriyel ve kentsel atık yoğunluğundan etkilendiğini göstermiştir. Ayrıca Bazilika bölgesindeki nehirler ve deniz akıntılarının sedimentlerde ağır metal birikimini hızlandırdığı sonucuna varılmıştır [6].

Doğan Yaşar ve arkadaşlarının 1999 yılında yayınladığı “Anthropogenic Pollution in İzmit Bay: Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments” adlı makalelerinde İzmit

Körfezi’nden alınan 24 adet yüzey sedimenti örneğinin analiz sonuçları derlenmiştir. İzmit Körfezi sedimantasyonunun krom, titanyum ve vanadyum yönünden kirlenmediği saptanmıştır. İç ve orta körfezin gümüş, kadmiyum, civa, molibden ve antimon yönünden kirli ve çok kirli olduğu, arsenik, kobalt, bakır, kurşun ve çinko yönünden ise az kirli olduğu sonucuna varılmıştır [7].

Hakan Pekey’in “Heavy Metal Pollution Assessment in Sediments of the İzmit Bay, Turkey” adlı çalışmasında ICP-AES tekniği kullanılarak İzmit Körfezi’nden alınan sedimentler analiz edilen ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma bölgesinin kuzeyinin krom ile kirlenmemiş olduğu ortaya çıkarken bakır konsantrasyonunun da oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. Buna rağmen bölgede arsenik, kadmiyum, kurşun ve çinko kirliliği olduğu da belirlenmiştir. 8 adet sediment örneği kullanılarak yapılan çalışmada kirliliğin kaynağının endüstriyel ve evsel atıklar olduğu belirtilmiştir [8].

İdil Pazi’nin 2010 yılında yayınlanan “Assessment of Heavy Metal Contamination in Candarli Gulf Sediment, Eastern Aegean Sea” adlı makalesinde Çandarlı Körfezi’nin ağır metal konsantrasyonları araştırılmış ve değerlendirilmiştir. 18 noktadan 2009 yılında toplanan sediment örneklerinin ICP–ES/ICP–MS tekniği ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, bölgede krom ve bakır kirliliği bulunmamaktadır. Körfezin güney kesiminde, özellikle Aliğa endüstri bölgesi çevresinde yüksek ağır metal kontaminasyonu tespit edilmiştir [9].

Engin Meriç ve arkadaşlarının “Morphological Abnormalities in Benthic Foraminifers of the Antalya coast” adlı çalışmalarında Antalya ilinin kıyı bölgelerinden alınan sediment örneklerinin ağır metal analizleri yapılmış ve değerlendirilmiştir. 227 adet numune alınarak gerçekleştirilen çalışma 2008 yılında yayınlanmıştır. Çalışmanın ağır metal analizleri Atomic Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir [10].

Habibe Özmen ve çalışma arkadaşlarının yayınladığı “Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elâzığ, Turkey)” adlı makalede Hazar Gölü’nün radyoaktivitesi ve ağır metal seviyeleri değerlendirilmiştir. 2004 yılında sonuçları yayınlanan çalışma, 8 adet istasyondan alınan sediment numuneleriyle yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre bölgede ciddi bir kirlilik tespit edilmemiştir [11].

Erol Kam ve çalışma arkadaşlarının 2017 yılında yayınlanan “Gross Alpha and Gross Beta Activity Concentrations in Sediments in Gulf of Izmir (Eastern Aegean Sea, Turkey)” adlı makalelerinde İzmir Körfezi’nden alınan 4 adet kor sediment örneğinin analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Analizler düşük arka plan sayıcı 10 kanallı (Berthold LB-770) α/β dedektörü ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre toplam beta değerleri 993-1842 Bq/kg aralığında iken toplam alfa değerleri 537-1800 Bq/kg aralığında değişmektedir [12].

Özlem Selçuk Zorer ve çalışma arkadaşlarının 2009 yılında yayınladığı “Gross Alpha and Beta Radioactivity Concentration in Water, Soil and Sediment of the Bendimahi River and Van Lake (Turkey)” başlıklı makalede Bendimahi Nehri ve Van Gölü’nden elde edilen su, toprak ve sediment örneklerinin analiz sonuçları yer almıştır. Çalışmada, iklim koşullarına göre radyoaktivitede gözle görülür bir değişiklik olup olmadığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçların, ilgili kurumların verdiği referans değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Belirlenen bu yüksek radyoaktivitede, jeolojik oluşum ve tarım alanlarının faaliyetlerinin etkili olduğu belirtilmiştir [13].

Belgin Küçükömeroğlu ve çalışma arkadaşlarının 2008 yılında yayınlamış olduğu “Radioactivity in Sediments and Gross Alpha–beta Activities in Surface Water of Fırtına River, Turkey” başlıklı makalelerinde Fırtına Nehri sedimentolojisinin radyoaktivite seviyeleri değerlendirilmiştir. Çalışma, 21 su ve 20 sediment örneği kullanılarak yapılmıştır. Literatür değerleriyle karşılaştırılan sonuçların oldukça düşük olduğu ve bölgenin radyoaktivitesinin ekolojik açıdan risk taşımadığı sonucuna varılmıştır [14].

Şule Aytaş ve arkadaşlarının 2012 yılında yayınladıkları “Natural Radioactivity of Riverbank Sediments of the Maritza and Tundja Rivers in Turkey” adlı makalede Meriç ve Tunca Nehrinden alınan sediment numunelerinin toplam alfa/beta aktiviteleri hesaplanarak, bölgenin radyoaktivitesi değerlendirilmiştir. Toplam alfa aktivitesi Tunca Nehri için ortalama 86 Bq/kg olarak hesaplanırken Meriç Nehri için 91 Bq/kg hesaplanmıştır. Toplam beta aktivitesinin ise Meriç ve Tunca Nehirleri için sırasıyla 410 Bq/kg ve 583 Bq/kg olarak hesaplandığı açıklanmıştır [15].

Ezekiel O. Agbalagba ve çalışma arkadaşlarının 2011 yılında yayınladıkları “Evaluation of Natural Radioactivity in Soil, Sediment and Water Samples of Niger Delta (Biseni) Flood Plain Lakes, Nigeria” adlı makalelerinde Nijerya’da bulunan Nijer Deltası’ndan

alınan toprak, su ve sediment örneklerinin tespit edilen doğal radyoaktivite seviyeleri değerlendirilmiştir. Ulaşılan analiz sonuçları, bölgede ekolojik bir risk olmadığını göstermiştir [16].

Aslı Kurnaz ve arkadaşlarının 2007 yılında yayınladığı “Determination of Radioactivity Levels and Hazards of Soil and Sediment Samples in Fırtına Valley (Rize, Turkey)” adlı çalışmada Fırtına Deresinin radyoaktivite düzeyleri araştırılmıştır. Çeşitli noktalardan toplanan toprak ve sediment örneklerinin analizleri yüksek saflıkta germanyum dedektör ile yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, bölgenin radyoaktivitesinin ekolojik bir risk içermediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bölgenin çeşitli noktalarından ölçümler alınarak radyumun eşdeğer aktivitesi, absorbe edilen doz hızı, dış tehlike indeksi, yıllık eşdeğer doz ve yıllık etkin doz eşdeğeri hesaplanmıştır [17].

2006 yılında M. A. M. Uosif’in yayınladığı “Gamma-ray Spectroscopic Analysis of Selected Samples From Nile River Sediments in Upper Egypt” adlı makalede Nil Nehrinden alınan sediment örneklerinin analizleri ile bölgenin radyoaktivite seviyesi hakkında incelemeler yapılmıştır. Ulaşılan sonuçlar, radyonüklid konsantrasyonlarının oldukça düşük olduğunu göstermiştir [18].

2009 yılında K.A. Kabir ve arkadaşlarının yayınlamış olduğu “Distribution of Radionuclides in Surface Soil and Bottom Sediment in the District of Jessore, Bangladesh and Evaluation of Radiation Hazard” adlı makalelerinde Bangladeş’in güneybatı kesiminde bulunan Jessore bölgesinin toprak ve sedimentlerindeki radyonüklid dağılımları incelenmiş ve radyasyon riski açısından değerlendirilmiştir. 23 adet toprak ve sediment örneği ile yapılan çalışmada Cs-137 aktivitesi oldukça düşük iken Ra-226 ve Th-232 seviyelerinin Dünya ortalamasının üzerinde olduğu sonucuna varılmıştır [19].

Dilek Kurt ve arkadaşlarının 2016 yılında yayınladıkları “Distribution of Gamma Radiation Levels in Core Sediment Samples in Gulf of İzmir: Eastern Aegean Sea, Turkey” başlıklı makalede İzmir Körfezi’nden alınan sediment örneklerinin radyoaktivite seviyeleri değerlendirilmiştir. Bölgeden elde edilen 4 adet kor sediment örneğinin analizleri, HPGe yarıiletken dedektör ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bölgenin radyoaktivite seviyesini en fazla artıran radyonüklid K-40’dır. Ayrıca ulaşılan sonuçlar UNSCEAR’ın açıkladığı limit değerlerinin oldukça

altında olduğundan, bölgenin radyolojik açıdan risk taşımadığı sonucuna varılmıştır [20].

Erol Kam ve arkadaşlarının “Environmental Radioactivity Measurements in Kastamonu Region of Northern Turkey” başlıklı makalelerinde Kastamonu ilinin çevresel radyoaktivite araştırma sonuçları yayınlanmıştır. 2007 yılında yayınlanan makalede; kapalı alanda radon konsantrasyon seviyeleri, iç ve dış havada gama doz hızı, toprak ve içme sularında radyonüklid oranları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, bölgenin radyoaktivite düzeylerinin Karadeniz’de yapılan diğer çalışma sonuçlarına göre ciddi bir farklılık taşımadığı açıkça görülmüştür [21].

Erol Kam ve çalışma arkadaşlarının 2010 yılında yayınlamış oldukları “A Study of Background Radioactivity Level for Çanakkale, Turkey” adlı makalede Çanakkale’nin çeşitli bölgelerinde ölçümler alınarak hesaplanan iç ve dış gama doz hızı seviyeleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, bölgeden alınan 8 adet su örneğinin toplam alfa/beta radyoaktivite seviyeleri ölçülerek bölgenin radyasyon düzeyi önceden yapılmış olan çalışma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bunun yanında bölgeden alınan toprak örneklerindeki radyonüklid konsantrasyonları da ölçülmüştür [22].

Pelin Otansev ve arkadaşlarının 2011 yılında yayınladığı "Assessment of Natural Radioactivity Concentrations and Gamma Dose Rate Levels in Kayseri, Turkey" başlıklı makalede radyoaktivite düzeyleri araştırılan Kayseri bölgesinin analiz sonuçları derlenmiştir. 81 farklı bölge belirlenerek alınan toprak ve hava ölçümlerinin sonuçları açıklanmıştır. Ölçümler sonucunda dış gama doz oranı ortalama $114,43 \text{ nGy h}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve Dünya ortalamasının altında olduğu tespit edilmiştir. Toprak ölçümlerinde hesaplanan ortalama U-238, Th-232 ve K-40 radyoaktivite değerleri ise sırasıyla 35,51 Bq/kg, 37,27 Bq/kg ve 429,66 Bq/kg’dir. Hesaplanan bu değerler ise Dünya ortalamasının biraz üzerindedir [23].

Roberto Barbini ve çalışma arkadaşlarının 2002 yılında yayınlamış oldukları “On Board LIBS Analysis of Marine Sediments Collected During the XVI Italian Campaign in Antarctica” başlıklı makalede Antarktika kıtasının çeşitli noktalarından farklı derinliklerden elde edilen 10 adet sediment örneğinin LIBS analizi sonuçları değerlendirilmiştir. 2000-2001 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmada çeşitli elementlerin farklı yüksekliklerdeki konsantrasyonları karşılaştırılmıştır [24].

T. Hussein ve arkadaşlarının 2012 yılında yayınlamış oldukları “Monitoring and Assessment of Toxic Metals in Gulf War Oil Spill Contaminated Soil Using Laser-induced Breakdown Spectroscopy” başlıklı makalede Basra Körfezi kıyılarından alınan çeşitli toprak örneklerinin ağır metal analizlerinin sonuçları ortaya koyulmuştur. Çalışmanın yapılmasındaki asıl amaç, Körfez Savaşı sırasında petrol sızıntılarının bölgede bıraktığı ekolojik hasarı açığa çıkarmaktır. Bu amaçla ICP ve LIBS teknikleri ile analizler gerçekleştirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Özellikle baryum ve krom konsantrasyonlarının belirli standartların üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, LIBS ile elde edilen ağır metal konsantrasyonlarının yüksek oranda ICP ile elde edilen verilere yakın olduğu sonucuna varılmıştır [25].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada, Yalova’da 7 km’lik bir kıyı şeridini kaplayarak tersanecilik faaliyetleri yapılmakta olan bir bölgenin çeşitli kısımlarından alınan deniz sedimentlerinin analizleri sayesinde bölgenin radyoaktivite ve ağır metal seviyelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Yüzyıllarca göl, deniz ve okyanus tabanlarında birikmiş olan sediment tabakaları sayesinde, araştırılan bölge hakkında çeşitli yorumlar yapılabilmektedir. Toplam radyoaktivite konsantrasyonu, doğal ve yapay radyonüklidlerin bölgesel dağılımları, tabaka tarihlenmesi (dating) ve ağır metallerin taşıdığı risklerin tespit edilebilmesi gibi birçok araştırmada sedimentlerden faydalanılır.

Denizlerdeki çeşitliliğin sentezi olarak birikmiş sedimentlerin analizleri ile yapılan çalışmalar, canlı hayatını riske eden durumların tespitini ve alınacak erken önlemleri mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada yapılan ağır metal analizleri ve radyoaktivite ölçümleri de çalışma bölgesindeki kirleticileri tespit ederek canlı hayatına ve ekosisteme zarar verebilecek durumların ortaya koyulabilmesi amacıyla yapılmıştır. Gelecekte yapılacak çevresel çalışmalarda, bu bölge hakkında yapılan araştırmalarımız referans olacaktır.

1.3 Hipotez

Türkiye’de yaşanan göçlerin büyük bir kısmı kırsal kesimlerden metropollere doğru olmaktadır. Sanayileşme ile artan göçler ciddi nüfus artışlarını da beraberinde

getirmiştir. Nüfus artışının akabinde inşa edilen konut ve iş yerlerinin sayısında da artış olmaktadır.

Altınova bölgesinin kıyı şeridinde oluşan yoğunlaşma; bölgede bulunan kanalizasyon arıtma tesisinden, sanayi bölgelerinden, feribot iskelelerinden, konutlardan, az sayıda olan restoranlardan ve en önemlisi de kıyı boyunca faaliyet gösteren tersane işletmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu yoğunlaşma sonucu ortaya çıkan kirliliğin boyutu analiz edilerek değerlendirilmiştir.

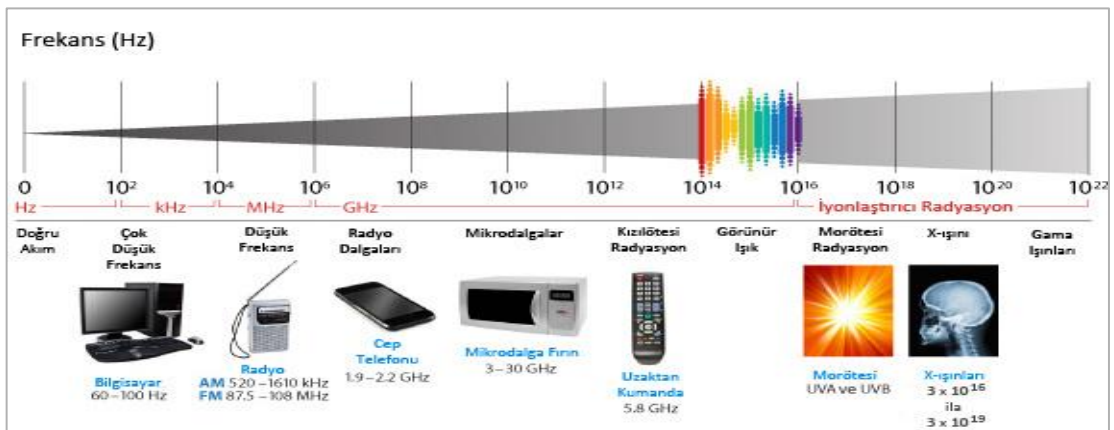
BÖLÜM 2

RADYASYON

Radyasyon, foton adı verilen enerji paketleri halinde enerjinin bir yerden başka bir yere transfer edilmesidir. Dünyanın oluşumundan beri farkında olmadan maruz kaldığımız radyasyon, Wilhelm Conrad Röntgen tarafından X ışınlarının bulunmasıyla 1895 yılında keşfedilmiştir. Bu keşfi takiben 1896 yılında Henry Becquerel, uranyum tuzları sayesinde radyoaktiviteyi keşfetmiştir. Ardından Pierre ve Marie Curie'nin 1902 yılında radyumu keşfetmesinden sonra radyasyonun uygulama alanları günümüze kadar geliştirilmiştir [26].

Radyasyon genel olarak dalga ve parçacık tipi olmak üzere iki şekilde karakterize edilir. Dalga tipi radyasyonlar, ışık hızıyla hareket eden, belirli bir enerjileri olup kütlesi olmayan radyasyonlardır. Parçacık tipi radyasyonlar ise, enerjisi ve kütlesi olan yüksek hızlardaki radyasyonlardır [27].

Radyasyon, elektromanyetik dalgalar halinde yayılır. Elektromanyetik dalgaların keşfi ile farklı dalga boylarındaki radyasyonlar tespit edilerek elektromanyetik spektrum oluşturulmuştur (Şekil 2.1) Elektromanyetik spektrumdaki radyasyon çeşitlerinin temel farklılığı, dalga boyları ve dolayısıyla frekanslarıdır [28].



Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrum [29]

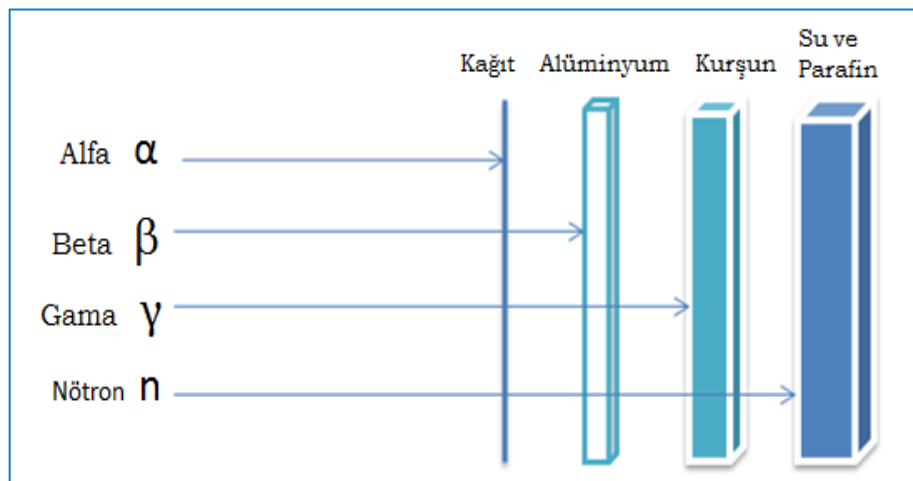
2.1 Radyasyon Çeşitleri

Radyasyon, madde üzerinde bıraktığı etkiye göre iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olmak üzere ikiye ayrılır.

İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar, madde ile etkileştiklerinde iyonlaşmaya neden olmayan radyasyon çeşididir. Radyo dalgaları, mikrodalgalar, görünür ışık ve kızılötesi ışınlar düşük enerjileri nedeniyle iyonlaştırma yeteneği olmayan radyasyonlardır. Günümüzde tungsten halojen lambaları, ultraviyole cihazlar, lazerler, baz istasyonları, mikrodalga fırınlar, telsiz telefonlar, yüksek frekanslı nakil hatları, hava trafiği kontrol radarları, elektrikli mutfak araçları ve tıbbi görüntüleme sistemleri gibi birçok iyonlaştırıcı olmayan radyasyon kaynakları mevcuttur.

Mor ötesi (UV) ve görünür ışınların canlı dokular üzerinde bir takım fotokimyasal etkileri¹ vardır. Örneğin kısa süreli deri kızarması ve göz kamaşması, uzun vadede deri kanseri, erken ihtiyarlaşma ve katarakt meydana gelebilmektedir [30].

İyonize radyasyonlar, madde ile etkileştiklerinde iyonlaşmaya neden olurlar. İyonlaştırıcı radyasyonlar gama ve X ışınları gibi elektromanyetik dalga tipinde olabildiği gibi nötronlar, alfa (α), beta (β) ve hızlı elektronlar gibi parçacık tipinde de olabilirler. Radyasyonu oluşturan maddelerin hepsi farklı türde ve farklı enerjidedir. Bu farklılık nedeniyle madde içerisindeki giricilik kabiliyetleri de birbirlerinden farklı olmaktadır. Dolayısıyla her radyasyon çeşidinin soğurulma mekanizması kendine özgüdür [31]. Radyasyon çeşitlerinin penetrasyonu Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Radyasyon çeşitlerinin penetrasyonu

¹ Fotokimyasal etki, canlı doku üzerinde bir radyasyon maruziyeti oluştuğunda dokuda kimyasal etkinin başlaması anlamına gelir.

İyonlaştırıcı radyasyonların canlı dokular üzerindeki etkileri tıpta birçok tedavide kullanılmaktadır. Tıbbi görüntülemede kullanılan X ışınları, radyoterapi alanında kanser tedavilerinde kullanılan gama ışınları vb., iyonize radyasyonun bilinçli kullanıldığında canlıların yararına olabildiğinin birer kanıtıdır [32].

2.1.1 Alfa (α) Radyasyonu

Alfa parçacığı, 2 proton ve 2 nötrona sahip olan helyum çekirdeğidir. Alfa parçacıklarının ağır olmaları, havadaki menzillerinin kısa olmasına neden olmuştur ve dolayısıyla geleneksel dedektörlerle tespit edilmeleri güçtür. Alfa parçacıklarının durdurulması için bir kâğıt parçası veya ince bir alüminyum folyo yeterli olmaktadır. Bu durumda alfa parçacıklarının menzilleri geçtikleri ortama bağlı olarak değişmektedir [33,34].

Alfa parçacıklarının insan dokusuna nüfuz etme yetenekleri oldukça azdır. Ancak nüfuz ettikleri takdirde enerjilerini etkileştikleri dokuya bırakarak büyük bir biyolojik hasara sebep olurlar [35].

Bir çekirdeğin alfa radyasyonu yayması, daha kararlı hale gelmesi içindir. Alfa bozunumu, genellikle uranyum ve polonyum gibi ağır çekirdeklerde oluşur.

Alfa bozunumu, denklem (2.1)'de gösterildiği gibi çekirdeğin atom numarasının 2 ve kütle numarasının 4 azalması ile sonuçlanmaktadır [36].



2.1.2 Beta (β) Radyasyonu

Beta radyasyonu negatif yüklü yüksek enerjili elektronlardan oluşur. Alfa parçacığına göre daha hafif olmaları nedeniyle daha derine nüfus edebilirler. Betaların durdurulması için ince bir alüminyum levha yeterli olmaktadır. En yaygın bilinen beta yayıcı nüklidler K-40, Sr-90 ve C-14 olarak gösterilebilir [37,34].

Negatif beta bozunumu sırasında nötron protona dönüşür ve bir elektron yayımlanır:



Pozitif beta bozunumunda ise, proton nötrona dönüşür ve bir pozitron yayımlanır [36]:



2.1.3 Gama (γ) Işınları

Gama ışınları, hızları ışık hızına denk olup enerjileri yüksek olan ışınlardır. Kaynağı atom çekirdeği olan gamalar, yüksüz ve kütesizdir. Dolayısıyla giricilikleri alfa ve beta radyasyonuna göre daha yüksektir. Gamaların durdurulması için birkaç santimetrelik kurşun zırhlar gereklidir. En çok bilinen gama yayıcı nüklidler; Cs-137, Kr-88 ve Co-60'dır.

Gama ışınlarının tespiti, çeşitli radyometrik cihazlar sayesinde kolaylıkla yapılmaktadır. Her izotopun karakteristik gama ışını enerjisi vardır. Bu karakteristik enerji, gama spektrometresinin kaynağını oluşturmuştur. Gama ışınlarının enerjileri tayin edilerek kaynağı belirlenebilmektedir [38].

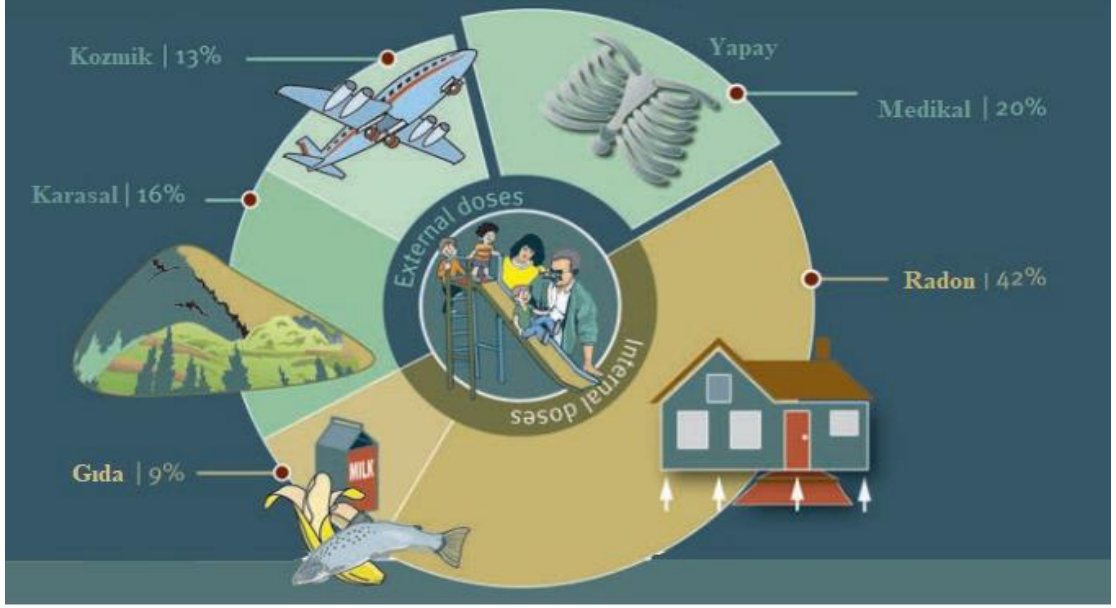
2.1.4 X-Işınları

1895 yılında Alman Fizikçi Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedilen X-ışınları, röntgen ışınları olarak da bilinir. X-ışınları, elektromanyetik spektrumda yüksek enerjili gamalardan sonra gelmektedir ve nispeten enerjileri daha düşüktür. X ışınlarının da gamalar gibi giricilikleri yüksektir ve menzilleri oldukça uzundur [39].

X ışınları, yüksek hızlı elektronların bir metale çarpması sonucu oluşurlar veya X ışını tüpleri ile yapay olarak üretilirler. Gerektiği yerde yapay olarak üretilen X-ışınları, tıbbi görüntüleme teknolojisinde ve endüstride çok geniş kullanım alanına sahiptir [39,40].

2.2 Radyasyon Kaynakları

Günümüzde insanoğlu birçok kaynaktan gelen radyasyonla iç içe yaşamaktadır. Radyasyon, kaynağına göre sınıflandırıldığında doğal ve yapay radyasyon olarak ikiye ayrılır. Maruz kaldığımız radyasyonun %80'i doğal radyasyondan kaynaklanırken %20'lik kısmı yapay kaynaklardan yayılmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Tüm kaynaklardan alınan radyasyon oranları [40]

İnsanoğlunun günlük hayatta maruz kaldığı radyasyonun %42 kadarlık kısmı Radon gazından kaynaklanmaktadır. Ayrıca %16'lık kısmı karasal kökenli iken %13'lük kısmı kozmik ışınlardan ve %9 kadarı da gıdalardan kaynaklanmaktadır. Geri kalan %20'lik kısım ise insan faaliyetleri sonucu oluşarak çevreye yayılan yapay radyasyondur [40].

2.2.1 Doğal Radyasyon Kaynakları

Maruz kaldığımız radyasyon, yaşadığımız Dünya'nın doğal bir parçasıdır. Doğal kaynaklardan meydana gelen fon radyasyonun büyük bir kısmı radon gazından kaynaklanır. Radon, Uranyum-238 serisinin bozunumu sonucu oluşan radyoaktif bir gazdır. Yarılanma ömrü 3,8 gündür. Radon gazının insanlara olan etkisi; toprak, binaların altındaki kayalar, yapı malzemeleri, su kaynakları ve doğal gaz gibi çeşitli yollardan oluşmaktadır. Radon gazı binalara, yapı malzemeleri arasındaki açıklık ve çatlaklardan ve ayrıca zemindeki toprak ve kayalardan yayılarak girmektedir [41].

İçinde bulunduğumuz çevrenin doğal radyasyon seviyelerini artıran en önemli faktörlerden biri kozmik ışınlardır. Kozmik ışınların bir kısmı Güneş kaynaklı olurken bir kısmı da dış uzay kaynaklıdır. Dünya'nın atmosfer tabakası ve manyetik alanı kozmik radyasyonu büyük oranda azaltmaktadır. Bu ışınlardan bir kısmı atmosfer tarafından soğurulur, bir kısmı da yerküreye kadar ulaşır. Manyetik alanın saptırması nedeniyle kozmik radyasyon, Dünya'nın kuzey ve güney kutuplarına daha fazla ulaşır. Bu nedenle kutuplardaki radyasyon seviyesi, ekvatorial bölgelerden çok daha fazla

olmaktadır. Ayrıca insanoğlunun kozmik radyasyona maruz kalma düzeyi, deniz seviyesinden olan yüksekliği ile doğru orantılıdır. Örneğin, deniz seviyesinde yaşayan bir insan kozmik radyasyondan yıllık ortalama 0.3 mSv kadar doz alırken deniz seviyesinden 2000 m yüksekte yaşayan biri bu dozun birkaç kat fazlasını almaktadır [40].

Dünya’da bulunan her şey çeşitli radyonüklidler içerir. Dünya’nın oluşumundan itibaren yeryüzünde karasal olan her yerde K-40, Th-232 ve U-238 gibi çok uzun yarı ömürlü radyonüklidler mevcuttur. Bu radyonüklidlerin devamlı olarak varlığı, doğal radyasyon seviyesinde artışa neden olur. UNSCEAR’ın hesaplamalarına göre karasal radyasyondan yıllık olarak alınan efektif doz 0.48 mSv’dir. Dünya’da karasal radyasyonun çok yüksek olduğu bölgeler vardır. Örneğin, Hindistan’da Kerala’nın güneybatı sahilleri toryum açısından çok zengindir. Bu durum bölge insanının yıllık ortalama 3.8 mSv doz almasına neden olmaktadır. Dünya’da buna benzer birçok bölge bulunmaktadır [40].

Günlük olarak tükettiğimiz yiyecek ve içecekler bazı radyonüklidler içerebilir. İnsanların beslenme alışkanlıkları, besinlerden aldıkları radyasyonda belirleyici unsur olmaktadır. Balık ve kabuklu deniz mahsullerinde yüksek Pb-210 ve Po-210 bulunmaktadır. Besin alımında deniz canlılarını daha çok tercih eden bireyler nispeten daha fazla radyasyon dozu almaktadır. UNSCEAR, gıda maddelerinden aldığımız ortalama etkin dozun 0.3 mSv olduğunu ve bu dozun temel olarak K-40, Th-232 ve U-238’den ileri geldiğini açıklamıştır [40].

2.2.2 Yapay Radyasyon Kaynakları

Günümüzde yapay radyoizotoplar çeşitli yollarla hayatımıza girmiştir. Bu radyoizotoplar çoğunlukla nükleer reaktörlerde yan ürün olarak ve atmosferde yapılan nükleer denemelerde açığa çıkmaktadır. Ayrıca radyoizotop jeneratörleri yoluyla üretilen radyoizotoplar; tıptan endüstriye, tarımdan imalat sanayiye kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

Radyasyonun tıp alanında kullanım alanı oldukça geniştir. Özellikle röntgen ışınları olarak da bilinen X ışınlarının kullanımı başta olmak üzere kanser tedavilerinde kullanılan hızlandırıcılar ve gama kameraların kullanımı, yapay radyasyonun insanlık yararına olan çeşitli uygulamalarda kullanılabileceğinin birer kanıtıdır [37].

Radyasyonun endüstriyel alandaki aktif kullanımı göz ardı edilemeyecek kadar geniştir. Yol yapımında kullanılan yoğunluk ölçerler, duman dedektörleri, karanlık çıkışlarda kullanılan parlak işaretler, petrol alanlarındaki rezerv tahmin cihazları ve bazı sterilizasyon işlemleri radyasyonun endüstriyel alandaki kullanımına örnektir [40].

Yapay radyasyon, nükleer yakıt çevrimlerinde ve atmosferik nükleer denemelerde yüksek oranlarda açığa çıkar. Nükleer santrallerde günlük faaliyetler sonucu radyoaktif parçacıklar kontrollü bir şekilde oluşurken, atmosferik nükleer denemeler sonucu oluşanlar atmosfer yoluyla kolaylıkla dağılabildiği gibi hava akımları ve yağmurla birlikte yeryüzüne inerek çevresel radyoaktiviteyi artırabilmektedir [37,42].

2.3 Radyasyonun İnsan Sağlığına Etkisi

Radyasyonun hücrelerdeki hasarı, deoksiribonükleik asit (DNA) zincirine zarar vermesi ile vuku bulmaktadır. Bir dokuda radyasyon nedeniyle hasar gören hücre sayısı onarılamayacak kadar fazla ise doku ölümleri ve organ hasarlarına oluşur. Eğer zarar gören hücreler kalıtsal bilgi taşıyorlarsa, gelecek nesillerde genetik bozukluklar görülmesi kaçınılmaz olmaktadır [40].

Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkisi deterministik ve stokastik etkiler olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

Deterministik etkiler, tek seferde vücuda belirli bir eşik değerin üzerindeki dozlarda radyasyon verilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Bu tip vakalar, kısa sürede kemik iliği, mide ve bağırsak problemleri ile sonuçlanmaktadır. Vücudun her bir dokusunun doz toleransları birbirinden oldukça farklıdır. Canlı vücudundaki en hassas dokular göz ve üreme hücreleridir. Bu tip dokuların tek seferde yüksek dozlara maruz kalması sonucu bazı anormallikler görülmektedir. Örneğin, 5 Gy'lik radyasyon dozuna tek seferde maruz kalan gözlerde katarakt oluşmaktadır. Tıpta uygulanan radyasyonlu tedavilerde, bu tip radyasyon etkilerini minimuma indirmek için dokuların toleransına göre belirli periyodik sürelerde dozlar verilir. Bu periyodik süreler canlı dokuların kendilerini yenileyebilmeleri için gerekli olan zamandır [40, 43].

Uzun süre zarfında bir canlı radyasyon almış ise, direkt bir etki görülmeyip ileriki zamanlarda veya gelecek nesillerde bir etki görülebilir. Bu tip etkiler stokastik etki olarak adlandırılır. En çok bilinen stokastik etki kanser vakalarıdır. Yapılmış olan birçok çalışma, radyasyonla kanserleşme ilişkisini ortaya koymuştur [44].

2.4 Radyasyon Birimleri

Aktivite Birimi

Aktivite, radyoaktif bir maddenin birim zamandaki bozunum sayısıdır. Aktivitenin klasik birimi Curie (Ci) iken SI sistemindeki birimi Becquerel (Bq)'dir.

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Curie: Bir saniyede $3,7 \times 10^{10}$ kez parçalanma yapan maddenin aktivitesidir.

Becquerel: Saniyede 1 kez parçalanma yapan çekirdek aktivitesidir.

Işınlanma Birimi

1 kg'lık havada $2,58 \times 10^{-4}$ Coulomb'luk elektrik yükü değerinde pozitif veya negatif iyonlar oluşturan radyasyon miktarını ifade eder. Işınlanma düzeyinin klasik birimi Röntgen (R) iken SI sistemindeki birimi Coulomb/kilogram (C/kg)'dır.

$$1 \text{ C/kg} = 3876 \text{ R}$$

Soğurulan Doz Birimi

Radyasyona maruz bırakılan bir maddenin birim miktarının soğurduğu enerjiyi ifade eder. Eski birimi rad (radiation absorbed dose)'dur. SI birim sisteminde birimi ise Gray (Gy)'dir. Gray, 1 kg'lık maddeye 1 Joule'lük enerji veren bir radyasyon dozudur.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

Eşdeğer Doz Birimi

Radyasyonun biyolojik etkisinin ifade edilmesi için kullanılan bir doz birimidir. Canlı doku ve organlarda soğurulan enerjinin kütle ile olan ilişkisini açıklar. SI birim sisteminde birimi Sievert (Sv)'dir. Sievert yerine eskiden rem (roentgen equivalent man) kullanılmaktaydı.

Kalite faktörü, farklı tipteki radyasyonların farklı dokulardaki biyolojik etkilerini hesaplamak için radyasyon çeşidine göre verilen değerdir. Örneğin, X ışınlarının kalite faktörü 1 iken alfa ışınlarının 20'dir.

Eşdeğer doz hesaplanırken kalite faktörü ve absorblanmış doz çarpılır [40, 45].

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$$

$$1 \text{ rem} = \text{Kalite Faktörü} \times 1 \text{ rad}$$

RADYOAKTİVİTE VE RADYONÜKLİDLER

3.1 Radyoaktivite

Atom çekirdeği, birbirine sıkı sıkıya yapışmış proton ve nötronlardan oluşur. Protonlar pozitif yüklü parçacıklar iken nötronların yükü yoktur. Elementler, çekirdeklerindeki proton sayıları ile ifade edilirler. Aynı sayıda protonu olup nötron sayıları farklı olan çekirdekler izotop olarak adlandırılırlar. Örneğin, U-235 ve U-238 izotoplardır.

Kararsız olan radyoaktif ağır çekirdekler, üzerlerindeki fazla enerjiyi foton halinde salarak daha kararlı bir hal almaya çalışmaktadır. Doğada kararsız olan radyoaktif elementlerin radyasyon salarak kararlı hale geçmesi süreci radyoaktiviteyi oluşturur. Radyoaktivite yavaşlatılamayan ve durdurulamayan bir süreçtir. Bu süreç, radyoaktif çekirdeğin aktivitesi bitene dek devam eder. Radyoaktif maddeler alfa (α), beta (β) ve gama (γ) radyasyonu yayarak kararlı hale gelmeye çalışırlar.

Radyoaktivite, 1896 yılında Fransız fizikçi Henry Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Güneş ışığına maruz bırakılan uranyum ve potasyum kristallerinin parladığını ve karanlık ortam oluştuğunda hemen parıltının kaybolduğunu gözlemleyerek yaptığı keşfi ile bilimi bir adım daha ileriye taşımıştır [46].

Radyoaktivite; doğal ve yapay radyoaktivite olmak üzere ikiye ayrılır.

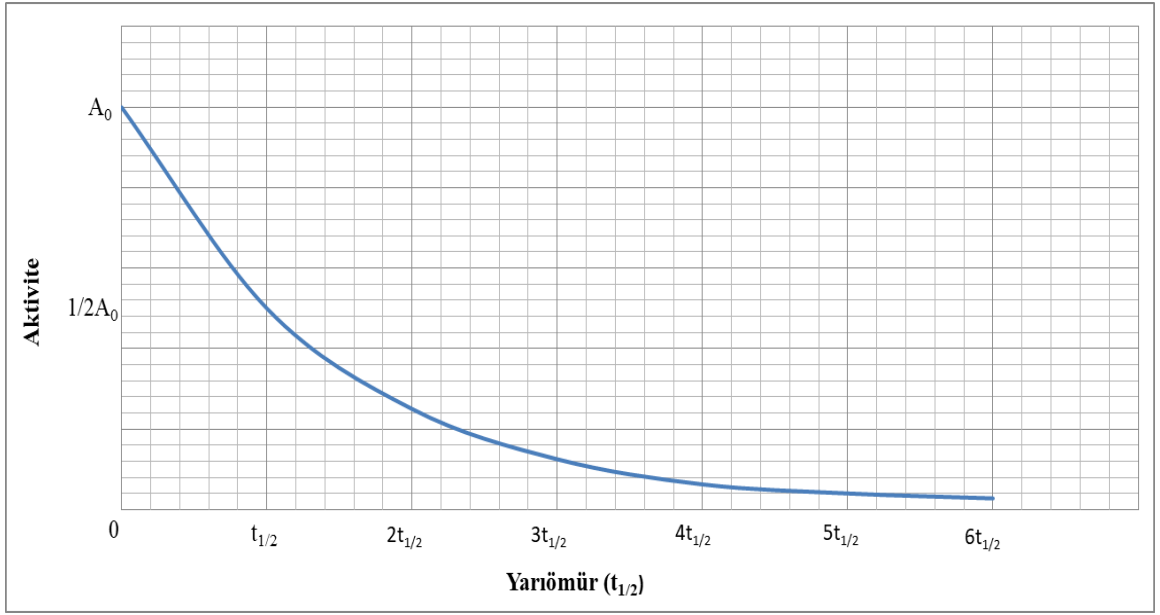
Doğal Radyoaktivite: Kararsız çekirdekler bir dizi ışımlar yaparak sahip oldukları fazla enerjiyi atar ve kararlı duruma geçmeye çalışırlar. Doğal radyoaktif elementlerin (U-238, K-40, Ra-226 vb.) dışarıdan herhangi bir müdahale olmaksızın kendiliğinden ışıma yapması, yani radyasyon salması olayı doğal radyoaktiviteyi tanımlar.

Yapay Radyoaktivite: Radyoaktif halde olmayan bir çekirdeğin radyasyona maruz bırakılarak yapay yollarla kararsız hale getirilmesi olayıdır [47].

3.2 Yarılanma Ömrü

Becquerel, Curie ve Rutherford'un yaptığı çalışmalar, bir radyoaktif kaynağın aktivitesinin her madde için farklı olan belirli bir süre zarfında azaldığını göstermiştir. Bu çalışmalar ile yarı ömür ya da yarılanma ömrü kavramı ortaya çıkmıştır. Yarı ömür (yarılanma ömrü), bir radyoaktif kaynağın aktivitesinin yarıya düşmesi için geçen zaman olarak tanımlanmaktadır [46].

Şekil 3.1 Bir kaynağın aktivitesinin zamanla nasıl değiştiğini göstermektedir.



Şekil 3.1 Yarılanma ömrü grafiği

Yarılanma ömrü grafiğinde gösterildiği gibi radyoaktivite exponansiyel bir bozunum sergilemektedir. Matematiksel formülü Denklem (3.1) de görüldüğü gibidir.

$$A_t = A_0 e^{-0.693/t_{1/2}} \quad (3.1)$$

Burada $t_{1/2}$ yarı ömür, A_t t zamanındaki aktivite ve A_0 başlangıçtaki aktivitedir.

3.3 Radyonüklidler

Radyonüklidler, doğal ve yapay radyonüklidler olarak iki farklı şekilde var olmaktadır. Radyoaktif elementlerin yani radyonüklidlerin sayısının, 1500'den fazla oldukları bilinmektedir. Genel olarak 3 ana başlık altında toplanırlar.

1. Dünya'nın başlangıcından itibaren var olan (primordial) radyonüklidler
2. Kozmik radyasyon sonucu oluşan (kozmojenik) radyonüklidler
3. İnsan ürünü yani yapay yollarla oluşturulan radyonüklidler [48].

3.3.1 Primordial Radyonüklidler

Primordial radyonüklidler, Dünya'nın var oluşundan beri mevcut olan radyoaktif maddelerdir. Bu maddeler yarılanma ömürlerinin uzun olması nedeniyle günümüzde nükleer teknolojilerde kullanılmaktadır. Örneğin U-238'in yarılanma ömrü 4,47 milyar yıldır [48]. Doğal olarak U-238 ve Th-232, radyoaktif bozunumunun sonucu olarak kayalar ve topraklarda eser element olarak bulunurlar [49].

Doğal radyoaktiviteyi artıran ana radyonüklidler, U-238 ve Th-232'nin ürünleri ve K-40'dır. Çizelge 3.1'de en yaygın bulunan primordial radyonüklidler, yarılanma ömürleri ve doğal aktiviteleri gösterilmiştir.

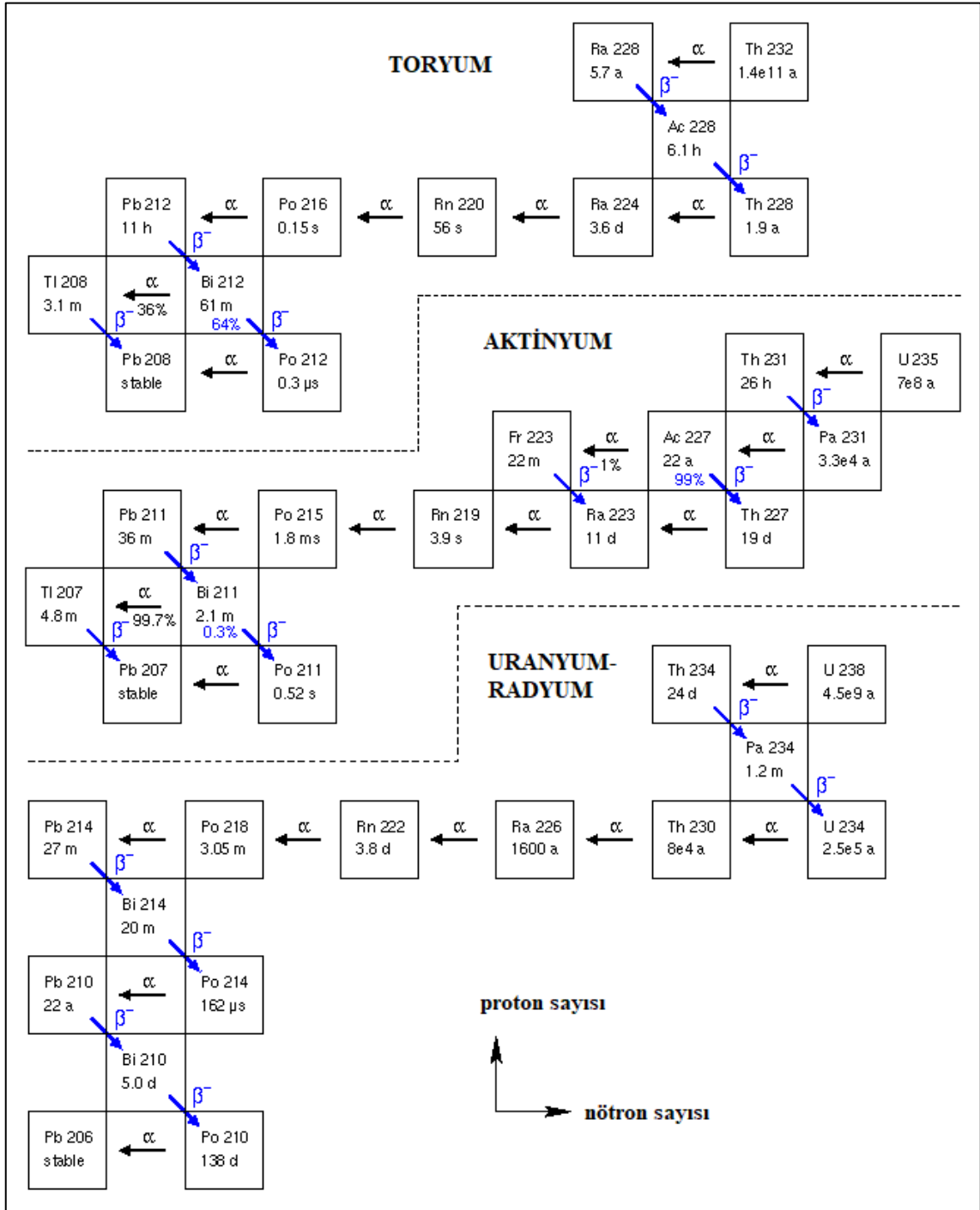
Çizelge 3.1 Primordial radyonüklidler [50]

Nüklid	Sembol	Yarılanma Ömrü	Doğal Aktivitesi
Uranyum-235	U-235	$7,04 \times 10^8$ yıl	Tüm doğal uranyumun %0,72'sidir.
Uranyum-238	U-238	$4,47 \times 10^9$ yıl	Doğal uranyumun %99,2745'i, yaygın kaya çeşitlerindeki toplam uranyum 0,5 ile 4,7 ppm'i dir.
Toryum-232	Th-232	$1,41 \times 10^{10}$ yıl	Kabuk ortalaması 10,7 ppm olan yaygın kaya türlerinde 1,6 ile 20 ppm arasındadır.
Radyum-226	Ra-226	$1,6 \times 10^3$ yıl	Kireç taşında 0,42 pCi/g (16 Bq/kg) ve magmatik kayada 1,3 pCi/g'dır (48 Bq/kg).
Radon-222	Rn-222	3,82 gün	Soygazlar; yıllık ortalama hava konsantrasyonları ABD'de 0,016 pCi/L (0,6 Bq/m ³) ila 0,75 pCi/L (28 Bq/m ³) arasında değişir.
Potasyum-40	K-40	$2,28 \times 10^9$ yıl	Toprak, 1-30 pCi/g (0,037-1,1 Bq/g)'dir.

Çizelge 3.1'de gösterilen yaygın primordial radyonüklidler dışında da doğada çok sayıda radyonüklidler vardır. V-50, Rb-87, Cd-113, In-115, Te-123, La-138, Ce-142, Nd-144, Sm-147, Gd-152, Hf-174, Pt-190, Pt-192 ve Bi-209 bunlardan birkaçıdır [48].

Günümüzden doğada bildiğimiz yaklaşık 40 adet doğal radyonüklid vardır. Bu radyonüklidlerin büyük bir kısmının atom numarası 81-90 aralığındadır. Yüksek atom

numaralı ağır elementlerin radyoaktif izotopları Uranyum-238, Toryum-232 ve Aktinyum-235 serileri olmak üzere 3 seri halindedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 U-238, Th-232 ve U-235 serilerinin bozunum şemaları [51]

Şekil 3.2’de gösterilen bu üç serinin dışında bir zamanlar dördüncü bir seri olan Pu-241 orjinli Neptünyum serisinin de olduğu düşünülmektedir.

K-40 doğada tek başına bulunabilen en önemli radyonükliddir. K-40'ın doğal fon radyasyonuna olan etkisi diğerlerine nazaran oldukça fazladır. Doğada tek başına bulunabilen radyonüklidler Çizelge 3.2'de verilmiştir [48].

Çizelge 3.2 Doğada tek başına bulunabilen radyonüklidler [48]

Nüklid	T _{1/2}	Yayınlanan Radyasyon	E (keV)	Bağıl Bolluk (%)
H-3	12,4 yıl	β^-	180,0	100
C-14	5400 yıl	β^-	155,0	100
K-40	1,3x10 ⁹ yıl	$\beta^- - \gamma$	1300 - 1460,8	90 - 10
Rb-87	6,1x10 ¹⁰ yıl	β^-	250	100
In-115	10 ¹⁴ yıl	β^-	630	100
La-138	7x10 ¹⁰ yıl	$\beta^- - \gamma$	1210 - 1390	7 - 93
Sm-147	6,7x10 ¹¹ yıl	α	2180	
Lu-176	6,7x10 ¹⁰ yıl	β^-	425	
Bi-209	2,7x10 ¹⁷ yıl	α	3150	

3.3.2 Kozmojenik Radyonüklidler

Dünya, uzaydan gelen radyasyona her an maruz kalmaktadır. Yüksek enerjili parçacıklarla oluşan bu radyasyon genellikle proton parçacıklarıdır. Protonlar pozitif yüklü parçacıklar olduğundan Dünya'nın manyetik alanının etkisine girerler. Kozmik ışınların büyük bir kısmı Dünya atmosferi tarafından tutulur ve yeryüzüne ulaşamaz. Yüksek enerjili kozmik radyasyon, atmosferde bulunan elementlerle etkileşerek Karbon-14, Trityum-3 ve Berilyum-7 gibi radyonüklidler meydana getirebilmektedir. Bu radyonüklidler kozmojenik radyonüklidlerdir.

Doğada çokça rastlanan kozmojenik radyonüklidler Karbon-14, Trityum-3 ve Berilyum-7'dir.

En yaygın bulunan kozmojenik radyonüklidler ile bunların yarıömürleri, kaynakları ve doğal aktiviteleri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir [52].

Çizelge 3.3 Kozmojenik radyonüklidler [53]

Nüklid	Sembol	Yarı Ömür	Kaynak	Doğal Aktivite
Karbon 14	C-14	5730 yıl	N-14 (n,p) C-14 arasındaki kozmik ışın etkileşimleri	Organik materyallerde 6 pCi/g (0,22 Bq/g)
Trityum 3	H-3	12,3 yıl	N ve O arasındaki kozmik ışın etkileşimleri; Li-6 (n,alfa) H-3, kozmik ışınlardan parçalanma	0.032 pCi/kg (1.2x10 ⁻³ Bq/kg)
Berilyum 7	Be-7	53,28 gün	N ve O arasındaki kozmik ışın etkileşimleri	0,27 pCi/kg (0,01 Bq/kg)

Çizelge 3.3’de gösterilen yaygın kozmojenik radyonüklidler haricinde başka bazı radyonüklidler de vardır. Be-10, Al-26, Cl-36, Kr-80, C-14, Si-32, Ar-39, Na-22, S-35, Ar-37, P-33, P-32, Mg-38, Na-24, S-38, Si-31, F-18, Cl-39, Cl-38 ve Cl-34 radyoizotopları bunlara örnektir.

3.3.3 Yapay Radyonüklidler

Nükleer silah çalışmalarında, nükleer santrallerde ve tıpta radyoaktif izotoplara sıklıkla rastlarız. Üretilen izotopların tıpta özellikle kanser vakalarını teşhisinde ve tedavisinde kullanılması, nükleer teknolojinin ne denli geliştiğini göstermektedir. Teknolojik imkanlarla üretilen radyonüklidler insan üretimi sonucu meydana geldikleri için yapay radyonüklidler olarak adlandırılmıştır. Yaygın olarak kullanılan radyonüklidler Trityum, İyot-131, İyot-129, Sezyum-137, Stronsiyum-90, Teknetyum-99, Plütonyum-239’dur (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Yapay (insan üretimi) nüklidler [53]

Nüklid	Sembol	Yarı Ömür	Kaynak
Trityum 3	H-3	12,3 yıl	Nükleer silah testleri ve fisyon reaktörlerinde üretilirler.
İyot 131	I-131	8,04 gün	Silah testleri ve fisyon reaktörlerinden üretilen fisyon ürünüdür. Tiroid problemlerinin tıbbi tedavisinde kullanılır.

Çizelge 3.4 Yapay (insan üretimi) radyonüklidler (devamı)

Teknetyum 99	Tc-99	2,11x10 ⁵ yıl	Tıbbi tanıda kullanılan kullanılır. Mo-99'nun bozunum ürünüdür.
İyot 129	I-129	1,57x10 ⁷ yıl	Silah testleri ve fisyon reaktörlerinden üretilen fisyon ürünüdür.
Sezyum 137	Cs-137	30,17 yıl	Silah testleri ve fisyon reaktörlerinden üretilen fisyon ürünüdür.
Stronsiyum 90	Sr-90	28,78 yıl	Silah testleri ve fisyon reaktörlerinden üretilen fisyon ürünüdür.
Plütonyum 239	Pu-239	2,41x10 ⁴ yıl	U-238'in nötron bombardımanı ile üretilmiştir.

3.4 Toprak, Kaya ve Sularda Doğal Radyoaktivite

Dünya'nın var oluşundan itibaren toprak ve kayalar U-238, K-40 ve Th-232 gibi doğal radyonüklidler barındırır. Bu radyonüklidlerin varlığı ve konsantrasyonu toprak ve kayaların radyoaktivitesini ortaya koymaktadır. Ancak her toprak ve kaya çeşidinin radyonüklid konsantrasyonu farklılık göstermektedir. Volkanik kayalar, tuz kayaları, fosfat ve granit kayalarda radyonüklid konsantrasyonları diğerlerine nazaran daha yüksektir. Dolayısıyla bu tip bölgelerde yapılan radyometrik ölçüm sonuçlarında gama radyasyonu seviyesi de yüksek çıkmaktadır.

Kayalar doğal yollarla zaman içerisinde ufalanarak yağmur sularıyla toprağa karışarak üst tabakadaki toprağın aktivitesini artırmaktadır. Tarım alanlarındaki gübrelerde kullanılan fosfor, yüzeydeki toprakların aktivitesinin artmasıyla sonuçlanmaktadır.

Yer altı sularında da çeşitli konsantrasyonlarda radyonüklidler bulunmaktadır. Özellikle termal sularda radyum konsantrasyonu yüksektir. Çünkü radyum, kalsiyum karbonat (CaCO₃) ve silisyum dioksit (SiO₂) ile birlikte çökmektedir. Rn-222 konsantrasyonu yer altı sularında Ra-226 konsantrasyonundan daha yüksektir. Deniz ve okyanus sularında ise radyonüklid konsantrasyonları oldukça düşük seviyelerdedir [41].

AĞIR METALLER

Ağır metallerin tanımı, periyodik tabloda yoğunluğu 6 g/cm^3 'den büyük olan metaller olarak ifade edilir. Doğada altmışın üzerinde ağır metal olduğu bilinmektedir ancak belirli bir kısmına sıkça rastlanılmaktadır. En çok bilinen ağır metaller; Civa (Hg), Demir (Fe), Nikel (Ni), Kobalt (Co), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb), Arsenik (As), Gümüş (Ag), Mangan (Mn) ve Selenyum (Se)'dur denilebilir. İnsan vücudunun, Zn ve Fe gibi ağır metallerin düşük miktarlarına ihtiyacı vardır. Fakat Hg, Cd ve Pb gibi bazı ağır metallere asla ihtiyaç duymaz. Bu tip ağır metaller canlılar için toksik etki göstermektedir [54].

4.1 Çevrede Yaygın Olarak Bulunan Ağır Metaller

4.1.1 Civa (Hg)

Civa, oda sıcaklığında sıvı halde bulunan bir metaldir. Doğada, metalik-elementel, organik ve inorganik yapıda bulunabilir. Metalik civa, civanın başka elementlerle bileşik oluşturmamış halidir. Sıvı haldeki metal civa, zamanla oda sıcaklığında buharlaşarak havaya karışır ve kolaylıkla insan vücuduna girer. Önce kana sonra dokulara karışarak beyinde biriken civa metali, insan sağlığını ciddi anlamda tehdit eder. Yüksek konsantrasyonlarda civa metali maruz kalmak, sinir sistemi başta olmak üzere cilt, solunum sistemi ve kardiyovasküler sistemde bozukluklara yol açabilir. Akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar, böbrek hasarları oluşurken kronik zehirlenmelerle titreme, dış eti iltihabı ve psikolojik bozukluklar meydana gelebilir [55,56]. Organik ve inorganik civa bileşikleri insan vücudunda çeşitli dokularda birikerek nörolojik hasarlara neden olabilirler. Metil civa en sık görülen organik civa

bileşigidir ve gebelikte teratojen² etkisi vardır [56]. Metil civa 1953 yılında yaşanan Minamata Felaketi (Japonya) ile adından çokça söz ettirir. Kedileri dans ettiren hastalık olarak bilinen vakada başta kediler olmak üzere insanlar da dahil birçok canlıda anormallikler meydana gelmiştir. Kedilerin ani sarsıntılar geçirerek denize atlayarak ölmeleri ile patlak veren olayın, bir şirketin sanayi atıklarını Minamata körfezine devamlı olarak aktarması ile denizdeki kirliliğin besin döngüsüyle bölgeye yayılması sonucu oluştuğu saptanmıştır. Şirketin yüksek miktarda civa ve diğer ağır metal içerikli atıklarını bu bölgede körfeze aktarması, bu duruma neden olmuştur [57].

Civa çoğunlukla termometre, barometre, kan basıncı ölçme aletlerinde ve diş dolgularında kullanılır. Ayrıca elektrik ve çimento endüstrisi, kâğıt sanayii ve madencilik gibi birçok alanda kullanılmaktadır [56].

4.1.2 Arsenik (As)

Arsenik, doğada oldukça yaygın bulunan bir metalloiddir³. İnorganik ve organik formda bulunabilen arseniğin toksisitesi organik yapısına bağlıdır. İnorganik arsenik birçok ülkenin (Bangladeş, Şili, Çin gibi) yeraltı sularında bulunarak besin zincirine girerken organik arsenik bileşikleri balıklarda birikerek besin zincirine dâhil olur [56,58].

Arsenik metalinin dokularda birikme oranları farklıdır. Emildiğinde öncelikle karaciğer, akciğer, böbrek ve kalpte depolanan arsenik, ayrıca saç ve tırnak gibi keratinli dokularda da birikmektedir. Arsenik metale sürekli ve yüksek dozlarda maruz kalındığında kangren, damar rahatsızlığı ve cilt kanseri görülmektedir [56].

4.1.3 Kurşun (Pb)

Geçmişten günümüze dek günlük hayatta oldukça yaygın olarak kullanılan kurşun metali, inorganik ve organik formlarda bulunur. Organik kurşun doğada uçucu halde bulunurken inorganik kurşun atmosferde parçacıklar halinde bulunur. Çoğunlukla sanayi faaliyetleri sonucunda kişi başı günlük ortalama 20-400 mg kurşun alımı olmaktadır. FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından tolere edilebilir haftalık alım miktarı 3000 mg olarak belirlenmiştir [56].

² Teratojen, gebelik durumunda annenin maruz kaldığı ve bebekte şekil ve işlevsel bozukluklara neden olan maddedir.

³ Metalloid: Yarımetal

Kurşun toksisitesi, hematolojik sistem, böbrekler, iskelet sistemi, endokrin ve merkezi sinir sistemi dahil vücudun pek çok doku ve organlarını etkileyebilir. Çoğunlukla diş ve kemiklere yerleşmektedir. Ayrıca kurşun, kalsiyum metabolizmasına engel olduğundan heme molekül sentezinde azalma olur ve bozulmuş eritrosit fonksiyonu metabolitlerde (glikozür, proteinüre, ketonüri ve vitamin D) artışa neden olur [59].

İnsanlarda kurşun zehirlenmesi 80 µg Pb/ 100 mL seviyelerinde gerçekleşir. Zehirlenme düzeyini saç, tırnak ve dişlerdeki kurşun miktarları belirler. Akut zehirlenmelerde beyin hasarları ve ölümler gerçekleşebilir. Küçük yaşlarda kurşuna maruz kalan bireylerde zekâ geriliği, öğrenme güçlüğü, kronik anemi ve periferik⁴ damar hastalıkları görülebilmektedir [55].

4.1.4 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, doğada saf olarak bulunmayan ancak düşük dozlarda bile toksik olan bir maddedir. İnsan vücuduna girmesi besin, su ve sigara dumanı yoluyla olmaktadır. Sigara, günümüzün en önemli kadmiyum kaynağıdır. Sigara içen bir insanın kanındaki kadmiyum miktarının, içmeyenlere göre 4-5 kat kadar daha fazla olduğu tespit edilmiştir [58,60].

Kadmiyuma maruz kalındığında ilk etkilenecek organ böbreklerdir. Böbrek fonksiyonlarının işleyişinde oluşan küçük bir bozulma dahi bireylerin yaşam kalitesini oldukça düşürmektedir. Ayrıca kadmiyum, akciğer ve prostatları da olumsuz etkileyerek kanserleşme süreci üzerinde etkin bir rol oynamaktadır [55].

Kadmiyumun çeşitli bitki dokuları üzerine etkisini incelemek üzere birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda bitkiye verilen kadmiyum dozunun artmasıyla birlikte bitki ve kök gelişiminin yavaşladığı ve hatta durduğu incelenmiştir. Ayrıca çalışmalarda kadmiyum birikiminin gövdeden ziyade kökte daha fazla olduğu incelenmiştir. Belirli dozlar üzerinde kadmiyumun, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal işleyişini bozdukları sonucuna varılmıştır. Kadmiyumun hayvan, bitki ve insan fizyolojisine etkisi hakkında yapılan çalışmalar sayıca oldukça çoktur. Bu çalışmalara istinaden kadmiyumun başta toprak olmak üzere su kirliliğine de yol açan bir toksik madde olduğu, zamanla birikerek toprağın fizyolojik yapısında bozulmalara yol açabileceği söylenir [61,62].

⁴ Periferik damar hastalığı, kalp ve beyin dışındaki bütün kan damarlarındaki (atardamar) bozukluktur [63].

4.1.5 Çinko (Zn)

Çinko, yer kabuğunda en bol bulunan 24. elementtir. Çinko cevheri genellikle tek başına bulunmayıp kurşun-çinko bileşikleri halindedir. Kurşun-çinko cevheri ise pirit ve pirotin gibi demir sülfür mineralleri ile bulunur [64,65].

Hem Türkiye’de hem de Dünya’daki toprak içeriğinde çinko eksikliği bulunmaktadır. Çinko eksikliği genellikle killi ve kireçli topraklar ile organik topraklarda görülmektedir. Topraklardaki çinko konsantrasyonunu fosfor miktarının etkilediği bilinmektedir. Fosfor miktarı yüksek olan topraklarda çinko eksikliği daha fazla görülmektedir. Çinko, bitkilerin gelişimi için gerekli olan en önemli mikroelementlerden biridir. Çinko eksikliği olan bitkilerde protein seviyesinde azalmalar olmaktadır. Ayrıca bitki kökleri gelişiminde ve su absorpsiyonunda da etkin rol oynadığı bilinmektedir.

İnsanlarda en önemli mikro besin elementlerinden birisi çinkodur. Çinko, insan vücudunda birçok hayati fonksiyonu etkilemektedir. Yetişkin bir insanın günlük ortalama çinko ihtiyacı 15-20 mg arasındır [66].

4.1.6 Bakır (Cu)

Bakır ve bakır formları, evrende neredeyse her yerde bulunmaktadır. Doğada yüzlerce çeşit bakır ihtiva eden mineral mevcuttur. Bunlardan en önemlisi kalkopirittir (CuFeS_2) [67].

Bakır, insan vücudu için gerekli olan eser elementlerden biridir. Günlük olarak yediğimiz besinlerde, havada ve suda mevcut olduğundan her gün belirli bir miktarı vücudumuza girer. Örneğin, bakır boru tesisatı bulunan evlerde boruların içeriğindeki bakır suya karıştığından yüksek düzeyde bakıra maruz kalınmaktadır. Bakır, gerekli olan miktardan fazla vücuda girdiğinde toksik etki göstermektedir.

Yüksek bakır ihtiva eden topraklar, mikroorganizma ve solucanları olumsuz yönde etkileyerek zamanla onları sayıca azaltmaktadır. Bu durum toprağın işleyişini bozarak verimliliği azaltmaktadır. Ayrıca, bakır atıklı fabrikaların çevresinde bulunan topraklarda bitki çeşitliliği sınırlı olmaktadır. Bu nedenlerle bakır, tarım arazileri için bir tehlike unsurudur [68].

Bakır, geçmişte ilk işlenen metaldir. Isı ve elektriği iyi ilettiğinden günümüzde kablolarda kullanılmaktadır. Bakırın, elektriksel ekipmanlar, inşaat ve endüstride çok yaygın bir kullanım alanı vardır [69].

4.1.7 Krom (Cr)

Krom yer kabuğunun bileşenlerinden biri olup doğada serbest halde bulunmayan bir elementtir. Alaşım üretimi, elektrik kaplama işleri, boya üretimi, deri ve tabakalama sanayi, seramik ve süsleme sanayinde pigment üretimi, kibrit yapımı ve çimento üretimi gibi oldukça geniş bir yelpazede kullanılmaktadır [70,71].

Doğada hemen hemen her yerde bulunan krom; ekosistemde doğal dönüşüm ile havaya, suya ve toprağa taşınmaktadır. Kromun normal bir topraktaki konsantrasyonu çoğunlukla kilogram başına 2-60 mg iken bazı topraklarda 4 g'a kadar çıkabilmektedir. Havada ortalama $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kadar bulunan krom, suda ise ortalama $1 \mu\text{g}/\text{L}$ kadar bulunmaktadır.

Krom eksikliği kurşunun toksik etkisini artırır. Vücuda aşırı krom alındığında çeşitli kanser tiplerinin oluşumuna yol açmaktadır. Krom, hava yolu ile alındığında burun kanamaları ve akmaları, kaşıntı ve üst solunum yollarında tahribatlara neden olur. Uzun bir süre zarfında krom maruziyeti olduğu durumlarda kilo kaybı, öksürük ve hemopteziye yol açabilir. Çözeltilerdeki krom ise deri tarafından kolayca absorbe edilir ve kan hücreleri yoluyla böbreklere ulaşır. Vücuttan atılması ise üre bileşiği şeklinde olmaktadır [65].

4.2 Ağır Metallerin Ekosisteme Etkisi

Günümüzün en büyük çevre sorunlarından olan ağır metal kirliliği; toprak, sediment, hava ve su kirliliği olarak geniş bir yelpazede giderek artış göstermektedir. Özellikle toprakta biriken ağır metaller her geçen gün artarak geri dönülemez bir kirlilik oluşturmaktadır. Bu kirlilik topraktaki mikroorganizmaların ve toprak solucanlarının azalmasına neden olur ve bir süre sonra bu topraklarda tarım yapılamaz hale gelir. Toprak kirliliğine doğrudan yol açan iki ana etmen, kanalizasyon atıklarının toprağa aktarılması ve maden çalışmalarındır. Asit yağmurları ile havada mevcut bulunan ağır metallerin de toprağa ve suya karışması mümkündür. Ayrıca gübre, sanayi atıkları ve hidrokarbon yanma ürünleri yolu ile toprağa karışabilmektedir [72,55].

Toprakta biriken ağır metal kontaminasyonu gıdalar için tehdit unsuru olmaktadır. Topraktaki ağır metal kontaminasyonu zamanla bitkilere geçerek besin zincirinde kendini gösterir. Deniz ve göl sedimentlerinde biriken ağır metaller ise zamanla suda yaşayan canlılarda birikerek besin zincirine dahil olur.

4.3 Ağır Metallerin Canlı Sağlığına Etkisi

Birçok ağır metalin insanlar üzerinde zihinsel, nörolojik ve hormonal olmak üzere olumsuz etkileri olmaktadır. Ağır metallerin bazıları belli bir derişimin üzerinde toksik etki gösterirlerken, bazıları çok düşük derişimlerde bile toksik olabilirler. Örneğin; Civa (Hg) ve Kadmiyum (Cd)'un 0.001-0.1 ppm kadar düşük miktarı bile toksiktir [73]. Buna karşılık bazı ağır metaller, çok düşük konsantrasyonlarda olmak kaydıyla vücut için gereklidir. Örneğin, kandaki hemoglobin pigmentinin yapısı için demir gerekirken, vücudumuzdaki birçok fonksiyon ve enzimlerin çalışması için çinko metaline ihtiyaç vardır [57]. Bu nedenle bu metallerin düzenli olarak besinler ile vücuda alınması gerekmektedir.

4.4 Ağır Metal Kirliliğinin Giderilmesi

Günümüzde her geçen gün daha da artan teknolojik gelişmelere paralel olarak ilerleyen sanayileşme ve endüstrileşme faaliyetleri neticesinde çevresel kirlilik karşımıza çıkmaktadır. Bu kirliliğin bir kısmı çeşitli faaliyetler sonucu doğaya yayılan ağır metaller nedeniyle oluşmaktadır. Ekosistemin ve doğal kaynakların ağır metal kirliliğine karşı korunması, bu doğrultuda çeşitli önlemler alınması ve temizleme çalışmaları önem arz etmektedir. Çeşitli nedenlerle kirlenmiş kaynakların ağır metallerden temizlenmesi ile ilgili belli başlı yöntemler mevcuttur. Ağır metallerin temizlenmesi sürecinin akılcı yöntemlerle yönetilebilmesi yani kirlenmiş bölgelerin hem doğal hem ekolojik hem de en teknolojik yöntemlerle temizlenmesi hususu günümüzde önem taşımaktadır [74,65].

Ağır metallerle kontamine olmuş kaynakların arıtımında kullanılan bir dizi fiziksel ve kimyasal yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerin yanında son zamanlarda alternatif olarak uygulanan fitoremediasyon⁵ yöntemi de oldukça avantajlı bir yöntem olarak kabul

⁵Fitoremediasyon yöntemi, çeşitli bitkiler kullanılarak topraktan organik ve metal kirleticilerin arıtılmasıdır [65].

görmektedir. Zira bitkiler kullanıldığı için ekolojik olmasının yanı sıra maliyetinin düşük olması, özel donanım gerektirmemesi ve çalışma bölgesinin yeniden kullanılabilmesi gibi olanaklara sahip olması nedeniyle günümüzde oldukça tercih edilen bir arıtım metodu haline gelmiştir [65]. Bütün bu avantajlarının yanı sıra fitoremediasyon yöntemi su, toprak ve sedimentte sadece sığ bölgelerin arıtımına olanak tanır. Ayrıca çok yüksek seviyelerde kontamine olmuş bölgelerde dikilen bitkilerin yüksek etkinlik gösterememesi de bu yöntemin diğer bir dezavantajıdır [75].

Fitoremediasyon yöntemiyle ağır metallerin kaynaklardan temizlenmesinde mısır, ayçiçeği, kanola ve kavak gibi birçok bitki kullanılmaktadır. Bu tip bitkiler, ağır metalleri diğer bitkilere nazaran bünyelerinde daha fazla biriktirebildikleri için fito-ıslah çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir [73].

Fitoremediasyon yöntemi ile yapılan ıslah çalışmaları küresel alanda oldukça rağbet görmektedir. Kore’de Pohang Üniversitesi ve Kore Orman Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan bir fitoremediasyon çalışmasında, ağır metal direncini artıracak genler üzerinde araştırma yapılarak transgenik kavaklar üretilmiştir [76]. Bu ve bunun gibi yapılan ve yapılmakta olan birçok çalışmada ıslah için kullanılan bitkilerin ağır metal toleransının bu yolla artırılmak suretiyle fitoremediasyondan daha fazla verim elde edilmesi amaçlanmaktadır.

TERSANE ATIKLARI VE ATIK YÖNETİMİ

Küresel alanda son yüzyılda meydana gelen endüstrileşme ve nüfus artışı, birçok çevresel sorunu da beraberinde getirmiştir. Ekosistemin bir kesiminde oluşan bir kirlenme, diğer canlıları ve dolayısıyla insanları da etkilemektedir. Bu nedenle özellikle deniz ve göl ekosistemlerinde yaşayan canlıların doğal yaşam alanlarına mümkün olduğunca müdahale edilmemelidir [77].

Deniz ve göl ekosistemi çeşitli nedenlerle zarar görmektedir. Bu nedenlerden birisi de çevre için ciddi bir tehdit unsuru olan tersane atıklarıdır. Tersanelerde oluşturulan atıklar katı atıklar, sıvı atıklar ve hava kirleticiler olarak sınıflandırılabilirler [78].

Gemi inşa sanayii, birçok kimyasal madde ve ağır metal içerikli malzemelerin kullanıldığı bir faaliyet alanıdır. Gemi inşası, onarım ve bakım süreçlerinde çeşitli atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların doğrudan veya dolaylı olarak zamanla yaşam alanımıza girmesi kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle tersane faaliyetleri sonucu oluşan kirliliğin azaltılması hedeflenmeli ve bu çeşit sanayii faaliyetlerinden çevrenin en az etkilenmesi için teknolojik imkânlar olabildiğince aktif şekilde kullanılmalıdır [79].

5.1 Üretim Prosesleri ve Atıklar

Tersanelerde gemi inşası sürecinde her aşamada farklı işlemler uygulanması nedeniyle çeşitli tiplerde atıklar ortaya çıkmaktadır. Gemi inşası ve onarımı sürecinde hammadde olarak özellikle çelik ve metallerin yanı sıra boya ve boya çözücüler (solvent), raspa aşındırıcılar, makine yağları ve kesme yağları kullanılır. Ayrıca asit ve alkali temizleyiciler, yağ temizleyici çözücüler ve kaplama solüsyonları gibi yüzey hazırlama işlemlerinde kullanılan kimyasal malzemeler, ağır metal ve siyanür içerir.

Tersane atıkları genel olarak organik bileşikler (VOC), tanecikler (PM), atık çözücü malzemeler, yağ ve reçineler, metal taşıma atıkları, kirli su, kirli atık boya ve aşındırıcılardan oluşmaktadır [79].

Gemi üretim tesislerinde genel olarak işletilen prosesler ve malzemeler Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Tersane prosesleri ve atık akışı [79]

Proses	Giriş Malzemesi	Hava Emisyonları	Atık Su	Hurda Atıklar
Yüzey Hazırlama	Aşındırıcılar (çelik bilye, grit, bakır cüruf, boya sökücüler ve temizleyiciler)	Partiküller (metal, boya, aşındırıcılar), solvent temizleyicilerden ve boya sökücülerden kaynaklı VOC emisyonları	Boya parçaları, temizleme sıvıları, yüzey kirleticileri, kargo ve balast tanklarından yağ ve hurda yağ	Boya parçacıkları, kullanılan aşındırıcılar, aşındırıcı kutuları, değişen hurda kargo tankları parçaları
Metal Kaplama ve Yüzey Sonlandırma	Kaplama metaller, siyanür çözeltiler, temizleme solventleri, durulama suları	Metal iyon buharı, asit buharı, solventlerden gelen VOC emisyonları	Metal, siyanür, asit, alkaliler, organikler ve solventlerle kirlenmiş durulama suyu	Kullanılan çözeltiler, atık su iyileştirme sonucu tortu
Boyama	Boya, solvent ve su	Boya ve solventlerden ve temizlenen ekipmanlardan VOC emisyonları	Ekipman temizliğinden ve solventlerden kirlenmiş su	Artık boya, boya ve solvent kutuları,
Fiberglass İmalatı	Fiberglas, reçine, katalizörler, ahşap ve plastik malzemeler	İmalat süresinde oluşan VOC emisyonları	Atık su oluşumu çok azdır	Atık fiberglas, reçine ve kutular

Çizelge 5.1 Tersane prosesleri ve atık akışı (devamı)

Talaşlı imalat ve metal işleri	Kesme yağları, yağlama yağları ve solventler	Yağ gidericilerden ve temizleme solventlerinden kaynaklı VOC emisyonları	Kullanılan solventler, yağlama yağları, kesme yağları ve soğutucu yağlar ile kirletilmiş atık su	Atık kesme yağları, yağlama yağları ve metal talaş
---	--	---	--	--

Tersanelerdeki kaynak süreçleri bazı çevresel sorunlara yol açmaktadır. Üretim sırasında uygulanan kaynak prosesi, ısı süreçler içermesi nedeniyle elektrotun erimesi sırasında açığa çıkan duman içeriğinde çeşitli metal parçacıklar ve eriyen metaldeki oksit tabakası bulunmaktadır. Kaynak dumanı, tehlikeli kimyasallar içermesi nedeniyle hem ekolojik düzene hem de insan sağlığına zararlıdır [79]. Günümüzde yapılan toksikoloji çalışmaları, kaynak dumanının kanserleşmeye yol açtığını göstermiştir [80].

Tersanelerde oluşan kirliliğin deniz ve kara ekosistemine yayılmasının önlenmesi çevre açısından önemlidir. Bu nedenle tesislerdeki sorumlu kişilerin atık türlerini bilmesi ve depolanması hakkındaki bilgileri yeterli düzeyde olmalıdır. Tersanelerde üretilen atıkların devletimizce belirlenen yönetmeliğe uygun olarak bertaraf edilmesi gerekmektedir.

BÖLÜM 6

MATERYAL METOD

Çalışma bölgesi olan Yalova ilinin oldukça geniş ulaşım imkânları vardır. Etrafının çoğunlukla denizlerle kaplı olması nedeniyle her gün yoğun bir deniz trafiği yaşanmakta ve yolcu giriş çıkışı olmaktadır. Sadece deniz ulaşımı değil kara ve hava ulaşımı da oldukça gelişmiştir. Osmangazi köprüsünün Altınova ilçesinden geçmesi ve metropol illere yakın mesafede bulunması sebebiyle kent, kara yolu açısından da avantajlı bir konumdadır.

Yalova’da yerleşim yoğunlukla kıyı kesimlerde yoğunlaşmıştır. En yoğun yerleşim merkezleri olan Merkez ve Çiftlikköy ilçeleri de kentin kuzey kıyı kesimlerindedir. Ayrıca kıyı kesimlerdeki kumsal bölgeler, kentin turizmüne büyük katkı sağlamaktadır [81]. Yalova; İstanbul, İzmit ve Bursa gibi büyük şehirlere olan coğrafi yakınlığı, ulaşım imkânlarının oldukça iyi olması ve yerli yabancı turistlere hitap eden bölgelerinin varlığı sayesinde günümüzde nüfusu her geçen gün artan bir il konumuna gelmiştir [82].

Çalışma bölgesi olan Altınova ilçesi ise Yalova’nın batı kesiminde bulunmaktadır. Altınova bölgesi, Kocaeli iline komşu olan ve Osmangazi köprüsünün güzergâhını barındıran bir ilçedir. Marmara Denizi’nde olan kıyı bölgelerinde yapılan tersanecilik faaliyetleri, sanayi bölgelerinin varlığı ve yerleşim bölgelerinin her geçen gün artması nedeniyle ilçe günden güne yoğunluk kazanmaktadır.

Türkiye hem coğrafi konumu hem de iklimi ile tersanecilik faaliyetleri için avantajlı bir konuma sahiptir. Küresel piyasada Türkiye’nin tersanecilik alanındaki sektörel varlığını daha üst sıralara taşıması ve bu alanda varlığını sürdürebilmesi mümkündür. Ülkemizde bu amaçla kıyı bölgelerde kurulmuş birçok tersane vardır [83]. Bu bölgelerden birisi de Altınova’da özel bir şirket tarafından 2004 yılında kurulmuş olan Altınova tersaneler

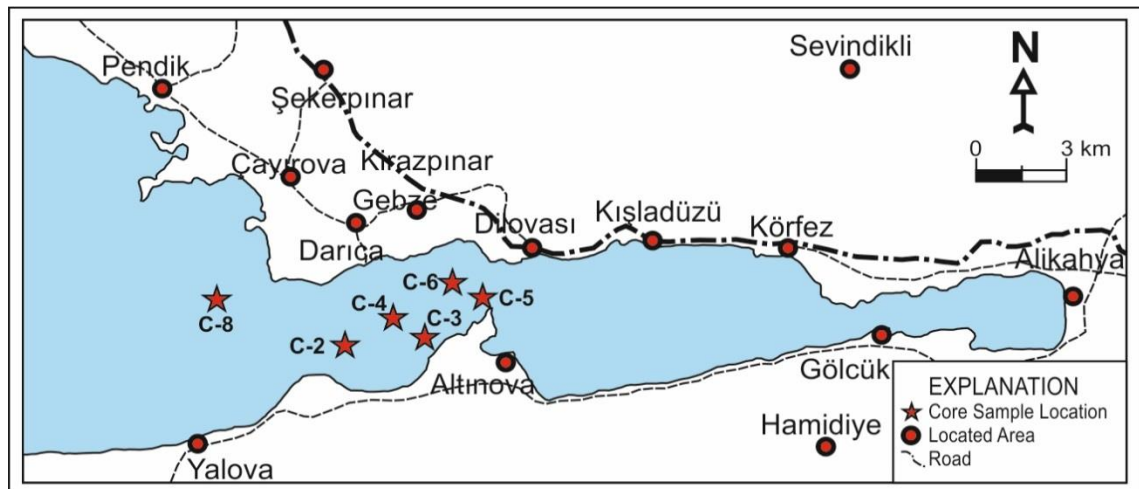
bir konumda bulunmasına bağılı olarak bölgede tarımsal faaliyetler her geçen gün artmaktadır. Tarımsal üretim çalışmalarının yürütüldüğü bu verimli topraklar, İzmit Körfezi'ne açılan kıyı şeridinde yaslanmıştır. Kıyı şeridinde yürütülen tersanecilik faaliyetleri nedeniyle bölgede oluşmuş olan endüstriyel yoğunlaşmanın bu bölgenin doğal ekosistemi üzerine bir miktar etkisi olmaktadır [86].

Tersane olarak kullanılan bölgenin kıyı ve deniz ekosistemi üzerinde birtakım değişikliklere yol açması kaçınılmazdır. Bu nedenle tersane bölgeleri incelenirken yakın çevresi üzerindeki etkileri göz ardı edilmemelidir. Altınova'nın dolgu yapılan kıyı şeridi, çok zengin bir tarımsal üretim bandına sahiptir ve tersaneler bölgesi, bu üretim bandının denizle olan bitişikliğini gölgelemiştir [85].

Tersaneler bölgesi, Hersek deltasının denizle buluştuğu bölgededir. Bu bölgenin topoğrafyası düz/düze yakındır. Fizyografya taban arazi olup, eğim %0-2 arasında farklılık göstermektedir. Ayrıca, Hersek Deltası'nın kıyı bandında deniz çok sıgıdır. Bu durum, deltanın deniz içerisine doğru oluşturduğu etkiden kaynaklanmaktadır [85].

6.2 Numune Alma

Altınova ilçesinin kıyı şeridi, yaklaşık 10 km uzunluğu ile Hersek Bölgesi ve Topçular Mevkii arasında bulunan bir bölgedir. Kıyı boyunca yan yana gemi inşa tesisleri bulunmaktadır. Bu bölgenin uygun görülen 6 adet noktası seçilerek gemi ile derinlikleri 7 m ile 38 m arasında değişen deniz sedimenti örnekleri alınmıştır (Şekil 6.2). Saha çalışması sürecinde elde edilen 6 adet örneğin derinlik ve koordinatları kaydedilmiştir (Çizelge 6.1).



Şekil 6.2 Numune koordinatları

Çizelge 6.1 Altınova sediment numunelerinin derinlik ve koordinatları

Numune No	Numune Derinliği (m)	Numune Koordinatları (WGS-84, 6 ⁰)	
		Y (Doğu)	X (Kuzey)
ALT-2	36	707472.83 d D	4508710.82 m K
ALT-3	25	708515.39 d D	4510087.64 m K
ALT-4	38	708213.88 d D	4510457.64 m K
ALT-5	7	710247.21 d D	4511234.23 m K
ALT-6	16	709718.67 d D	4511605.90 m K
ALT-8	27	706038.94 d D	4512214.84 m K

Elde edilen sediment örnekleri ayrı yarı poşetlenerek numaralandırılmış ve laboratuvar ortamına taşınmıştır.

6.3 Radyoaktivite Analizleri

Günümüzde yapılan çeşitli nükleer silah denemeleri, atmosfer testleri, yer altı testleri ve nükleer santral kazaları gibi olayların vuku bulması, çevre kontaminasyonunun artmasıyla sonuçlanmaktadır. Bu tip denemeler sonucu oluşan radyoaktif parçacıkların atmosfer yoluyla yol alarak farklı bölgelerin radyasyon seviyesini artırması kaçınılmaz olmuştur [87].

Deniz ve göl sedimentlerinde yapılan toplam alfa/beta analizleri sonucu incelenen bir bölgenin toplam radyasyon seviyesi ortaya koyulabilmektedir. Sedimentlerin incelenmesi, araştırılan bölgede bulunan canlıların sağlığını riske edecek durumların belirlenmesi ve erken önlem alınabilmesi açısından önemlidir.

6.3.1 Sediment Numunelerinin Toplam Alfa/Beta Sayımı

Alfa ve beta parçacıklarının izlenmesi ve tespitinde günümüzde gaz akışlı orantılı sayıcılar kullanılmaktadır. Çalışmanın bu kısmında gerçekleştirilmiş olan toplam alfa/beta analizleri TAEK Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı laboratuvarlarında bulunan Bethold LB770 marka düşük fon sayıcı toplam alfa/beta cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.3). Cihazın fon radyasyonunu saymaması için

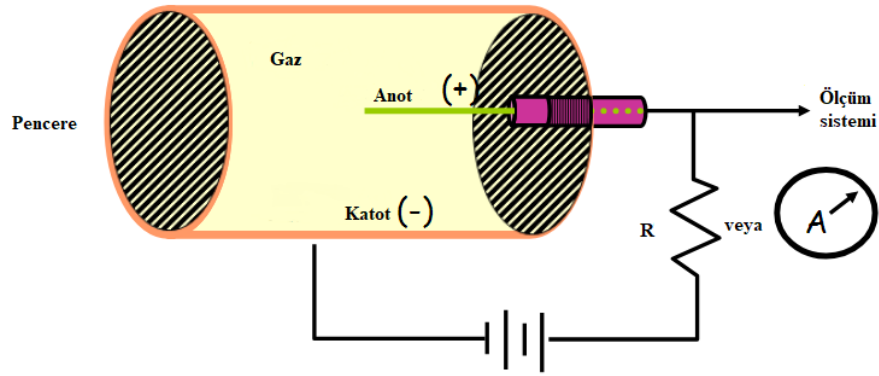
dedektörlerinin çevresi kurşun zırhla kaplanmıştır. Dedektörün penceresi ise alüminyum malzemeden yapılmıştır [88].



Şekil 6.3 Bethold LB770 alfa/beta sayıcı

6.3.1.1 Gaz Akışlı Orantılı Sayıcı

Gaz dolgulu orantılı sayıcıların genel prensibi, parçacıkların bir gaz içerisinde oluşturduğu iyonları elektrik alandan faydalanarak bir elektrot üzerinde toplayıp sayma işlemine dayanır. Bu tip sayıcılar, Şekil 6.4’de görüldüğü gibi dış kısımda bir silindirik katot ve bunun içinde ince bir çubuk anottan oluşur. İki kutba uygulanan voltaj ile elektrik alan oluşturulur. Pencereden giren yüklü bir parçacık içerideki gaz moleküllerini iyonlaştırır. Oluşan iyonlar, elektrik alan etkisiyle (-) ve (+) kutba doğru hareket ederler. Anotta toplanan elektronlar bir akım oluşturur ve bu akım sinyale (voltaj darbesi) dönüştürülür. Bu sinyaller uygun düzenlemeler sayesinde sayıcı tarafından sayılır ve elde edilen sayımlar, radyasyon seviyesinin tespit edilmesini sağlar [42].



Şekil 6.4 Gaz dolgulu radyasyon sayıcı devresi [89]

Uygulanan voltaj, uygun bir değere yükseltildiği takdirde, oluşan primer elektronlar ikincil iyonlaşmaya neden olur. Böylece ilk iyon çiftleri çok daha fazla iyon çifti oluşmasını sağlar. Elektronların bu şekilde çoğalmasına çığ etkisi denilmektedir.

Gaz akışlı orantılı sayıcılarda kullanılacak olan gaz seçimi önemlidir. Çığ çoğaltımı düşük elektrik alanda yüksek atom numaralı soygazlarda olur. Ekonomik nedenlerden dolayı genellikle argon gazı kullanılmaktadır. Argon gazı, kimyasal inertliği, uçucu olmaması ve kolay kullanılabilirliği ile orantılı sayıcılar için karakteristik bir gazdır [90].

6.3.1.2 Örnek Hazırlama

Sayım sisteminin kalibrasyonu alfa ve beta yayıcı eşit konsantrasyonlarda standart örnekler ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada alfa yayıcı olarak Am-241 kullanılırken beta yayıcı olarak da Sr-90 örneği kullanılmıştır. Her bir kaynağın sayımı 1'er dakika sürmüştür.

Analizler yapılmadan önce sediment numuneleri bazı klasik prosedürlerden geçirilmiştir. Sediment örnekleri nemden arındırılmak için öncelikle oda sıcaklığında yaklaşık 15 gün kadar kurutuldu. Kurutma işleminin akabinde öğütülerek pudra haline getirilen örneklerden 300'er gram alınarak hassas terazi ile tartıldı. Tartılan sediment numuneleri ayrı ayrı planşetlere aktarıldı. Ardından planşetlerin içine damıtılmış su damlatılarak oluşan çözeltinin homojen olması sağlandı. Bu işlemlere tabi tutulan örnekler 105 °C'ye ayarlanmış fırında bir süre kurutuldu. Sediment numunelerinin dış ortamdaki nemden etkilenme riskini önlemek için örnekler desikatörde muhafaza edildi.

Kurutma işlemi biten örneklerin her birinden 100'er gram hassas terazi ile tartılarak 105 °C'ye ayarlanmış fırında tekrar kurutuldu. 2 saat kadar kurutulan örnekler desikatöre aktarıldı.

Son olarak sedimentlerin toplam alfa/beta konsantrasyon seviyelerini belirlemek amacıyla sediment numuneleri dedektöre aktararak 2 çevrimde 1000 dakika sayıldı. Sayım işlemi sonunda her örnek için aktivite hesaplaması yapıldı.

6.3.1.3 Su Numunesi Toplam Alfa/Beta Sayımı

Brüt alfa/beta aktiviteleri, suların aktivitelerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir ön incelemedir. Sediment örneklerinin radyoaktivitesinin tespiti için yapılmış olan toplam alfa ve toplam beta analizleri tersaneler bölgesinden alınan 3 adet deniz suyu örneği için de yapılmıştır. Çalışma bölgesinin orta noktası olduğu tespit edilen Tavşanlı lokasyonundan 1,5 L kadar 3 adet deniz suyu numunesi alınarak TAEK Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı laboratuvarına taşınmıştır.

Deniz suyu örneklerinin toplam alfa/beta analizleri, bir dizi işleme tabi tutularak gaz akışlı düşük arka plan sayıcı Bethold marka LB770 model bir cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca numunenin alfa analizi SM (Standart Metot) 7110C yöntemiyle, beta analizi ASTM D 1890-05 metoduyla yapılmıştır.

SM 7110C, alfa yayıcı radyonüklidleri baryum sülfat ve demir hidroksit ile çöktürerek diğer çözünmüş katılardan ayrılmasını sağlayan bir metottur [91].

ASTM D 1890 metodu, sularda toplam beta radyoaktivitesinin ölçümü için geliştirilmiş bir standart metottur. Bu metot beta yayıcıların maksimum enerjisinin 0.1 MeV'in altında olduğu ve aktivitesinin ise 0.02 Bq/mL olduğu durumları kapsamaktadır [92].

6.3.2 Gama Spektroskopisi Tekniği

Gama spektroskopisi tekniği, çevresel radyoaktivite çalışmalarında yüksek çözünürlük ve ayırım gücü sağlaması sebebiyle en çok tercih edilen analiz tekniklerinden biridir. Radyoizotoplar gama spektroskopisi tekniği ile doğrudan analiz edilmektedir [93].

Gama ışınları, radyoaktif materyalleri tespit edecek şekilde spesifik enerjilere sahiptir. Bu enerjilerin pikleri ile birçok gama yayıcı radyonüklid kolaylıkla belirlenmektedir. Gama yaymayan H-3, C-14, P-32, Sr-90 ve Pu-239 gibi radyonüklidler ise gama spektroskopisi tekniği ile doğrudan belirlenemezler. Örneğin U-238 izotopu gama

radasyonu yaymaz. Ancak Th-234 gibi kısa yarı ömürlü bozunum ürünlerinden birinin aktivitesinin ölçülmesi ile U-238 aktivitesi hesaplanabilir.

Gama spektroskopisi tekniği oldukça avantajlı bir analiz tekniğidir. Onu diğerlerinden avantajlı kılan özellikleri;

- Hızlı sonuç vermesi,
- Malzeme tahribatı yapmaması,
- Aynı anda birden fazla radyonüklidin aktivitesini vermesi,
- Yüksek çözünürlük ve ayırım gücüdür [94].

6.3.2.1 Sayım Sistemi

Gama spektrometrik analizlerin prensibi genel olarak malzeme içindeki radyonüklidlerin bilinen enerjilerde gama fotonu yayması ve cihaz içindeki germanyum dedektörün algıladığı enerjiye karşılık sinyal oluşturması sürecine dayanır. Dedektör kristalinden gelen sinyaller bir amplifikatöre yönlendirilir. Daha sonra çok kanallı analizör sistemine aktarılarak görüntülenir. Bu işlemle sinyallerin enerjiye karşı sayım grafikleri elde edilerek spektrum oluşturulmuş olur. Son olarak paket yazılımlar, bu spektrumdan elde edilen dataları sayısal verilere dönüştürürler.

Çevresel numunelerin radyoaktiflik analizlerinde sıvı azot kabına monte edilmiş germanyum dedektörler kullanılır. Bu çalışmada Şekil 6.5’de gösterilen, Canberra marka GX5020 model yüksek saflıkta yarı iletken HPGe dedektör kullanılmıştır. Dedektörün çevresi, dedektörün fon radyasyonundan etkilenmesini engellemek amacıyla kurşun zırhla çevrilidir [42].



Şekil 6.5 HPGe dedektörü

Çalışmanın gama analizleri TAEK Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığında bulunan bir akredite laboratuvarda yapılmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Analitik Ölçüm ve Analiz Birimi Laboratuvarı

6.3.2.2 Kalibrasyon

Kalibrasyon, sayım sisteminin doğru sonuç verip vermediğinin kontrol edilmesi amacıyla her ölçüm öncesinde yapılmaktadır. Enerji kalibrasyonu, foton enerjisi bilinen referans kaynaklar ile gerçekleştirilir. Bu kaynaklar genellikle Cs-137 ve Co-60

olmaktadır. Referans kaynağın gama spektrumunda hangi enerji değerine karşılık geldiği bilinmelidir. Radyonüklidlerin enerji ve verim değerleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Referans kaynağın gama spektrumundaki enerji ve verim değerleri

	Radyonüklidler			
	K-40	Th-232	Ra-226	Cs-137
Enerji (keV)	1460,8	583	185,7	661,6
Verim	0,096	0,07	0,37	0,04

Böylelikle spektrumda elde edilen piklerin hangi enerji ve kanal değerlerine karşılık geldiğine bakılarak analiz gerçekleştirilir.

Dedektörün verimi, malzemedeki radyonüklidlerin yaymış oldukları sayılabilir durumdaki gamaların dedektöre ulaşan foton sayısına oranını ifade eder.

6.3.2.3 Prosedür

Pudra haline getirilmiş sediment örnekleri jöleli kaplara aktarıldı (Şekil 6.7). Kaplara aktarılan örnekler hassas terazide tartılarak Tablo 6.3’e kaydedildi. Daha sonra jöleli kapların (polietilen malzeme) kapakları kapatılarak dışarı ile etkileşiminin engellenmesi için kapakların etrafı koli bandı ile kapatıldı. Örnekler bu halde yaklaşık 1 aylık süre zarfında radon ve toron ürünlerinin dengeye gelmesi amacıyla bekletildi. Bu süre dolduğunda sediment örneklerinin sayıma hazır hale getirilmesi sağlanmış oldu.



Şekil 6.7 Jöleli kaplarda sediment örnekleri

Sediment numunelerinin jöleli kaplar içerisinde kullanılan miktarları Çizelge 6.3’de gösterilmiştir.

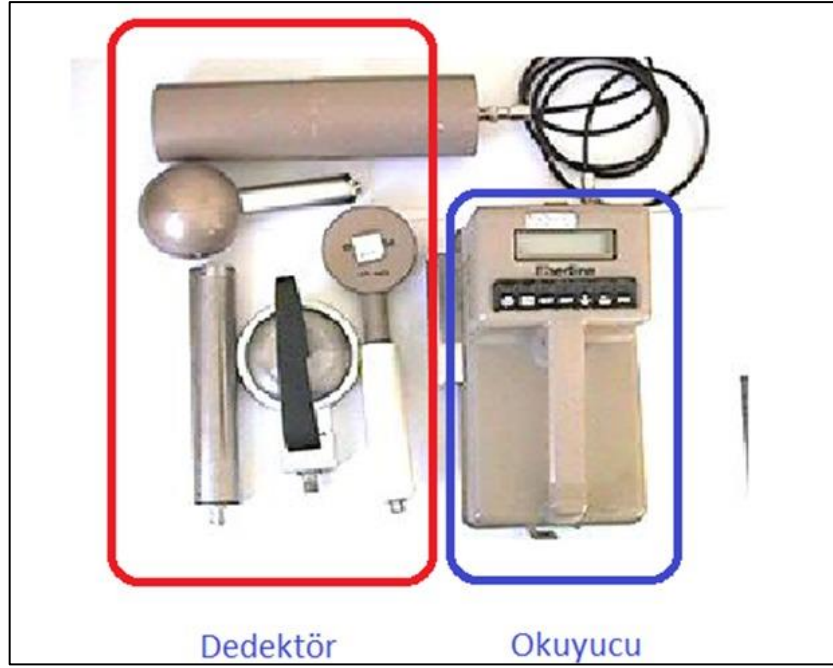
Çizelge 6.3 Sediment örneklerinin jöleli kaplardaki miktarı

Numune	Numune derinliği (m)	Kullanılan numune miktarı (g)
ALT-2	36	204
ALT-3	25	213
ALT-4	38	225
ALT-5	7	221
ALT-6	16	216
ALT-8	27	224

Jöleli kaplardaki sediment örnekleri sırayla gama spektrometri cihazına yerleştirildi. Uygun geometrik düzende yerleştirildiğinden emin olunduktan sonra her gün bir tanesi ortalama 85 000 saniye süre ile sayıldı.

6.3.3 Background (fon) Radyasyonu Tespiti

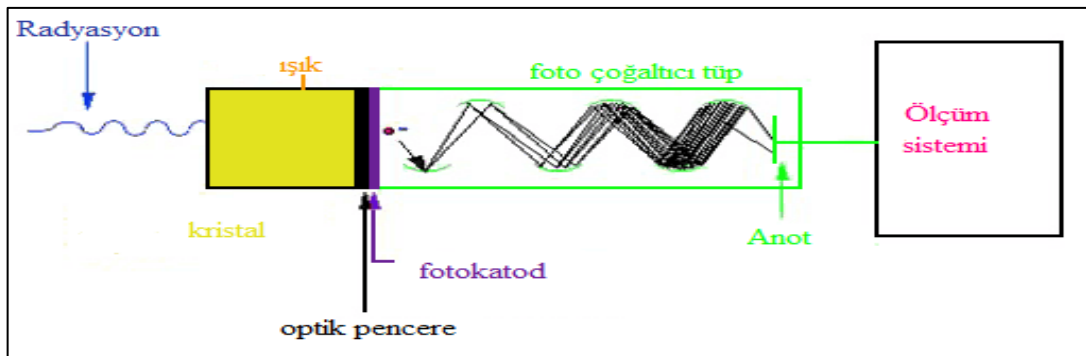
Dünyada nükleer enerjinin kullanımının hızla artması ile çevresel radyoaktivite çalışmaları önem kazanmıştır. Taşınabilir bir gama spektrometresi cihazı, çevresel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bir cihazdır. Hızlı sonuç vermesi, kompakt boyutu ve düşük maliyeti ile saha çalışmalarında oldukça avantajlı olmaktadır [95]. Bu çalışmada dış gama doz oranları Eberline marka SP6 (ESP2 sayaç) taşınabilir plastik sintilasyon dedektörü ile ölçülmüştür (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 Taşınabilir sintilasyon dedektörü

6.3.3.1 Sintilasyon Dedektörü

Sintilasyon dedektörlerinin genel çalışma prensibi, sintilatör (parıldama yapan madde) içinden geçen radyasyonun enerji kaybederek ortamda uyarılmış durumlar oluşturması sürecine dayanır. Uyarılmış olan atomlar tekrar taban seviyesine (temel enerji düzeyi) dönebilmek için foton yayınlarlar. Bu süreçte kaybedilen enerji, görünür bölgede ışık fotonlarına dönüşmüş olur. Görülebilir haldeki ışık fotonları, foto çoğaltıcı tüp ile elektriksel pulslara dönüştürülerek algılanır. Sintilasyon dedektörlerinin genel şematik sistemi Şekil 6.9’da gösterilmiştir [41].



Şekil 6.9 Sintilasyon dedektörü iç yapısı [96]

Radyasyon dedeksiyonunda sintilasyon dedektörlerinin verimi diğer gaz dolgulu dedektörlere göre daha yüksektir ve radyasyon fotonları doğrudan analiz

edilebilmektedir. Bu durum sintilasyon dedektörlerinin gaz dolgulu dedektörlerden üstün olduğunun en önemli göstergesidir [41].

6.3.3.2 Prosedür

Bu çalışma kapsamında Yalova ilinin ilçelerinden toplam 36 noktadan ölçüm alınmıştır. Saha çalışması sırasında yerden ortalama 1 m yükseklikten 1 dakika süre ile ölçüm alınarak veriler kaydedilmiştir. Alınan ölçüm sonuçları kullanılarak bir kişinin bir yılda almış olduğu radyasyon dozunun hesaplaması yapılmıştır. Yıllık etkin doz eşdeğeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$AEDE = ADRA \times DCF \times OF \times T \quad (6.1)$$

AEDE: Yıllık etkin doz eşdeğeri

ADRA: Havada absorbe edilen doz oranı (nGy h^{-1})

DCF: Doz dönüştürme faktörü (0.7 Sv Gy^{-1})

OF: Dolgu faktörü (0.2)

T: Zaman (8760 sa y^{-1})

6.4 Ağır Metal Analizleri

6.4.1 X-ışını Floresans Spektrometresi (XRF)

X ışınları, 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen tarafından keşfedilmesi ile birlikte günümüze dek doğa bilimlerinden tıba kadar çok çeşitli araştırma alanlarında kullanılmıştır. XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) de bu alanlardan biridir. XRF, X-ışınlarının karakteristik özelliğinden faydalanılarak malzemelerin fiziksel ve kimyasal kompozisyonunun incelenebildiği bir analiz tekniğidir.

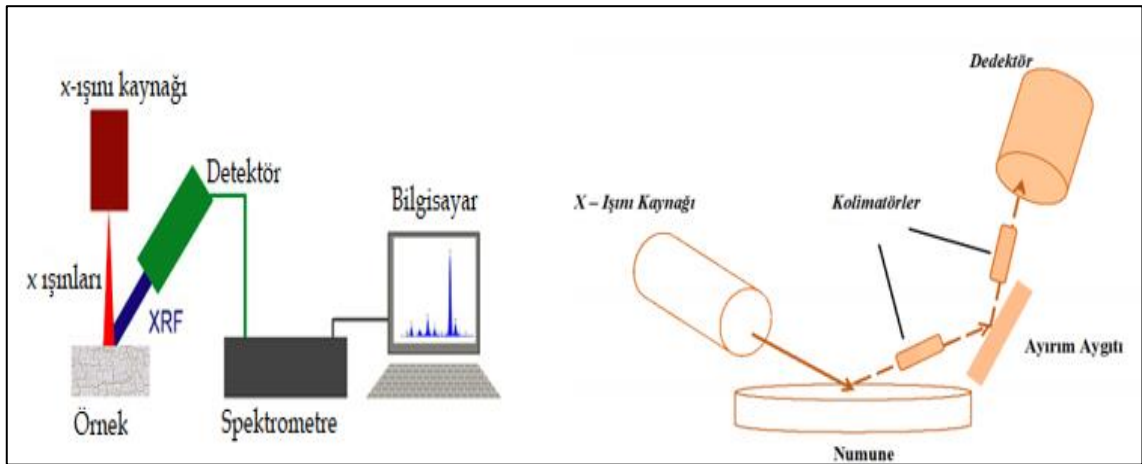
XRF'in aletli analiz yöntemleri içindeki avantajı; katı, toz ve sıvı malzemelerin kolaylıkla analiz edilebilmesi, hassasiyetin yüksek olması ve en önemlisi de tahribatsız analiz yöntemlerinden biri olmasıdır [97].

XRF spektrometresi ile atom numarası 8 ve 92 aralığında olan elementlerin analizleri kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir [98].

6.4.1.1 XRF Çalışma Prensipleri

XRF (X-ışını Floresans Spektrometresi) en temel haliyle kaynak, numune ve dedektör sisteminden oluşur. Kaynaktan çıkan fotonlar, numuneyi ışınlamaya başlar ve dedektör sistemiyle numuneden çıkan flüoresans ölçülür. Günümüzde çoğunlukla kullanılan iki tip X-ışını Floresans Spektrometresi vardır. Bunlardan biri dalga boyu dağılımlı X-ışını Floresans Spektrometresi (WDXRF) iken, diğeri enerji dağılımlı X-ışını Floresans Spektrometresidir (EDXRF).

EDXRF, numuneden yayılan X-ışınlarının enerjilerinin doğrudan ölçülebildiği bir sistemdir (Şekil 6.10). Her bir enerji düzeyindeki X-ışınlarının sayılması ile bir spektrum elde edilir. WDXRF sisteminde ise kaynaktan çıkan X-ışınları numune üzerine gönderilerek numuneden radyasyon çıkması sağlanır. Çıkan tüm radyasyon kristal üzerinde düşer. X-ışınları, dalga boylarına göre farklı yönlerde kırılarak yönlendirilmektedir. Bu yönelim element tayininde belirleyici unsur olmaktadır. Bu durumun fiziksel açıklaması Bragg yasasıyla izah edilir [98,99].



Şekil 6.10 EDXRF (solda) ve WDXRF (sağda) şematik gösterimi [100,101]

WDXRF (Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry), genellikle elementel analiz için kullanılmaktadır. Algılanabilir elementlerin aralığı, cihaz konfigürasyonuna ve kurulumuna göre değişir. Tipik bir WDXRF cihazı, berilyumdan uranyuma kadar olan elementlerin neredeyse tamamını tayin edebilmektedir. Ancak dalga boyu dağılımlı spektrometrikler, atom numarası berilyumdan küçük elementleri belirleyemedikleri için bazı jeolojik olarak önemli olan malzemelerdeki elementler ölçülememektedir.

Bu çalışmada sediment örneklerinin WDXRF tekniği ile elementel analizleri gerçekleştirilmiştir.

6.4.1.2 Malzeme Hazırlama ve Prosedür

Sediment numuneleri öncelikle öğütülerek pudra haline getirildi. Daha sonra her bir örnekten 9'ar gram tartılarak 6 gram selüloz ile homojen olacak şekilde karıştırıldı. Elde edilen karışımlar belirli geometride tasarlanmış bir kalıba aktararak basınç cihazı ile pelet haline getirildi. Her biri 15'er gram olarak basılmış peletler sayıma hazır hale getirilmiş oldu. Her bir örnek için sayımlar Protrace programı ile 1 saat 56 dakika süre ile alındı. ppm (parts per million) düzeyinde sayım verebilen bir program olan Protace programı, günümüzde yapılan elementel analiz çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

6.4.2 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry)

İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES) tekniği ağır metallerin tespiti için kullanılan tekniklerden biridir. Bu analiz yönteminde argon gazı kullanılarak elektron yoğunluğu ve sıcaklığı yüksek bir plazma oluşturulur. Numunenin bir radyofrekans ile argon gazıyla etkileşim yapması sağlanır. Bu şekilde uyarılmış atom ve iyonlar üretilir. Uyarılmış durumlar, temel hale geçerken emisyon ışınları salarlar ve plazmadan yayılan atomik emisyon toplanır. Elementlerin her birinin kendine özgü dalga boylarında elektromanyetik radyasyon yayması nedeniyle emisyon şiddetleri birbirlerinden farklıdır. Bu farklılıktan yararlanılarak malzeme içeriğindeki element konsantrasyonları tayin edilmektedir [102].

Bu çalışmanın ICP-OES analizi, Altınova'nın Tavşanlı mevkiinde deniz kenarından deniz suyu numunesi alınarak gerçekleştirilmiştir. Alınan deniz suyu örneği bir dizi kimyasal işlemten geçirildikten sonra TAEK Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Birimi laboratuvarında analiz edilmiştir.

6.4.3 SEM (Scanning Electron Microscopy)

Doğal süreçler ve insan faaliyetleri sonucu çevredeki birçok kaynak gibi sedimentlerin de kompozisyonu değişmektedir. SEM analizleri, sedimentlerin topografyası ve elementel kompozisyonu hakkında bilgi sağlar [103]. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) adı verilen cihaz, numunelerin topoğrafyasının ve element içeriklerinin yüksek enerjili elektron demetleri yardımıyla incelenebildiği bir teknolojik analiz cihazıdır.

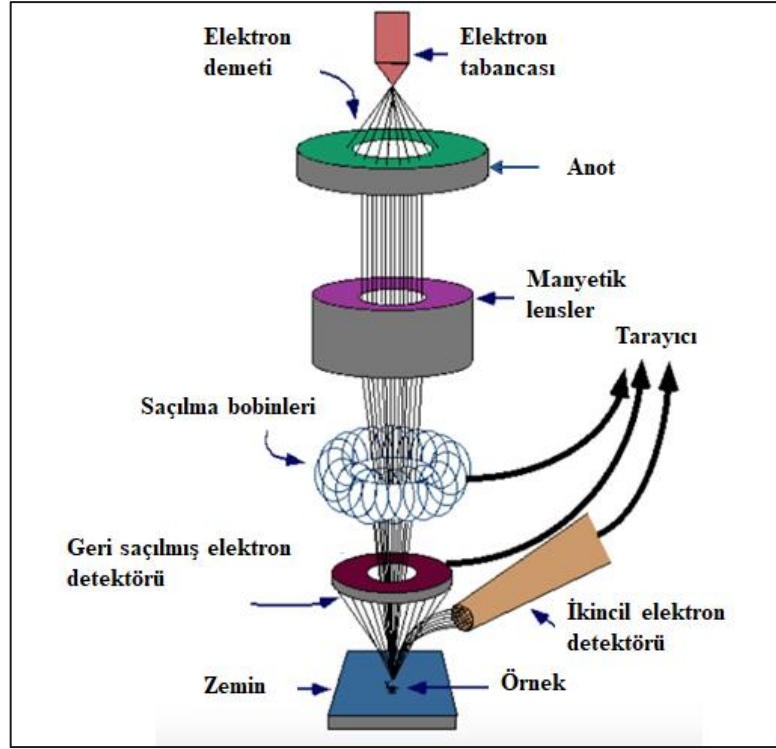
SEM analizlerinin temeli, yüksek enerjili elektronların örnek yüzeyindeki atomlarla fiziksel etkileşime girmesi sonucu ortaya çıkan sinyallerin görüntüye çevrilmesi işlemine dayanır [104]. Çalışmanın bu kısmında alınmış olan SEM görüntüleri, JEOL marka JSM-6390LV model bir taramalı elektron mikroskobu ile alınmıştır (Şekil 6.11).



Şekil 6.11 SEM cihazı (JEOL JSM-6390LV)

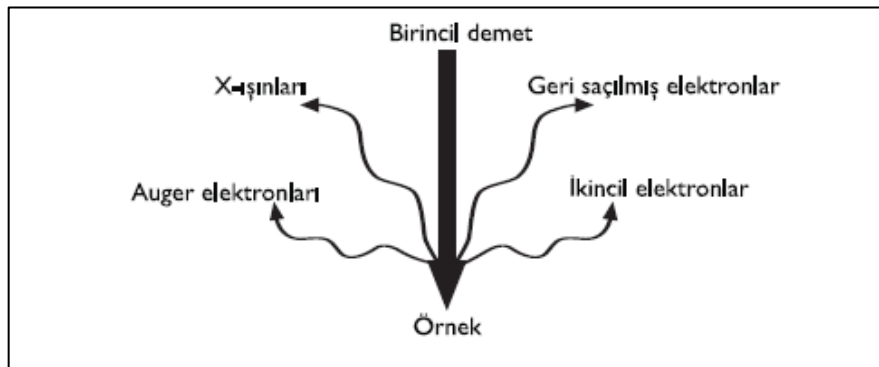
6.4.3.1 SEM (Scanning Electron Microscopy) Çalışma Prensibi

Tipik bir SEM'in ana elemanları, elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları hızlandırmak için kullanılan anot, demeti toplamak, yönlendirmek ve demet çapını ayarlamak için manyetik mercek sistemi (kondansör ve objektif mercekler) ve numune yüzeyini taraması için demeti uygun açıda saptıran tarama bobinlerinden oluşur (Şekil 6.12) [104].



Şekil 6.12 Bir SEM cihazının şematik gösterimi [105]

SEM görüntüsü alınırken elektron demeti (birincil elektronlar), numune üzerinde bir nokta hacime odaklanır ve enerjisini bu noktaya bırakır. Elektron bombardımanı nedeniyle hedefteki numunenin atomları uyarılır. Yüksek enerjili elektronlara maruz kalan atomlardan toplanan unsurlar dedektör tarafından toplanır ve sinyale dönüştürülür. Yüksek enerjili elektron demetinin numune atomları ile etkileşimi sonucunda açığa çıkan en önemli dört unsur Şekil 6.13 de gösterilmiştir.



Şekil 6.13 Elektron demetinin numune ile etkileşimi [104]

6.4.3.2 SEM Görüntülemede Kullanılan Dedektörler

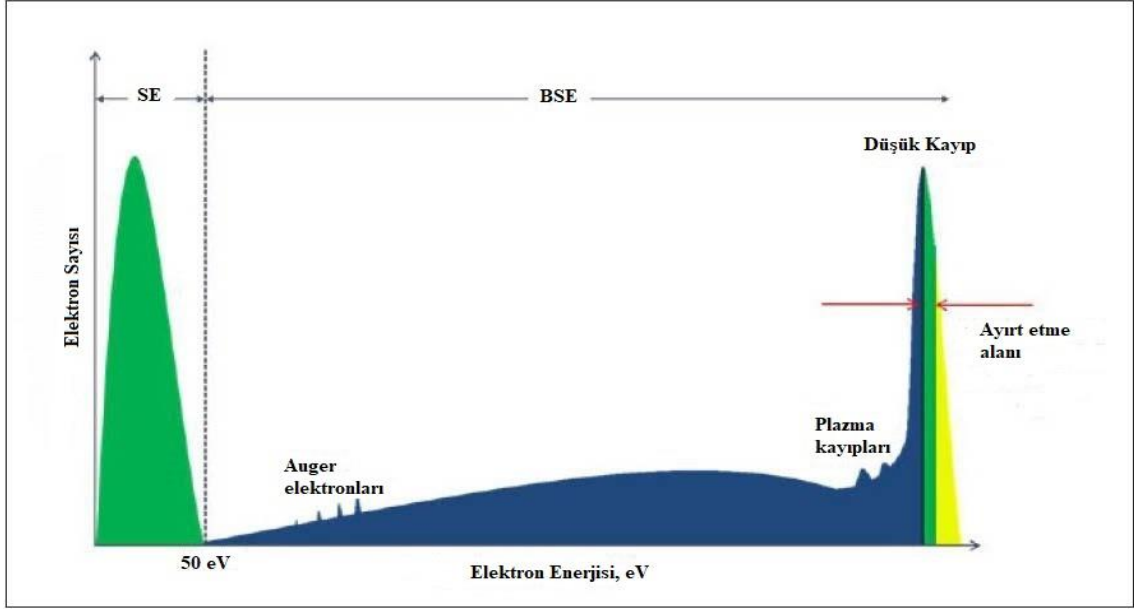
Elektronun numune ile etkileşimi sonucunda ikincil elektronlar, geri saçılmış (backscattered) elektronlar, auger elektronları, karakteristik X-ışınları, fotonlar, sürekli

(frenleme) X-ışınları ve ısı açığa çıkar. Açığa çıkan unsurlar dedektörler tarafından toplanarak veri elde edilmektedir. Genel olarak kullanılan dört adet dedektör vardır. Bunlar aşağıdaki gibidir.

1. SE (Sekonder Electron)
2. BSE (Back Scattered Electron)
3. EDX (Energy Dispersive X-Ray)
4. AES (Auger Electron Spectroscopy)

SEM görüntüsü alınırken numune üzerine gönderilen elektron demeti, numune ile etkileşime girerek esnek ve esnek olmayan çarpışma yapmaktadır. Esnek çarpışma, numuneye gönderilen elektronların numunenin atom çekirdeği ile etkileşime girip büyük bir sapma yaparak bir miktar enerji kaybetmesi sürecine dayanır. Elastik saçılma sonucu numuneden çıkan elektronlar geri saçılmış (backscattered) elektronlardır. Geri saçılmış elektronlar BSE dedektörü ile algılanarak analiz edilmektedir. Elastik olmayan saçılma sırasında elektronlar atom çekirdeğinin Coulomb alanına girerek X-ışını açığa çıkarır ya da numunenin elektronları ile çarpışarak ikincil elektronlara (Sekonder elektron) neden olur. İkincil elektronlar ise SE dedektörü ile toplanarak analiz edilirler [106].

SE ve BSE ile elde edilen spektrumlarda elektron enerjisine göre elde edilen elektron sayıları belli standartlarda oluşur. Bu nedenle SE ve BSE dedektörleri belli enerjilerde baskın olmaktadır. Baskın olan durumlar Şekil 6.14’de net olarak görülmektedir.



Şekil 6.14 SE ve BSE elektronlarının belirli enerji aralıklarında bulunma olasılıkları [107]

SE (Sekonder Elektron)

Sekonder elektronlar düşük enerjilidir (<50 eV). Yüzeyden en fazla yaklaşık $50 \text{ \AA}$ kadar derinlikte üretilirler. Sekonder elektronlar SE (Seconder Electron) dedektörü ile algılanarak SEM’de görüntüleme için kullanılırlar. Görüntü alınabilmesi, sekonder elektronların dedektöre ulaşmasına bağlıdır. İkincil elektronların toplanmasının nedeni, enerjilerinin düşük olması sebebiyle elektron bombardımanı sırasında numune yüzeyinden kopmaları ve dolayısıyla numunenin topoğrafyası, kompozisyonu ve kimyasal yapısı hakkında bilgi sağlamasıdır. Sekonder elektronlardan çevrilen sinyallerle yüksek çözünürlüklü görüntü alınabilmektedir [106,108].

BSE (Back Scattered Electron)

SEM’de görüntü elde etmenin başka bir metodu da geri saçılmış elektronların (backscattered electrons) kullanılmasıdır. Geri saçılmış elektronların kullanılmasının nedeni numune hakkında hem bileşimsel bilgi hem de topoğrafik bilgi sağlamasıdır. Geri saçılmış elektronlar, 50 eV ’dan daha büyük bir enerji ile yüzeyden kaçarlar.

Yüksek atom numaralı elementler çekirdeklerinde daha fazla pozitif yüke sahiptir. Bu durumda daha fazla elektron geri saçılır ve geri saçılan sinyal daha yüksek olur. Bu bakımdan SEM görüntülerinde oluşan kontrast, numunenin atom sayısı ile ilişkilidir. BSE ile elde edilen kontrast farkı, SE ile üretilenden daha kolay ayırt edilebilir (Şekil.).

Bu nedenle ikincil elektronlar kullanılarak üretilen sinyallerin yorumlanması daha zordur [108].

EDX veya EDAX (Energy Dispersive X-Ray Analysis)

Malzemelerin kimyasal bilgilerinin karakteristik X-ışınları kullanılarak elde edilmesi, oldukça yaygın olarak kullanılan bir mikro analitik tekniktir. EDX, numuneden ayrılan X-ışınlarının sayısının ve enerjisinin ölçülebildiği bir spektrometredir. X-ışınları kullanılarak EDX analizleri gerçekleştirilir ve karakteristik X-ışını spektrumu elde edilir. Yayınlanan X-ışını enerjisi, iki kabuk arası enerji farkından kaynaklanması ve elementin atomik yapısının karakteristiğini ortaya koyması nedeniyle numunenin elementel kompozisyonunun analiz edilmesini sağlar [109].

AES (Auger Elektron Spektroskopisi)

İyonlaştırılan bir atomun iç kabuğunda oluşan boşluğu, bir dış kabuk elektronunun doldurması sırasında faaliyet gösteren elektron auger elektronudur. Bu elektronların karakteristik bir enerjisi vardır. Bu nedenle numune hakkında kimyasal bilgi sağlamak için kullanılırlar. Enerjilerinin düşük olması nedeniyle auger elektronları, yüzeye çok yakın olarak yayılır. Sadece birkaç nanometre derinliklerde üretilirler ve genellikle yüzey analizlerinde kullanılırlar [108].

6.4.3.3 SEM İçin Uygun Malzemeler ve Malzeme Hazırlama

SEM görüntüsü alınacak olan örneğin öncelikle vakuma dayanıklı olması yani buharlaşmaması gerekir. Çünkü vakum altında örneklerin buharlaşması mikroskobun kontamine olmasına neden olur. Bu kirlilik analizin niteliğini ve güvenilirliğini etkiler. SEM analizinde kullanılacak numune katı halde ve temiz olmalıdır. Numune yüzeyinde bulunan kirlilik, alınan SEM görüntüsünde belirsiz ögeler oluşturmaktadır. Ayrıca bu kirlilik, cihazın yapısındaki optik ve elektronik sistemin kontaminasyonuna yol açar. Bu tip kirlilikler de SEM analizlerinin güvenilirliğini olumsuz yönde etkiler.

SEM analizlerinde görüntünün net olması için malzeme iletken yüzeyli olmalıdır. Numunenin iletken olması, elektron demetinin numune yüzeyinde birikmemesini sağlar. Eğer kullanılan numune yeteri kadar iletken değilse yüzeyde elektronlar birikir ve biriken elektronlar numuneden alınan sinyalleri zayıflatır. Bu durum, alınan SEM görüntüsünün ve analiz sonuçlarının kalitesini etkiler.

SEM’de elektronların örnek yüzeyini düzgün şekilde taraması ile nitelikli görüntü elde edilir. Örnek yüzeyinde oluşan elektrostatik alanın elektronları saptırması nedeniyle doğru tarama ve algılama yapılamaz. Bu duruma yüzeyin iletken olmaması ve temiz olmaması neden olur. Örneğe elektron demeti gönderildiğinde örnekten çıkan elektronlar; geri saçılan (Backscattering), sekonder (ikincil) ve absorbe edilen elektronlardır. İletken malzemelerde absorbe edilen elektronlar örnek içine alınır ve toprağa kolaylıkla akıtılırken yalıtkan malzemelerde toprağa iletimi zor olmaktadır. Bu sorunun çözümü iki şekilde sağlanır. Ya uyarma gerilimi (düşük) ve elektron demeti akımı ayarlanır ya da örnek yüzeyi iletken bir film ile kaplanır. Kaplama yapılan tabaka, görüntü alınırken örneğin ayrıntılarının görünmesine engel olmaz.

Kaplama malzemesi genellikle Au-79 ve Pt-78 gibi yüksek atom numaralı bir metal malzemeden seçilir. Çünkü elektronların yüksek atom numaralı elementlerle etkileşim hacmi küçüktür ve yüksek sinyal üretilir. Böylelikle ayırma gücünün (resolution) yüksek olması sağlanır. Kimyasal analizlerde ise karbon kaplama yapılması daha uygundur. Çünkü EDAX sistemi atom numarası düşük olan karbon C-6 elementiyle kaplanmış yüzeyi algılamaya karşı duyarlı değildir. [110,111].

6.4.4 LIBS (Lazer Induced Breakdown Spectroscopy) Tekniği

Lazer İndüklenmiş Plazma Spektroskopisi (LIBS), atomik türlerin numune yüzeyinde oluşturdukları emisyon çizgilerinin ölçülerek kimyasal tanılamaya olanak tanıyan bir analitik tekniktir. Bu teknik ile çeşitli malzemelerin kantitatif analizleri yapılmaktadır [112].

LIBS tekniği, katı haldeki numunenin işaretli hacminin uygun yoğunlukta yüksek enerjili bir lazer ışını ile etkileşimi sağlanarak gerçekleştirilmektedir. Bu etkileşim sırasında, hızlı enerji birikimi ile numune yüzeyinde yüksek sıcaklıklı bir mikro plazma oluşur. Daha sonra plazma genişleyerek enerjisini kaybeder ve atomize olmaya başlar. Plazmadaki uyarılmış durumlar, radyasyon yayarak daha düşük enerji seviyelerine dönerler. Bu şekilde kaydedilen radyasyon ile bir spektrum oluşturulur. Elde edilen spektrumun analizi ile numune hakkında bilgi sağlanır [113,114].

LIBS ile yapılan analizlerde malzeme hazırlama aşamasının kolaylığı LIBS tekniğinin en büyük avantajlarından biridir. Numuneler, kimyasal malzemelerde çözdürmeye gerek olmadan kullanılabilir. Ayrıca analizler için çok fazla miktarlarda numune gerekmemektedir [112]. Toprak ve sedimentler ile yapılan analizlerde ise numune pelet

haline getirilerek kullanılmaktadır. LIBS'in bir diğer avantajı da diğer tekniklere göre (örneğin XRF) daha hızlı sonuç vermesidir.

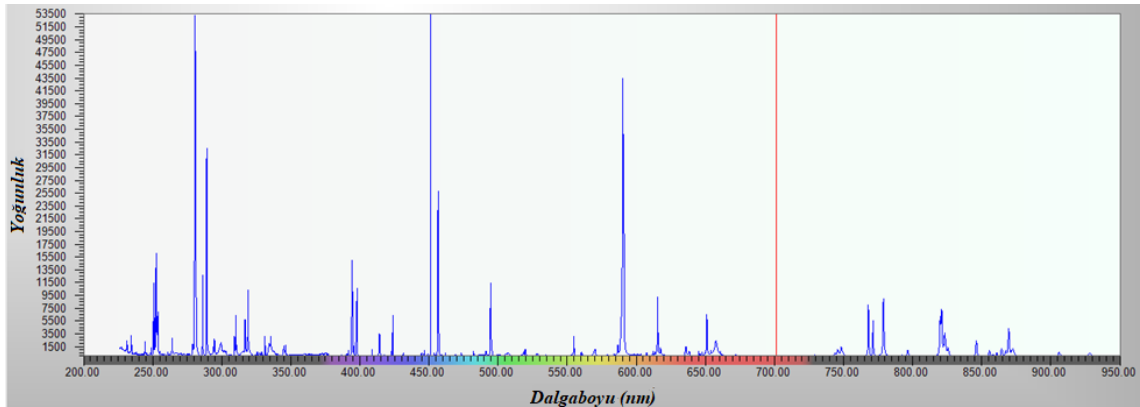
LIBS'in analitik performansı; lazerin özelliklerine, cihazın optik dizaynına, ölçüm parametrelerine ve ölçüm alınan ortam şartlarına bağlıdır [114]. Bu çalışmada kullanılan cihaz İngiltere menşeli Ecco marka bir Lazer İndüklenmiş Plazma Spektroskopisidir (Şekil 6.15).



Şekil 6.15 Ecco marka LIBS cihazı

6.4.4.1 LIBS Sistemi Kalibrasyonu

LIBS cihazı kalibrasyonu, standart örneklerle gerçekleştirilerek dalga boyuna bağlı spektrum elde edilmiştir. Kalibrasyon grafiği Şekil 6.16'da gösterilmiştir.



Şekil 6.16 Kalibrasyon grafiği

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 Toplam Alfa/Beta Analizi Sonuçları

Bu çalışmada İzmit Körfezi girişinde bulunan Yalova iline bağlı Altınova bölgesinden alınan toplam 6 adet sediment numunesinin radyasyon seviyesi incelenmiştir. Toplam alfa/beta analizleri sonucu elde edilen veriler Çizelge 7.1 'de listelenmiştir.

Çizelge 7.1 Sediment örneklerinin toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri [115]

Numune No	Toplam α (Bq/kg)	Toplam β (Bq/kg)
ALT 2	213 $\pm$ 21	673 $\pm$ 48
ALT 3	309 $\pm$ 13	709 $\pm$ 71
ALT 4	214 $\pm$ 20	914 $\pm$ 40
ALT 5	197 $\pm$ 26	704 $\pm$ 70
ALT 6	204 $\pm$ 20	798 $\pm$ 80
ALT 8	129 $\pm$ 26	508 $\pm$ 51

İnceleme sonucunda elde edilen toplam alfa aktivitesinin en düşük ve en yüksek değerleri sırasıyla 129 $\pm$ 26 Bq/kg-309 $\pm$ 13 Bq/kg'dir. Toplam beta aktivitesi en düşük 508 $\pm$ 51 Bq/kg iken en yüksek 914 $\pm$ 40 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Elde edilen verilerin ortalaması alındığında ortalama alfa aktivitesi 211 $\pm$ 21 Bq/kg hesaplanırken ortalama beta aktivitesi 717,7 $\pm$ 60 Bq/kg olarak hesaplanmıştır.

ALT 8 numaralı numune kıyıdan en uzak alınan numunedir. Alınan 6 örnek içerisinde hem toplam alfa hem de toplam beta aktivitesi en düşük bulunan noktadır. Kıyıya daha yakın olan noktaların radyasyon seviyeleri uzak olan noktaya nazaran bir miktar yüksek

çıkmiştir. Bu durumun kıyılarda yapılan tersanecilik faaliyetleri, sanayi bölgelerinin kıyıya yakınlığı, feribot iskelesi ve diğer birçok sebeplerle oluşan yoğunlaşmadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tersaneler bölgesinin radyoaktif kirlilik oranları farklı bölgelerde yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılmıştır (Çizelge 7.2).

Çizelge 7.2 Altınova sonuçlarının Türkiye'nin farklı bölgeleri ile karşılaştırılması

Bölgeler	Gross α (Bq/kg)	Gross β (Bq/kg)	Referanslar
Meriç Nehri, Türkiye	30-200	6 – 1397	[116]
Tunca Nehri, Türkiye	30-158	180 - 1526	[116]
İzmit Körfezi, Türkiye	537-1800	993 - 1842	[117]
Bendimahı Nehri, Türkiye (Mayıs)	782-4596	482-10372	[118]
Bendimahı Nehri, Türkiye (Ağustos)	580-5824	303-9702	[118]
Altınova, Türkiye	129-309	508-914	[115]

İzmit körfezinin sedimentlerinin ortalama radyoaktivitesinin Türkiye’de analizi yapılmış olan birçok bölgeden oldukça düşük çıktığı tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinin yanında bölgeden 3 adet su örneği de alınmış ve toplam alfa ve toplam beta analizleri gerçekleştirilmiştir. Bölgeden alınan 3 adet deniz suyunun toplam alfa ve toplam beta analizleri ortalamaları Çizelge 7.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.3 Deniz suyu numunelerinin toplam alfa/beta analizi ortalaması

Numune adı	Toplam alfa (Bq/L)	Toplam beta (Bq/L)	TDS (mg/L)
Altınova	0,028±0,012	9,739±1,753	24250

Toplam alfa için ölçülebilen minimum aktivite $MDA_{\alpha}=0,007$ Bq/L iken toplam beta için bu değer $MDA_{\beta}=0,008$ Bq/L bulunmuştur.

Alfa analizi için 250 mL deniz suyu numunesi kullanılarak beta için 8 mL kullanılmıştır. TDS (Total Dissolved Solid), 1 litredeki toplam rezidü miktarıdır. Toplam rezidü 24250 mg/L olarak hesaplanmıştır.

7.2 Gama Spektrometri Sonuçları

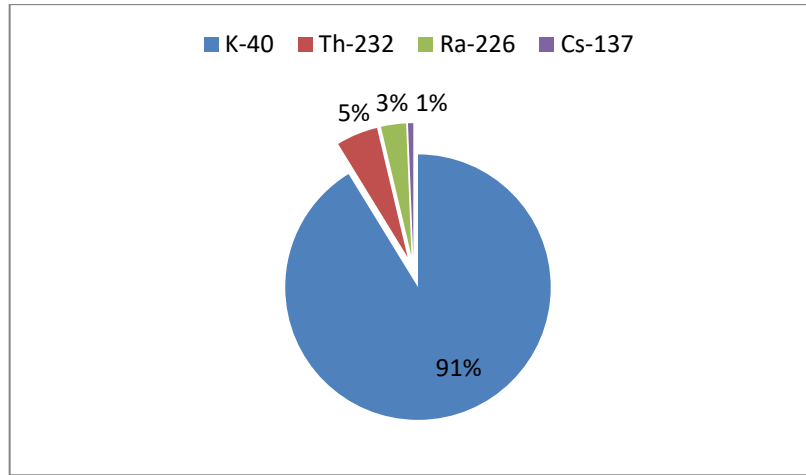
Sediment örneklerinin gama spektrometrik analizleri sonucunda Tablo 7.4'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 7.4 Sediment örneklerinin gama radyoaktivite seviyeleri

Örnek No	K-40 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)
ALT-2	604,58±42,38	34,65±2,03	18,79±1,27	2,82±0,44
ALT-3	543,00±34,43	28,98±1,47	17,08±0,93	7,79±0,51
ALT-4	593,04±46,36	32,90±2,21	18,30±1,49	1,74±0,83
ALT-5	639,47±71,29	36,06±3,49	24,15±2,81	4,67±1,95
ALT-6	611,95±41,86	35,67±2,03	22,28±1,38	1,99±0,35
ALT-8	543,19±51,35	27,79±2,36	17,53±1,83	6,02±1,12

Sediment örneklerinin K-40, Th-232, Ra-226 ve Cs-137 ortalama aktiviteleri sırasıyla 589,2±48 Bq/kg, 32,7±2,3 Bq/kg, 19,7±1,6 Bq/kg ve 4,17±0,87 Bq/kg olarak hesaplanmıştır.

En yüksek gama radyoaktivite konsantrasyonları K-40 radyoizotopuna ait iken en düşük konsantrasyon Cs-137'ye aittir. Yüzdelik olarak hesaplandığında K-40, Th-232, Ra-226 ve Cs-137 aktiviteleri sırasıyla %91, %5, %3 ve %1'lik dilime karşılık gelmektedirler (Şekil 7.1).



Şekil 7.1 Bölgede radyonüklidlerin yüzdelik dağılımları

Şekil 7.1’de gösterilen sonuçlara istinaden bölgenin radyoaktivitesinin büyük oranda K-40 radyoizotopundan kaynaklanmış olduğu açıkça görülmüştür. Diğer radyonüklidlerin oranı K-40’a nazaran oldukça azdır. Elde edilen sonuçlar, dünyada radyoaktiflik düzeyleri ölçülmüş olan farklı bölgeler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Tablo7.5).

Çizelge 7.5 Farklı bölgelerdeki çalışmaların gama aktivitesi ölçüm sonuçları

Sediment Lokasyonları	K-40 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	Referans
Fırtına Deresi, Türkiye-2007	573,3±5,7	39,5±1,26	49,9±2,14	6,15±0,25	[119]
Karadeniz Rize, Türkiye-2017	469±10,8	17,8±1,8	16±1,8	9±1,4	[120]
Zonguldak sahilleri, Türkiye-2014	244,75±13,56	20±2,18	-	-	[121]
Çanakkale, Türkiye-2017	594,4±71,5	36,5±3,8	31±3,3	<6	[122]
Çoruh Nehri, Türkiye-2015	510,2±157,6	18,3±5,5	-	13,5±0,9	[123]
Calabrian, Güney İtalya-2018	794±49	38±3,5	27±3	<0,3	[124]
Cauvery Nehri, Hindistan-2004	416,73	27,83	-	-	[125]
Simpsonville, Güney Carolina-2007	609,3±34,5	45,3±4,9	21,4±1,8	-	[126]
Nil Nehri, Mısır-2007	200,21	12,94	-	-	[127]

Çizelge 7.5 Farklı bölgelerdeki çalışmaların gama aktivitesi ölçüm sonuçları (devamı)

Nijer Deltası, Nijerya-2011	220±63	22±4,4	25±4,4	-	[128]
Doğu Tamilnadu Kıyısı, Hindistan-2018	425,72	85,67	30,81	-	[129]
Yalova, Türkiye-2018	589,2±48	32,7±2,3	19,7±1,6	4,17±0,87	Bu çalışma

Bu veriler ışığında, Altınova bölgesinin K-40 konsantrasyonunun çok yüksek olmadığı, Ra-226 ortalamasının dünyadaki birçok bölgeden düşük çıktığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca Th-232 konsantrasyonlarının ise bazı bölgelere göre nispeten yüksek veya alçak olduğu görülmüştür.

Fisyon ürünü olan Cs-137 konsantrasyonu ise oldukça düşük seviyelerdedir. Bu durum nükleer denemeler ya da nükleer patlamalar sonucunda söz konusu bölgenin etkilenmediği kanısını oluşturmuştur.

7.3 Background (Fon) Radyasyonu Ölçüm Sonuçları

İzmit Körfezi'nde bulunan Yalova ilinin tüm ilçelerinden toplamda 36 noktadan gama doz ölçümleri alınmıştır. Alınmış olan ölçümler ve koordinatları Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 Yalova ilinin gama doz hızı değerleri [130]

Bölgeler	Gama Doz Hızı (nGy/sa)	AEDE (μSv/y)	Koordinatlar
Kaytazdere	52,2	64,0	40°41'49,7"N 29°30'58,6"E
Hersek	64,0	78,4	40°43'26,4"N 29°30'17,2"E
Karadere	59,4	72,8	40°38'12,3"N 29°28'23,5"E
Örencik	37,8	46,3	40°35'34,2"N 29°26'38,8"E
Sermayecik	40,8	50,0	40°33'42,8"N 29°26'37,3"E

Çizelge 7.6 Yalova ilinin gama doz hızı değerleri (devamı)

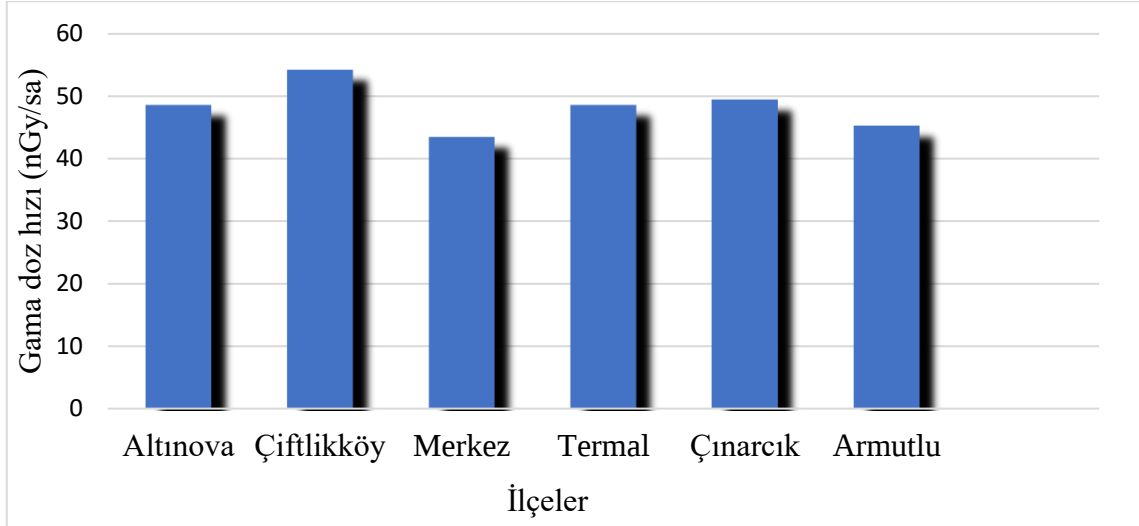
Burhaniye	43,4	53,2	40°34'07,3"N 29°24'11,2"E
Kılıçköy	66,0	80,9	40°38'03,6"N 29°23'36,7"E
Taşköprü	56,2	68,9	40°40'28,1"N 29°23'21,1"E
Çiftlikköy	51,4	63,0	40°39'45,2"N 29°18'47,7"E
Yalova Merkez	40,8	50,0	40°39'27,4"N 29°16'06,5"E
Yalova Merkez	27,7	33,9	40°65'80,5"N 29°27'45,1"E
Safran Köyü	40,8	50,0	40°36'33,4"N 29°14'54,7"E
Güneyköy	47,0	57,6	40°33'13,9"N 29°16'41,1"E
Kurtköy	44,4	54,4	40°34'35,1"N 29°13'25,1"E
Kadıköy	60,4	74,0	40°37'09,6"N 29°13'32,1"E
Termal	50,8	62,3	40°36'23,1"N 29°10'22,9"E
Akköy	46,5	57,0	40°37'43,0"N 29°11'44,9"E
Koru	38,2	46,8	40°39'18,9"N 29°09'26,6"E
Çınarcık	44,6	54,6	40°38'36,7"N 29°06'24,6"E
Şenköy	64,0	78,4	40°37'39,1"N 29°00'06,7"E
Teşvikiye	43,6	53,4	40°36'42,1"N 29°04'54,7"E

Çizelge 7.6 Yalova ilinin gama doz hızı değerleri (devamı)

Teşvikiye Şelale	57,0	69,9	40°35'17,6"N 29°01'34,9"E
Esenköy	47,0	57,6	40°36'49,1"N 28°57'10,9"E
Armutlu	35,4	43,4	40°31'09,1"N 28°49'41,6"E
Fıstıklı	56,2	68,9	40°29'27,6"N 28°53'34,0"E
Kapaklı	46,8	57,3	40°27'38,0"N 28°58'12,2"E
Hayriye	41,1	50,4	40°30'05,3"N 28°58'04,6"E
Selimiye	47,0	57,6	40°31'03,1"N 28°58'57,6"E
Delmece Yaylası	52,4	64,2	40°33'25,8"N 29°00'22,9"E
Altınova Merkez	59,0	72,3	40°41'19,5"N 29°29'49,7"E
Tavşanlı	40,8	50,0	40°69'47,1"N 29°45'67,2"E
Tavşanlı	43,6	53,4	40°68'86,7"N 29°46'08,5"E
Tavşanlı	54,4	66,7	40°68'76,4"N 29°43'85,2"E
Altınova Tersaneler	55,8	68,4	40°72'21,7"N 29°49'19,9"E
Altınova Tersaneler	38,2	46,8	40°71'09,5"N 29°47'49,1"E
Altınova Tersaneler	37,8	46,3	40°70'22,9"N 29°46'71,8"E
Ortalama	48,1	59,0	

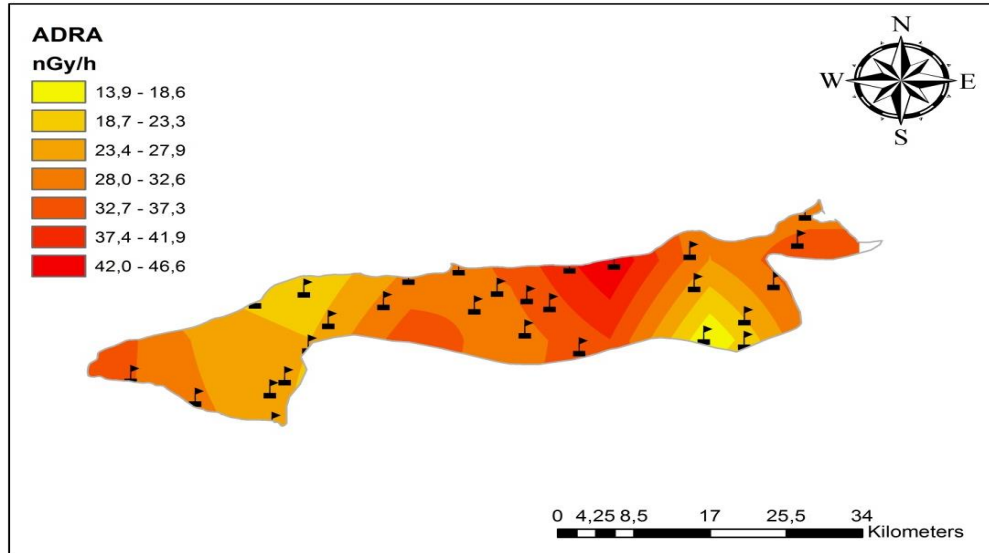
36 farklı noktadan alınan ölçüm verilerine istinaden Altınova, Çiftlikköy, Merkez, Termal, Çınarcık ve Armutlu ilçelerinin ortalama gama doz oranları sırasıyla 48,6

nGy/sa, 54,2 nGy/sa, 43,51 nGy/sa, 48,6 nGy/sa, 49,5 nGy/sa ve 45,3 nGy/sa olarak hesaplanmıştır. Ölçüm değerleri 27,7 nGy/sa ile 66,0 nGy/sa bandında değişmektedir. Ortalama doz 48,1 nGy/sa iken yıllık doz eşdeğerinin 59,0 μ Sv/y olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek doz oranına sahip ilçenin ise Çiftlikköy olduğu tespit edilmiştir. İlçelerin gama doz hızları Şekil 7.2’de karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



Şekil 7.2 İlçelerin gama doz hızları

Elde edilen veriler kullanılarak Yalova ilinin gama doz hızı dağılım haritası çizilmiştir (Şekil 7.3).



Şekil 7.3 Gama doz hızı dağılım haritası

Şekil 7.3’teki gama doz hızı dağılım haritası incelendiğinde, tüm ile nazaran Altınova bölgesinden alınan ölçümlerin çok aykırı sonuçlar vermediği görülmüştür.

Hesaplanan sonuçlar, UNSCEAR’ın 2000 yılında yayınladığı raporda belirlenen dünya ortalaması (59 nGy/sa) ile karşılaştırıldığında gerek Yalova’nın gerekse de Altınova ilçesinin ortalama fon radyasyonunun dünya ortalamasının altında seyrettiği açıkça görülmektedir [131].

7.4 XRF Sonuçları

Sediment numunelerinin XRF sonuçları Çizelge 7.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.7 Sediment numunelerinin element konsantrasyonları

Analit	Numune numarası						Ortalama (ppm)
	ALT-2 (ppm)	ALT-3 (ppm)	ALT-4 (ppm)	ALT-5 (ppm)	ALT-6 (ppm)	ALT-8 (ppm)	
CaO	40621,49	58697,86	45406,62	64947,69	79182,22	47954,05	56135
Sc	10,461	10,2	9,131	9,968	5,911	10,102	9,295
TiO ₂	8995,155	8769,926	8915,32	8601,837	7829,54	8338,949	8575,1
V	98,913	104,746	97,119	111,393	105,338	104,23	103,6
Cr	78,331	72,632	74,615	99,909	109,665	79,99	85,86
Mn	411,705	431,44	404,828	854,84	658,978	443,219	534,18
Fe ₂ O ₃	55926,19	56848,45	54912,61	62113,25	56197,16	53046,84	56507
Co	3,54	32,384	29,87	28,35	31,592	24,921	29,63
Ni	19,448	15,031	19,078	61,294	71,725	18,162	34,12
Cu	22,823	102,799	21,295	85,177	100,921	80,478	68,915
Zn	76,986	86,662	69,79	90,52	85,467	86,211	82,606
Ga	14,037	13,95	13,595	16,086	14,733	13,677	14,35
Ge	-0,384	-0,726	-0,764	-0,889	-0,567	-0,82	-0,69
As	8,316	9,053	8,518	13,151	13,852	10,698	10,598
Se	0,365	0,819	-0,111	0,506	0,723	-0,174	0,3546

Çizelge 7.7 Sediment numunelerinin element konsantrasyonları (devamı)

Br	61,64	59,981	49,375	14,268	22,251	63,709	45,204
Rb	79,757	76,005	79,025	92,643	87,778	72,75	81,326
Sr	156,675	262,375	172,795	185,423	216,609	168,63	193,75
Y	22,201	22,751	21,878	22,687	21,243	21,552	22,052
Zr	165,937	142,874	162,801	131,104	128,387	151,585	147,11
Nb	8,488	7,683	8,324	9,414	8,269	7,31	8,248
Mo	1,351	1,803	0,958	2,034	1,266	1,776	1,5313
Ag	-3,65	0,176	-0,923	-2,938	-6,226	-4,271	-2,972
Cd	17,984	18,436	21,026	17,478	17,705	16,412	18,174
Sn	3,232	7,535	5,031	6,784	7,991	8,024	6,432
Sb	4,823	0,802	2,257	5,958	5,761	5,663	4,077
Te	1,602	1,833	3,579	5,085	2,874	6,441	3,569
I	33,411	11,124	19,371	8,253	10,169	16,282	16,435
Cs	-14,354	-14,608	-13,98	-8,719	-7,968	-10,845	-11,75
Ba	199,893	196,735	190,162	253,518	271,294	196,469	218,01
La	34,585	30,899	23,762	26,434	25,248	23,102	31,57
Ce	44,173	47,583	47,242	50,167	39,931	76,717	50,968
Nd	30,514	31,69	26,618	41,402	25,894	33,3	31,569
Sm	0,261	-0,097	2,515	2,114	5,143	5,516	2,5753
Yb	-18,848	-16,25	-16,46	-18,191	-16,651	-15,65	-17,008
Hf	-1,643	-3,609	-2,504	-4,73	-5,945	-3,971	-3,734
Ta	2,255	-0,058	0,02	-0,053	1,736	-2,017	0,3138
W	58,402	56,682	66,785	24,912	45,015	47,011	49,801
Hg	-118,182	-98,352	-117,369	-87,526	-86,553	-91,486	-99,911
Tl	2,002	0,367	1,911	1,27	2,012	1,06	1,437

Çizelge 7.7 Sediment numunelerinin element konsantrasyonları (devamı)

Pb	24,174	29,202	21,006	31,302	33,893	30,856	28,405
Bi	-0,024	0,391	-1,202	-0,343	0,057	-0,692	0,302
Th	9,018	8,369	8,417	11,242	10,405	8,088	9,256
U	3,424	3,864	4,418	3,582	3,503	3,492	3,713

XRF ile yapılan kalitatif analizlerde sediment içeriğinde hem element hem de bileşik tayini yapılmıştır. Sedimentlerin organik ve inorganik birikimler olması nedeniyle elementel analizde elde edilen element ve bileşikler oldukça çeşitlidir. Analiz sonuçlarına göre kadmiyum, kurşun, nikel ve arsenik gibi insanlar için toksik ağır metaller tespit edilmiştir.

7.5 ICP-OES Sonuçları

Bölgeden alınan su örneğinin öncelikle anyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizde kullanılan cihaz ICS-3000 DIONEX marka bir iyon kromatografi cihazıdır. Analiz sonuçları Çizelge 7.8’de verilmiştir.

Çizelge 7.8 Deniz suyu örneği anyon sonuçları (ppm)

Örn	Florür [F ⁻]	Klorür [Cl ⁻]	Nitrit [NO ₂ ⁻]	Bromür [Br ⁻]	Nitrat [NO ₃ ⁻]	Sülfat [SO ₄ ²⁻]	Fosfat [PO ₄ ³⁻]
Su	0,9±0,1	12980,6±0,3	<MDL	36,5±0,2	9445,6±4,7	1778,2±0,3	<MDL

Anyonların ölçülebilir minimum limitleri aşağıda verilmiştir.

$MDL_{[F^-]} = 0,37$ ppb; $MDL_{[NO_2^-]} = 3,66$ ppb; $MDL_{[Cl^-]} = 1,62$ ppb; $MDL_{[SO_4]} = 2,83$ ppb; $MDL_{[Br^-]} = 2,50$ ppb; $MDL_{[PO_4^{3-}]} = 6,97$ ppb; $MDL_{[NO_3^-]} = 7,83$ ppb

Bölgeden alınan su örneklerinin ağır metal içeriklerinin saptanmasında ICP-OES tekniği uygulanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7.9’da listelenmiştir.

Çizelge 7.9 Deniz suyu ICP-OES analizi sonucu

Analit	Analiz Sonucu: $\mu = X_{Ort} \pm 2$ StdSap	Analiz Yöntemi	Std.Sap	LOQ Ölçüm Limiti	Kalib. Stand Çözelti Aralığı
Ca	252,6 ± 12,2 mg/L	ICP-OES	6,10	12,96 µg/L	0,20/0,50/1,0/2,0 mg/L

Çizelge 7.9 Deniz suyu ICP-OES analizi sonucu (devamı)

Mg	822,7 ± 10,9 mg/L	ICP-OES	5,45	1,168 mg/L	0,20/0,50/1,0/2,0 mg/L
Hg	< Ö.L.	ICP-OES/Hidrür	0,07549	0,8480 µg/L	5,0/10/20 µg/L
As	< Ö.L.	ICP-OES/Hidrür	0,26361	1,700 µg/L	5,0/10/20 µg/L
Sb	< Ö.L.	ICP-OES/Hidrür	0,06259	0,354 µg/L	5,0/10/20 µg/L
Ag	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	0,4484	2,729 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Al	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	1,9685	6,256 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Co	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	0,2107	1,427 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Cr	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	0,2047	1,428 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Cu	2,914 ± 1,4338 µg/L	ICP-OES Stand.Katma	0,7169	2,914 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Fe	15,19 ± 0,46 µg/L	ICP-OES Stand.Katma	0,2303	1,235 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Mn	1,073 ± 0,46 µg/L	ICP-OES Stand.Katma	0,0331	0,456 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Ni	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	0,454	2,240 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Pb	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	1,361	8,216 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
V	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	0,5349	2,890 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Zn	5,472 ± 0,284 µg/L	ICP-OES Stand.Katma	0,1420	0,7064 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb

Çizelge 7.9 Deniz suyu ICP-OES analizi sonucu (devamı)

Ti	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	0,0924	1,233 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Th	21,26 ± 4,78 µg/L	ICP-OES Stand.Katma	2,3900	3,798 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
U	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	8,689	65,86 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Mo	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	1,1415	3,985 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb
Cd	< Ö.L.	ICP-OES Stand.Katma	0,0000	0,9810 µg/L	Stand.Katma: 25/50/100 ppb

ICP-OES sistemine iyon kromatografi sistemi de eklenerek çok daha hassas ve nitelikli element analizi gerçekleştirilmiştir.

ICP-OES ile yapılan elementel analiz sonuçlarına göre; civa, arsenik, antimon, gümüş, alüminyum, kobalt, krom, nikel, kurşun, vanadyum, titanyum, uranyum, molibden ve kadmiyum elementleri ölçülebilir limitin altında çıkmıştır. Civa ve kadmiyum gibi canlılar için toksik olan elementlerin oldukça düşük olması bölgenin ağır metal kirliliğinin ekosistem için risk oluşturmadığını göstermektedir. Ayrıca deniz suyunun magnezyum ve kalsiyum açısından zengin olduğu görülmektedir.

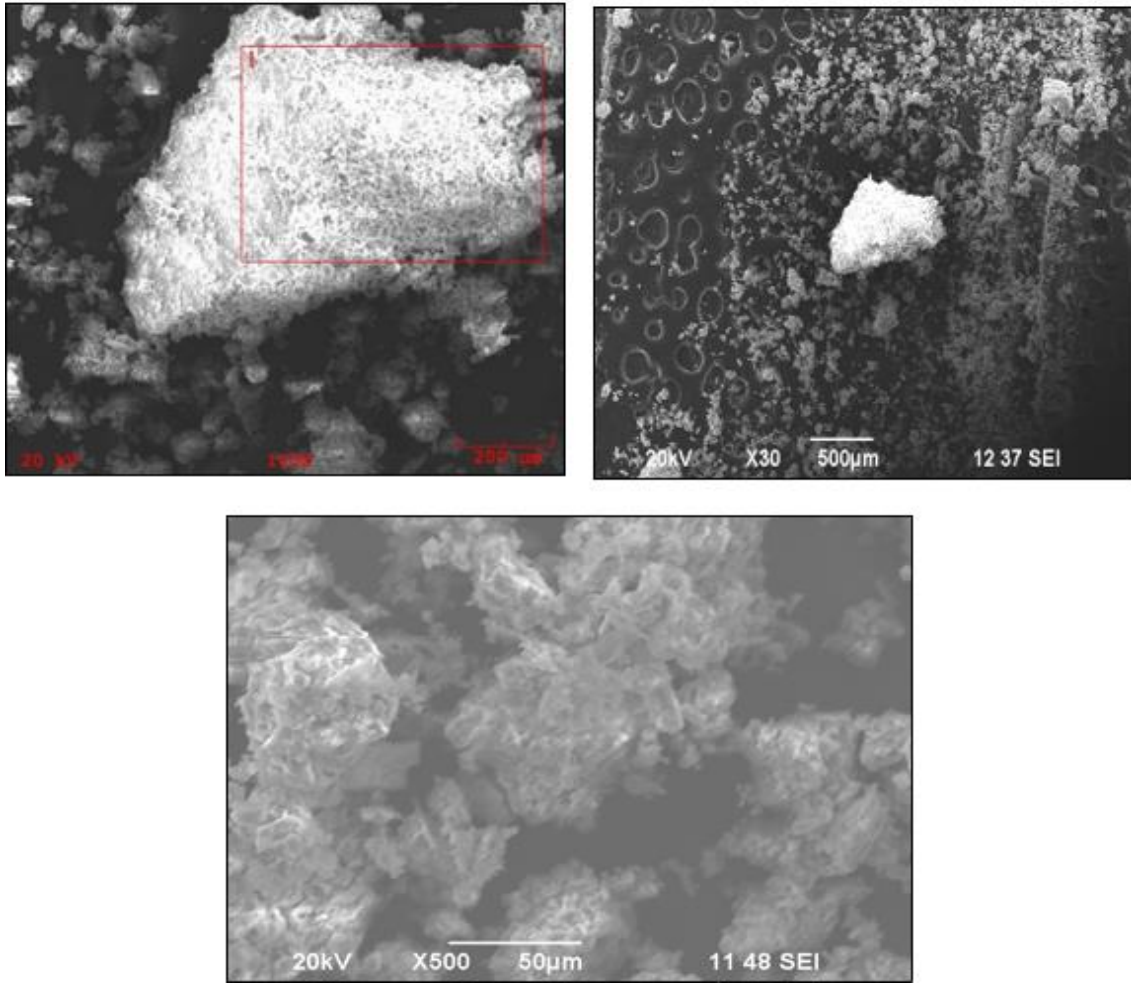
Elde edilmiş olan sonuçlar, resmî gazetede yayınlanmış olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri ile karşılaştırılmıştır. Kriterlere göre bakır, kadmiyum, krom, kurşun, nikel, çinko, civa, arsenik ve amonyak konsantrasyonları sırasıyla 0.01 mg/L, 0.01 mg/L, 0.1 mg/L, 0.1 mg/L, 0.1 mg/L, 0.1 mg/L, 0.004 mg/L, 0.1 mg/L ve 0.02 mg/L'dir [132]. Bu kriterlere göre Altınova tersaneler bölgesinden alınan örneklerin ağır metal konsantrasyonları oldukça düşük seviyelerde veya ölçüm limitlerinin altındadır.

7.6 SEM-EDAX Sonuçlarının Değerlendirilmesi

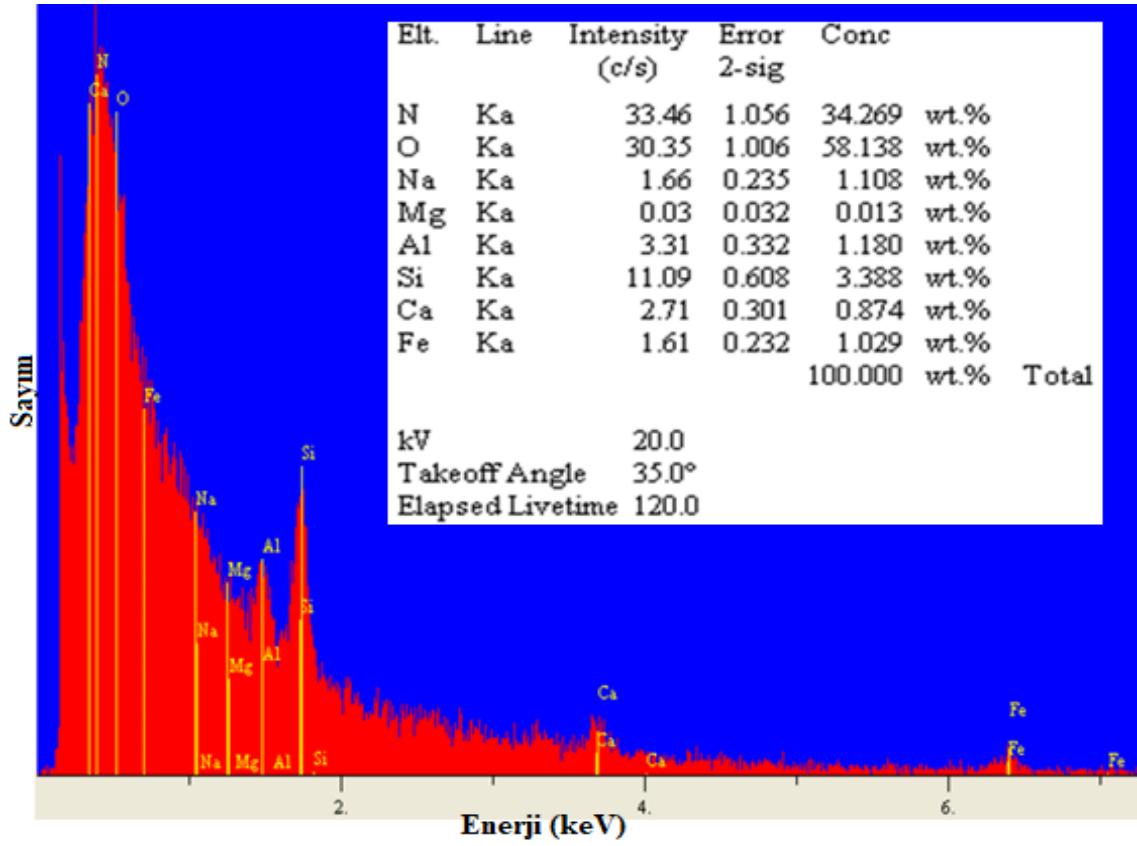
Sedimentlerin SEM görüntüleri alınırken tüm örneklerin çalışma koşullarının standart tutulması amacıyla görüntüleme süresince ivmelendirme voltajı 20 kV olarak seçilmiştir.

Sedimentler sırayla çeşitli büyütmeler yapılarak topografik olarak incelenmiştir. Taramalı elektron mikroskobuna yerleştirilen sediment örnekleri, 50 µm boyutuna kadar odaklanarak incelenebilmiştir. SEM görüntüleri alınan örneklerin daha sonra EDAX analizleri gerçekleştirilmiştir.

ALT-2 adlı numunede büyütme yapılarak SEM görüntüsü elde edilmiştir (şekil 7.4). Ardından EDAX analizi sonucunda örneğin elementel kompozisyonu incelenmiştir. (şekil 7.5).

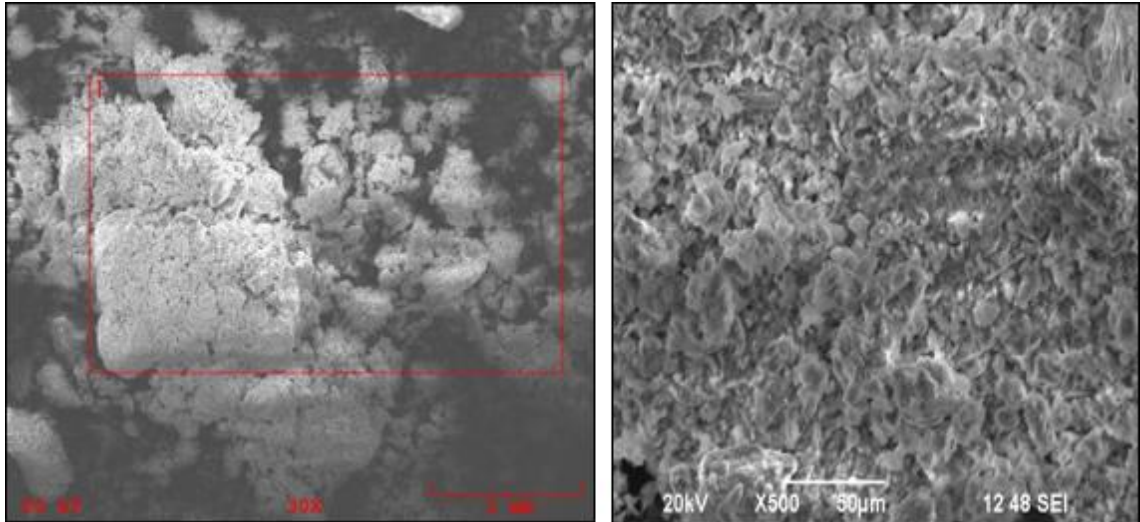


şekil 7.4 ALT-2 adlı rneęin SEM görüntüleri

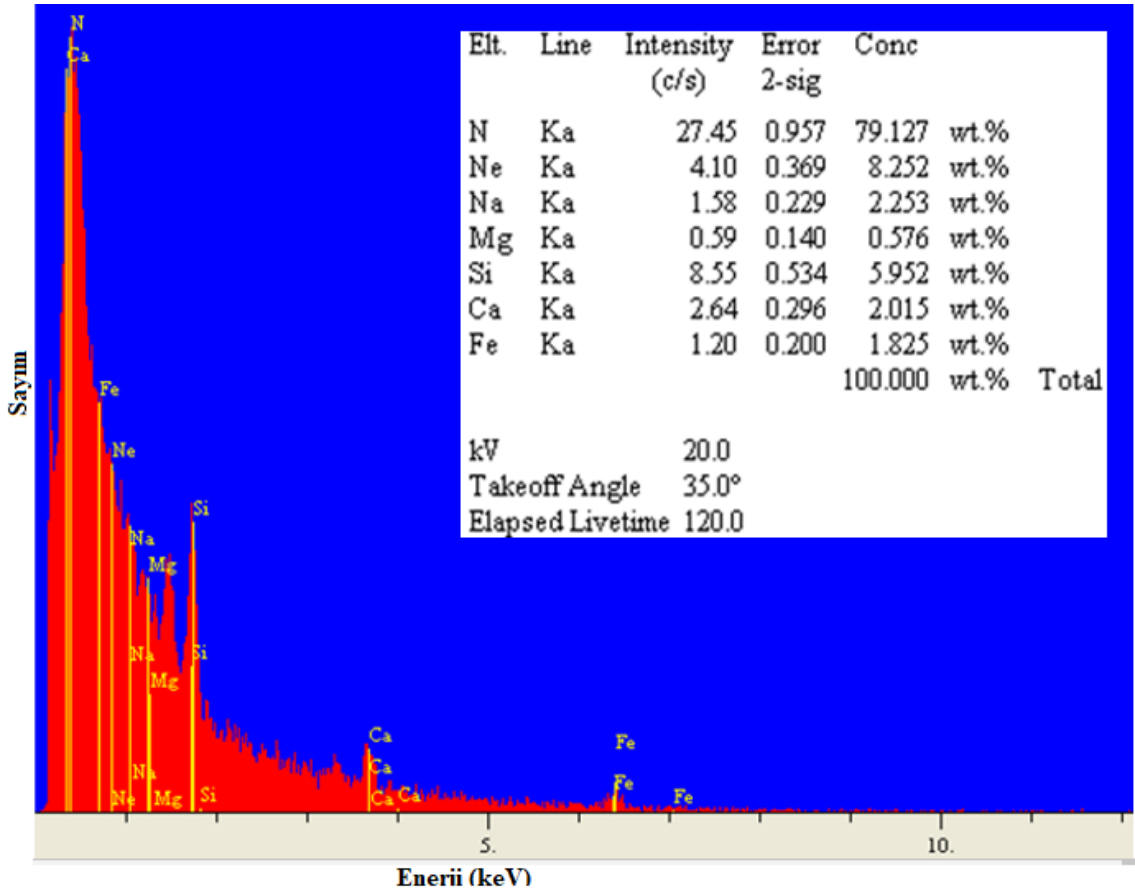


Şekil 7.5 ALT-2 adlı örneğin EDAX analizi sonucu

ALT-3 adlı numunede büyütme yapılarak SEM görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 7.6). Ardından EDAX analizi sonucunda örneğin elementel kompozisyonu incelenmiştir. (Şekil 7.7).

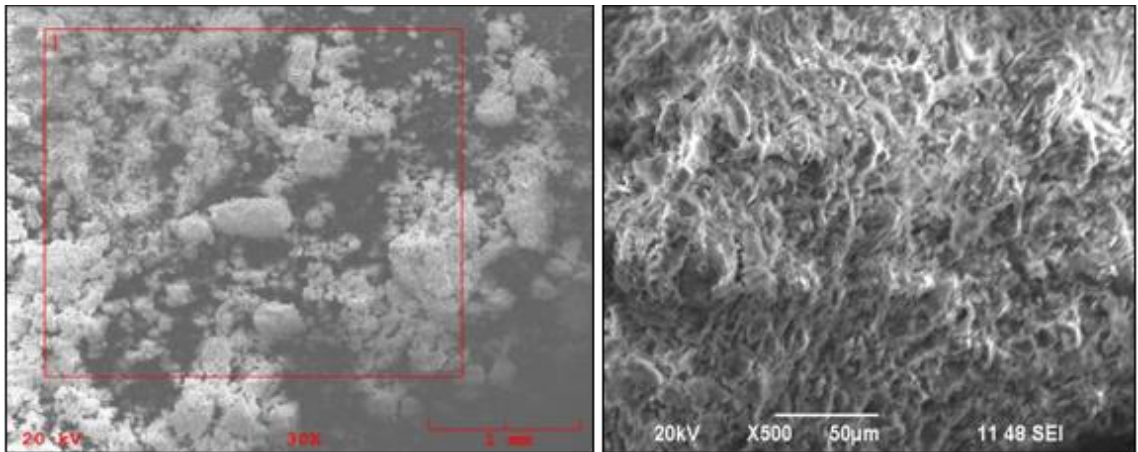


Şekil 7.6 ALT-3 adlı örneğin SEM görüntüleri

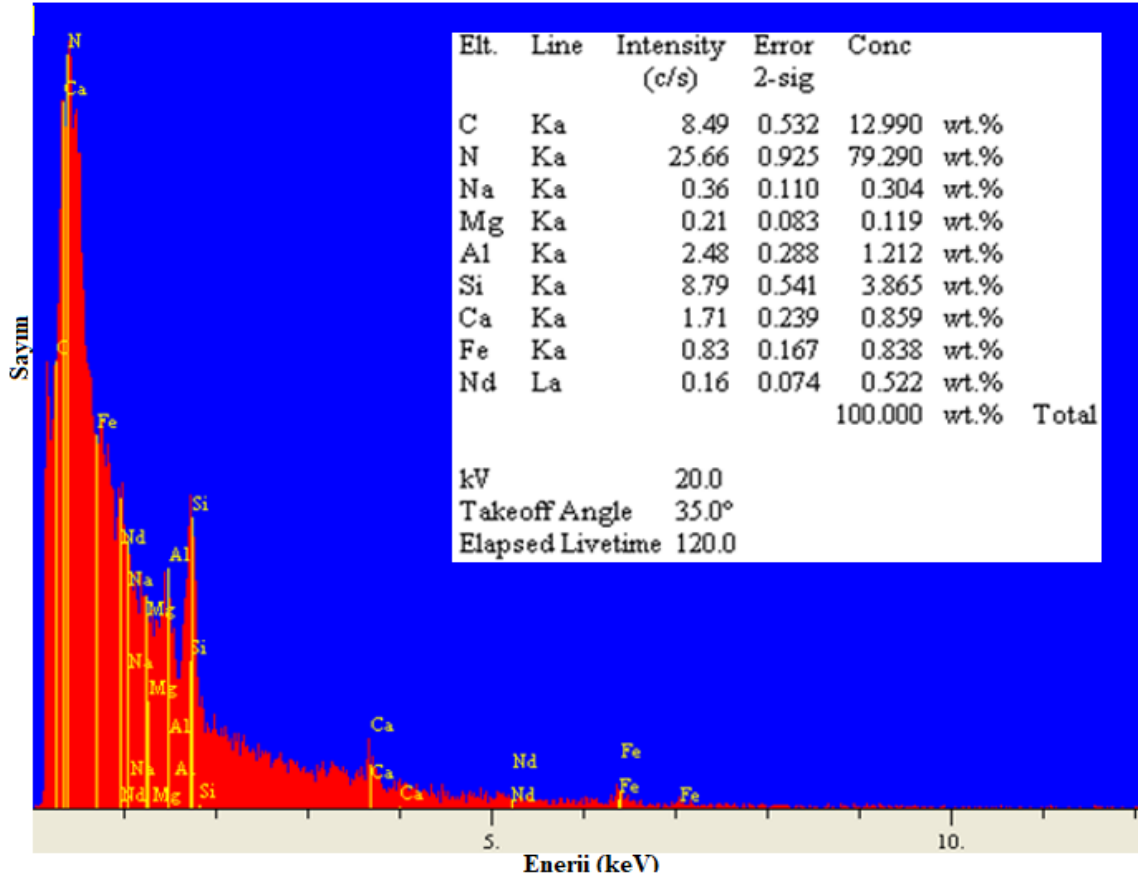


Şekil 7.7 ALT-3 adlı örneğin EDAX analizi sonucu

ALT-4 adlı numunede büyütme yapılarak SEM görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 7.8). Ardından EDAX analizi sonucunda örneğin elementel kompozisyonu incelenmiştir. (Şekil 7.9).

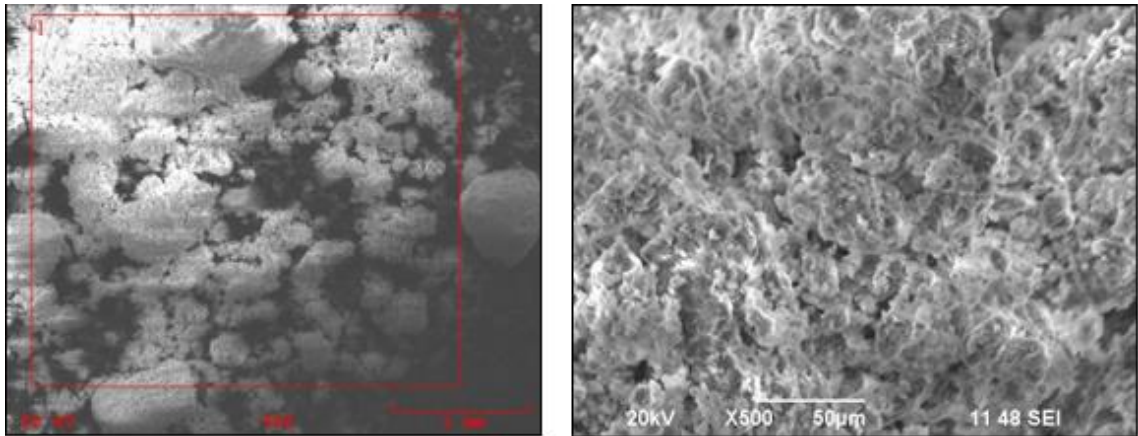


Şekil 7.8 ALT-4 adlı örneğin SEM görüntüleri

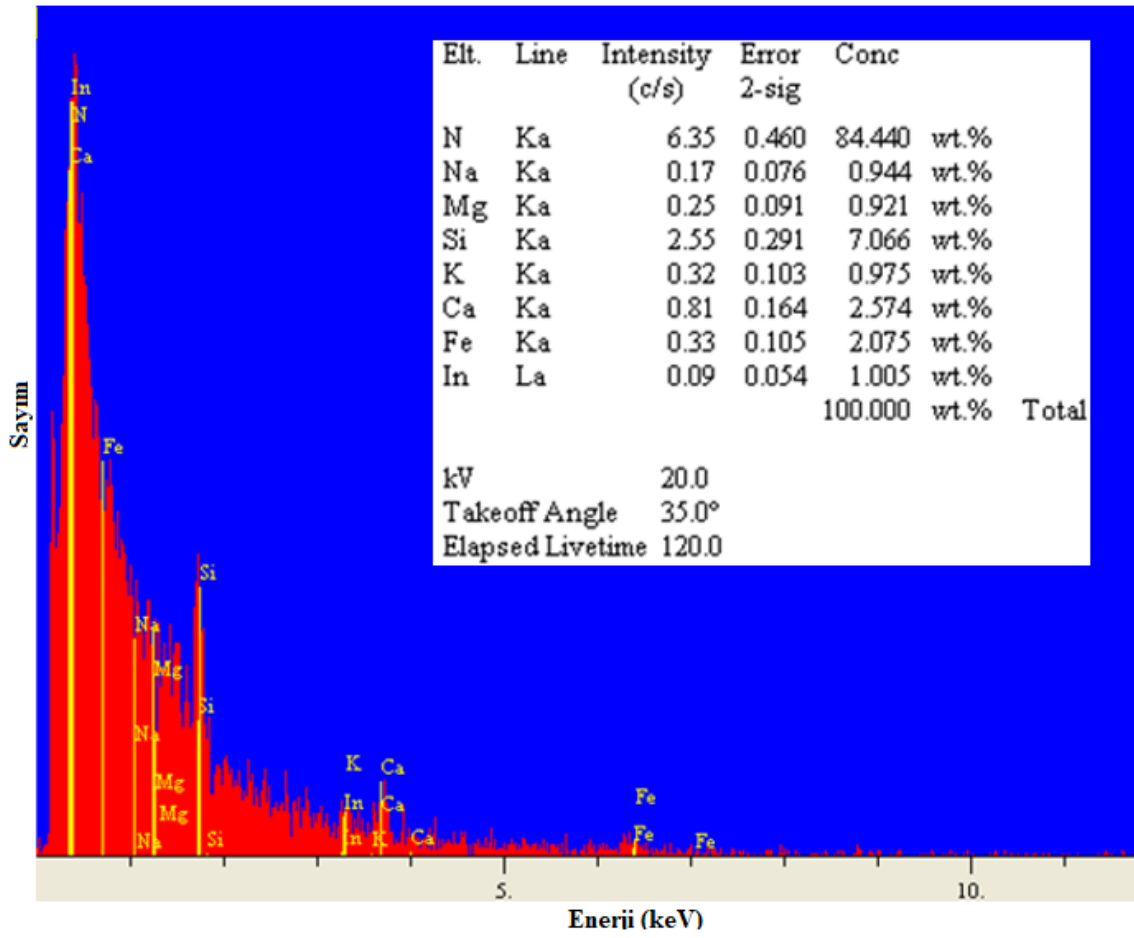


Şekil 7.9 ALT-4 adlı örneğin EDAX analizi sonucu

ALT-5 adlı numunede büyütme yapılarak SEM görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 7.10). Ardından EDAX analizi sonucunda örneğin elementel kompozisyonu incelenmiştir. (Şekil 7.11).

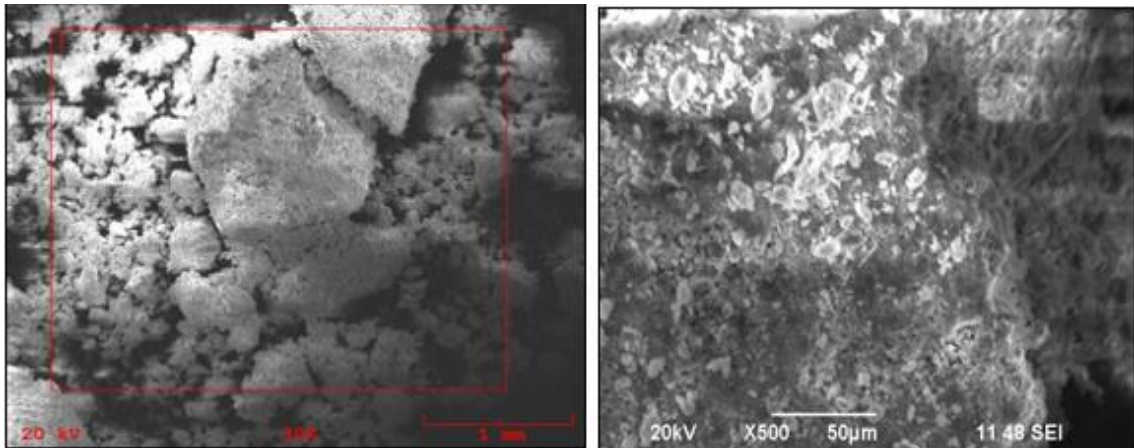


Şekil 7.10 ALT-5 adlı örneğin SEM görüntüleri

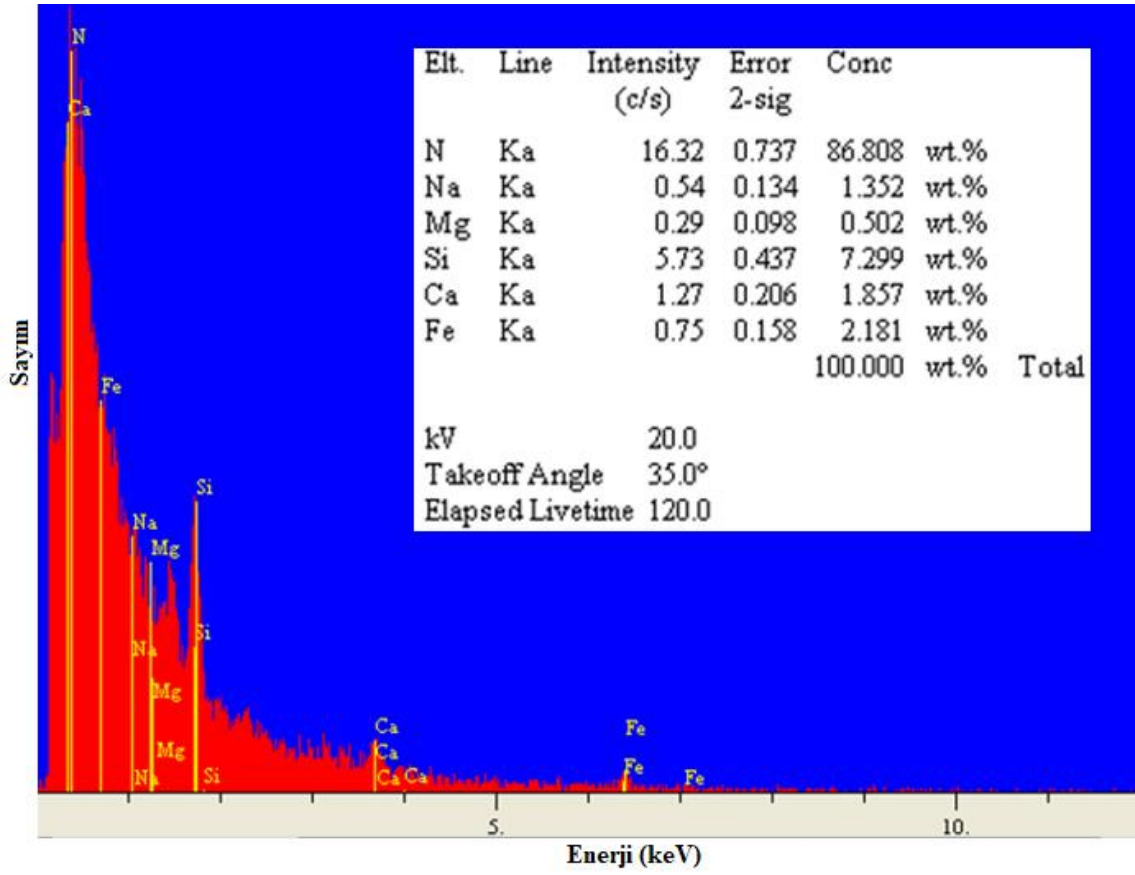


Şekil 7.11 ALT-5 adlı örneğin EDAX analizi sonucu

ALT-6 adlı numunede büyütme yapılarak SEM görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 7.12). Ardından EDAX analizi sonucunda örneğin elementel kompozisyonu incelenmiştir. (Şekil 7.13).

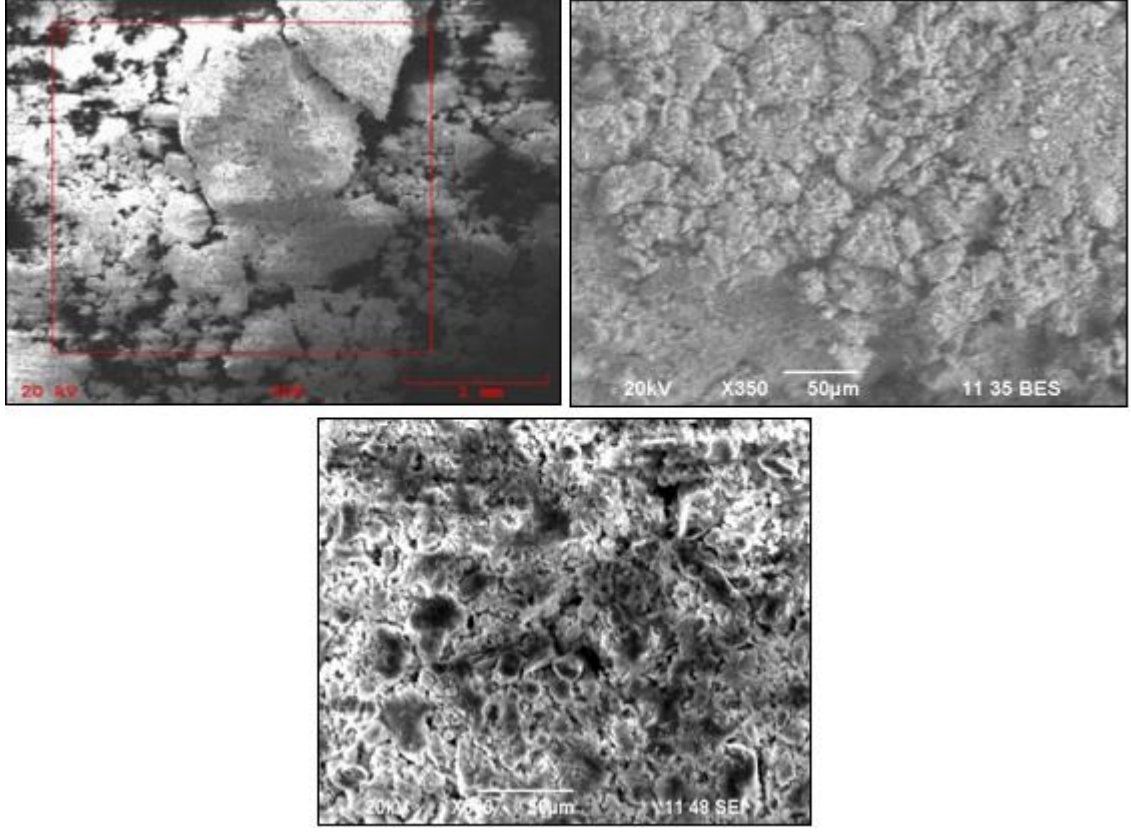


Şekil 7.12 ALT-6 adlı örneğin SEM görüntüsü

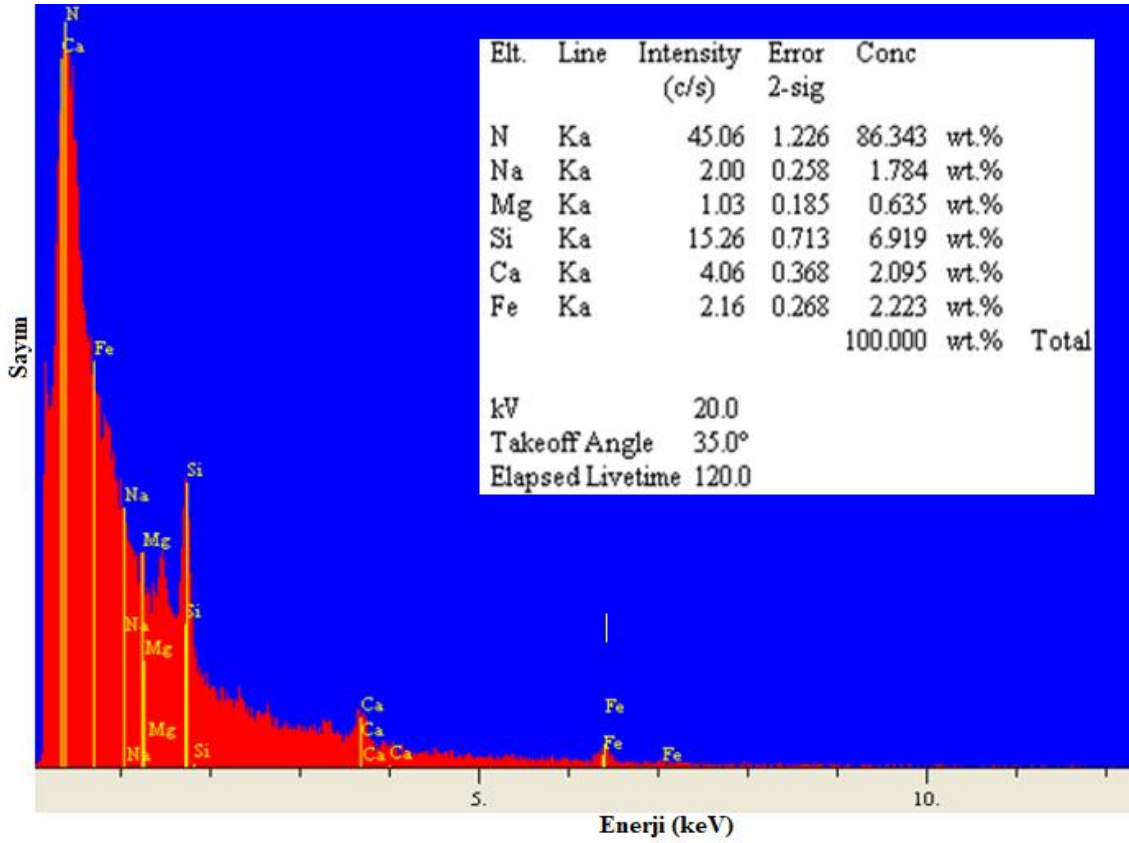


Şekil 7.13 ALT-6 adlı örneğin EDAX analizi sonucu

ALT-8 adlı numunede büyütme yapılarak SEM görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 7.14). Ardından EDAX analizi sonucunda örneğin elementel kompozisyonu incelenmiştir. (Şekil 7.15).



Şekil 7.14 ALT-8 adlı örneğin SEM görüntüleri



Şekil 7.15 ALT-8 adlı örneğin EDAX analizi sonucu

Çalışmanın bu kısmında sediment numunelerinin sayım yoğunluğu ve elementel ağırlık yüzdeleri (%wt) SEM ve EDAX analizleri ile ortaya koyulmuştur. Analizler sırasında her bir numune için farklı olarak seçilmiş olan element gruplamalarının birbirlerine göre durumları incelenmiştir.

ALT-6 ve ALT-8 adlı numunelerin analizinde seçilen elementler sabit tutularak karşılaştırılmıştır. ALT-8 adlı numunenin elementel bolluğunun daha yüksek olduğu görülmüştür.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek sayım alınan element azot (N) olarak belirlenmiştir. Sedimentlerin bir kısmının organik materyallerden oluşması ve organik malzemelerin yapısında bulunan proteinlerin yapısında azot olması bu durumu açıklamaktadır. Ayrıca çalışma bölgesinin hinterlandında bulunan geniş tarım arazilerinde kullanılan gübrelerden de kaynaklanmış olabileceği düşünülebilir.

Sonuçlarda göze çarpan diğer bir element de silisyum (Si)'dir. Silisyum doğada en bol bulunan elementlerden biridir. Yer kabuğunun ağırlık olarak %27,7'si silisyumdan oluşmaktadır. Bitkiler için hayati öneme sahip olan Silisyum, tarım arazilerinde kaliteli ürün üretilmesi amacıyla gübrelerde kullanılmaktadır. Sedimentlerin içeriğinde tespit

edilen silisyumun bir kısmının gübrelerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [133].

ALT-4 adlı sedimentin elementel kompozisyonunda neodimyum (Nd) elementinin bulunma yüzdesi incelenmiştir. Neodimyum elementi nadir toprak elementlerinden biridir. SEM sonuçlarına göre yoğunluğu 0.16 sayım/s olarak hesaplanmıştır [134].

SEM görüntüleri topoğrafik özellikleri bakımından incelendiğinde ise sedimentlerin standart element bileşimlerinden oluşmamasının, görüntülerin karmaşık bir yapıda bulunmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır.

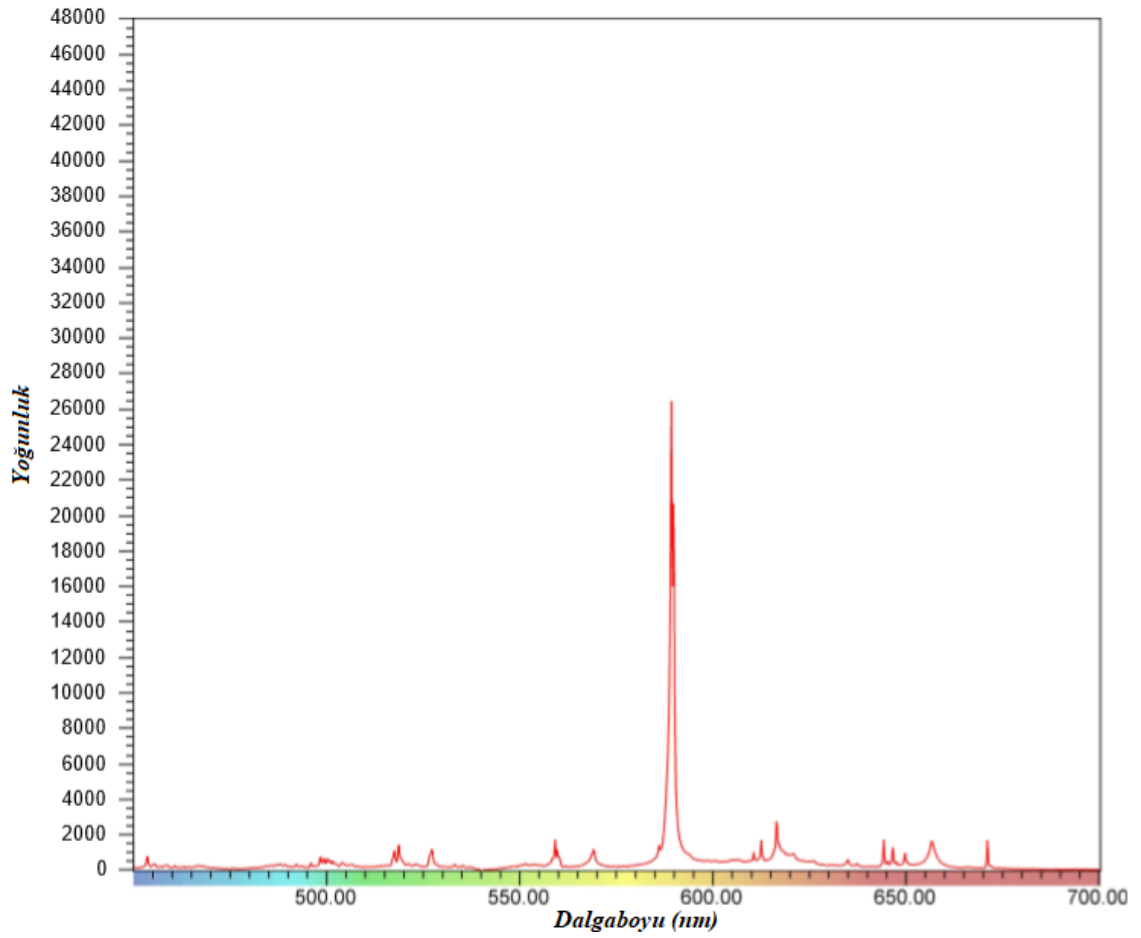
7.7 LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) Sonuçları

LIBS tekniği ile sediment numunelerinin seçilen elementler için eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği hesaplanmıştır. Her numune için element analizi yapılarak dalga boyuna bağlı spektrumlar elde edilmiş ve elde edilen pikler incelenmiştir.

ALT-2 adlı örneğin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği Şekil 7.16’da gösterilmiştir. ALT-2 sedimentinin LIBS spektrumu Şekil 7.17’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Element	Match (%)	Match Certainty
Sodium (Na)	91	
Silicon (Si)	91	
Magnesium (Mg)	91	
Potassium (K)	86	
Calcium (Ca)	83	
Barium (Ba)	79	
Aluminium (Al)	72	
Nitrogen (N)	64	
Strontium (Sr)	63	
Oxygen (O)	59	
Zinc (Zn)	28	

Şekil 7.16 ALT-2 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği



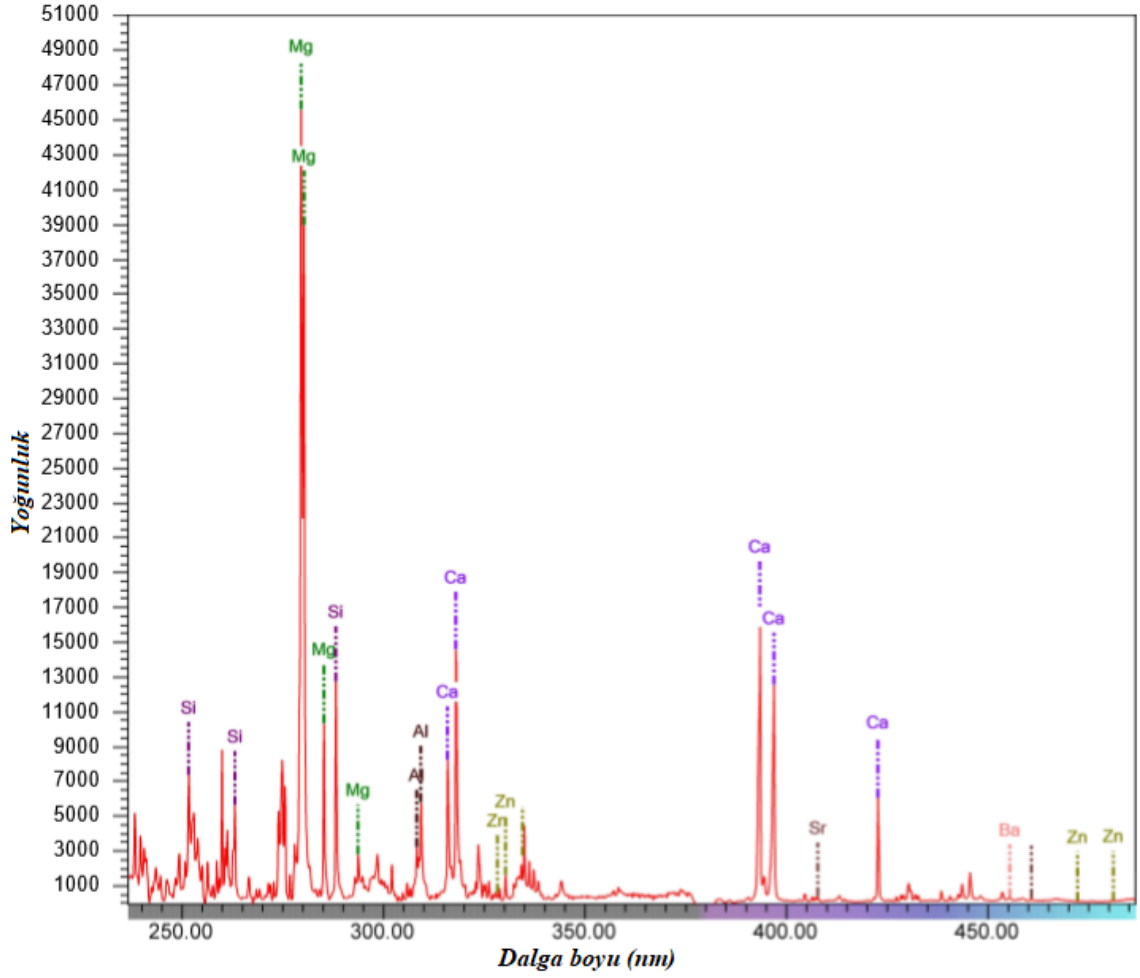
Şekil 7.17 ALT-2 adlı örneğin LIBS spektrumu

ALT-3 adlı numunenin seçilen elementler bazında eşleşme yüzdeleri ve eşleşme kesinlikleri Şekil 7.18'deki gibi hesaplanmıştır.

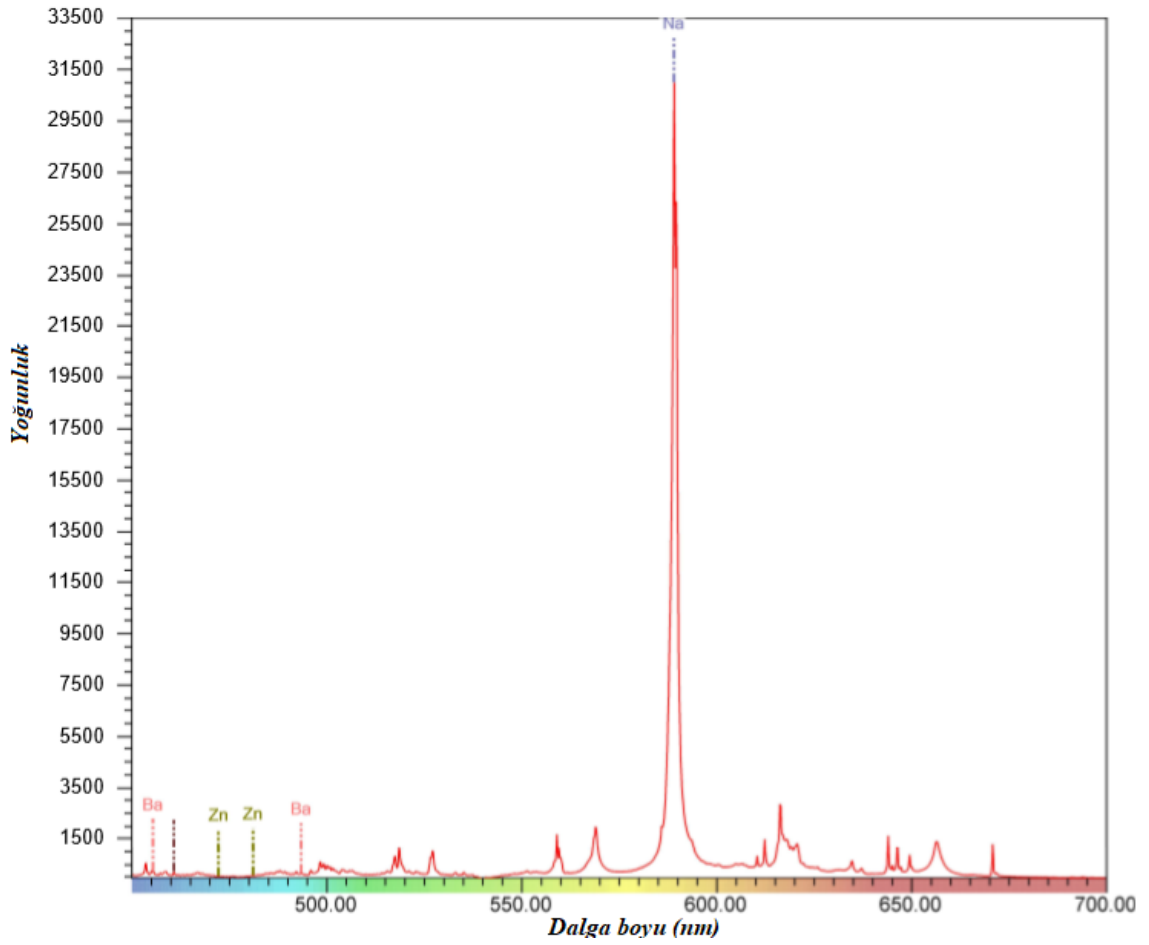
Element	Match (%)	Match Certainty
Sodium (Na)	94	
Magnesium (Mg)	90	
Silicon (Si)	88	
Potassium (K)	85	
Calcium (Ca)	82	
Strontium (Sr)	76	
Aluminium (Al)	67	
Barium (Ba)	66	
Oxygen (O)	60	
Nitrogen (N)	56	
Zinc (Zn)	35	

Şekil 7.18 ALT-3 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği

ALT-3 adlı numunenin 250 nm ile 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu Şekil 7.19’da görülmektedir. 500 nm ve 700 nm aralığı ise 7.20’de gösterilmiştir.



Şekil 7.19 ALT-3 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu



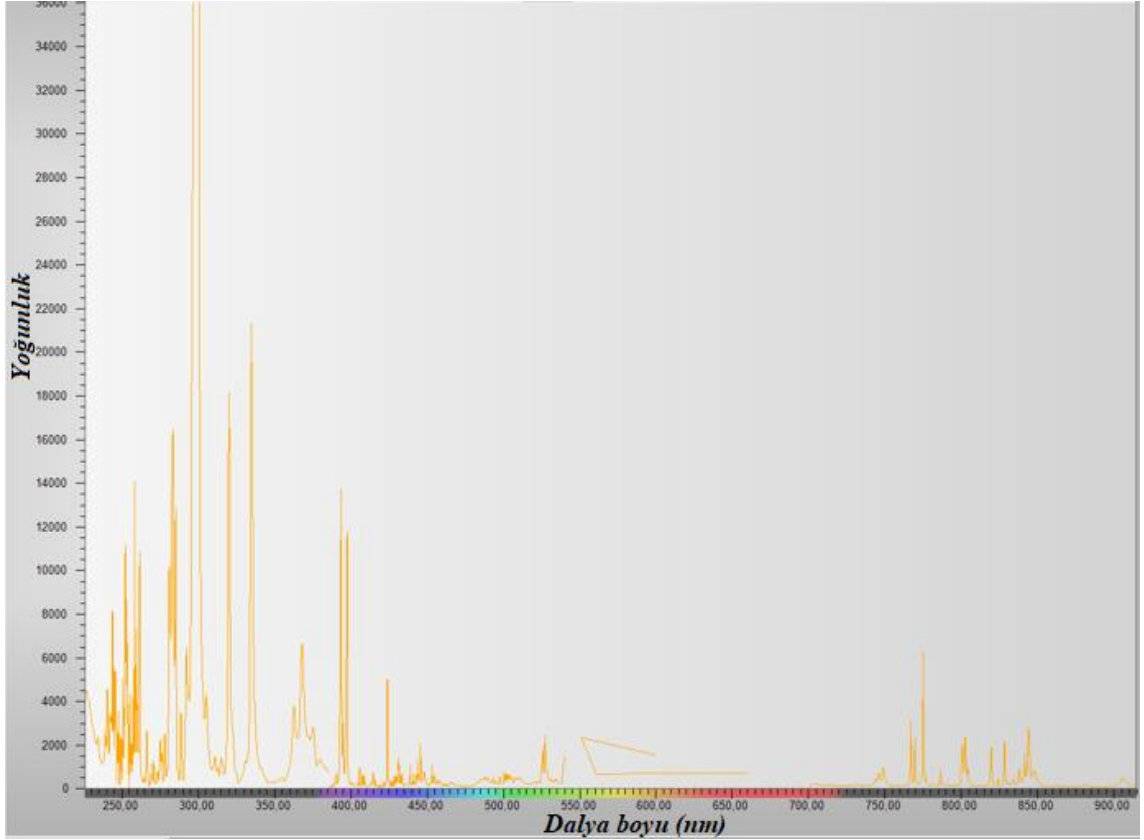
Şekil 7.20 ALT-3 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu

ALT-4 adlı numunenin seçilen elementler bazında eşleşme yüzdeleri ve eşleşme kesinlikleri Şekil 7.21'deki gibi hesaplanmıştır.

Öge	Eşleşme (%)	Eşleşme Kesinliği
Chlorine (Cl)	72	
Gallium (Ga)	71	
Silicon (Si)	60	
Potassium (K)	50	
Iron (Fe)	46	
Barium (Ba)	37	
Calcium (Ca)	32	
Titanium (Ti)	22	

Şekil 7.21 ALT-3 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği

ALT-4 numaralı numunenin LIBS spektrumu Şekil 7.22'de verilmiştir.



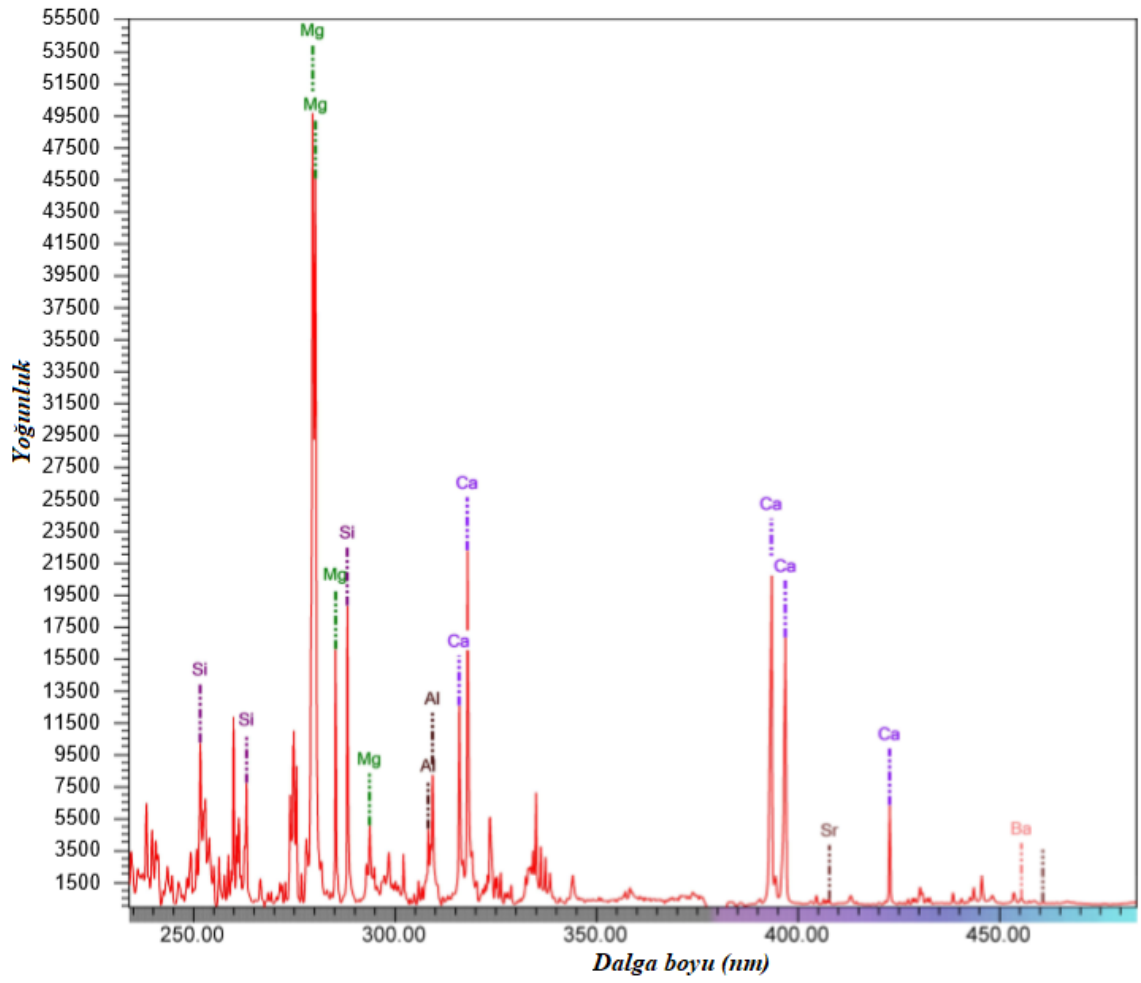
Şekil 7.22 ALT-4 adlı örneğin dalga boyu dağılımlı spektrumu

ALT-5 adlı numunenin seçilen elementler bazında eşleşme yüzdeleri ve eşleşme kesinlikleri Şekil 7.23'deki gibi hesaplanmıştır.

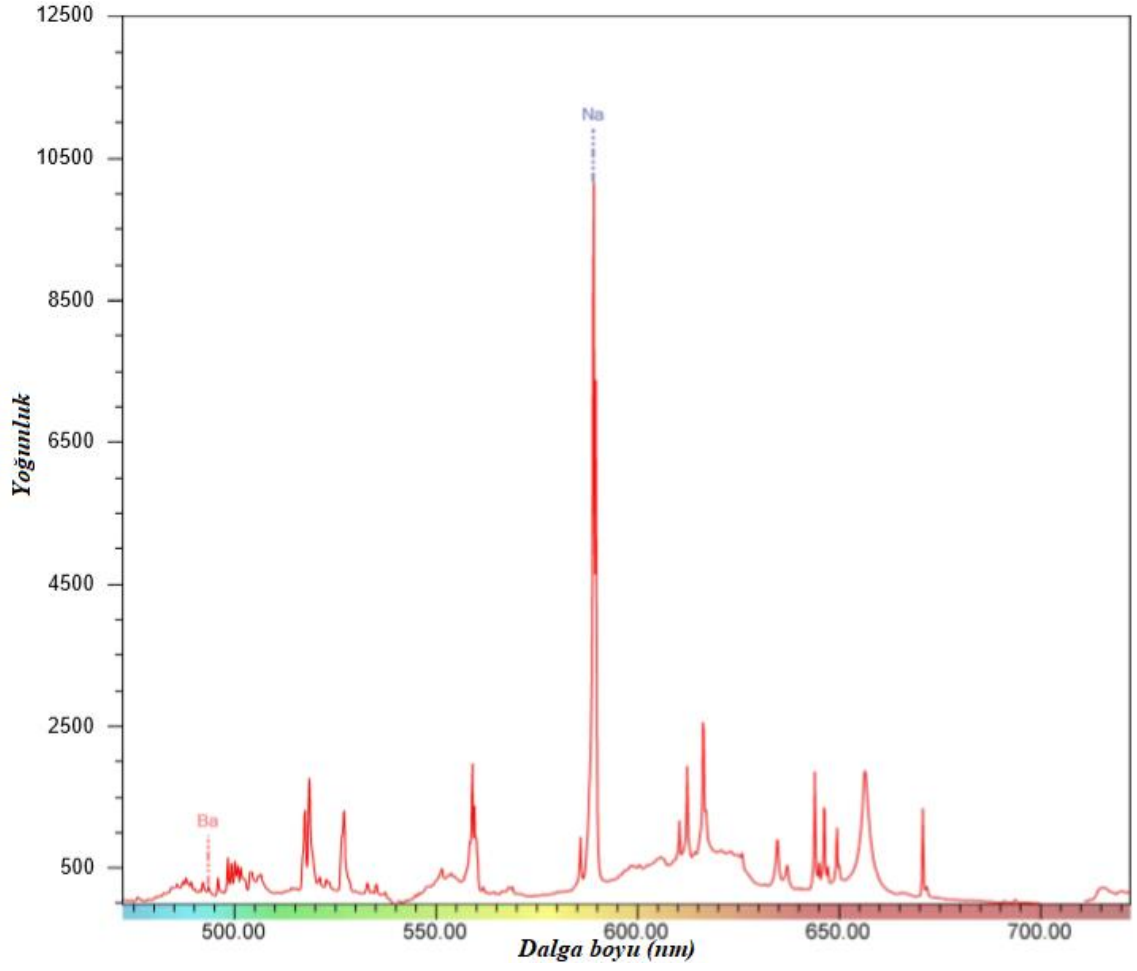
Element	Match (%)	Match Certainty
Silicon (Si)	90	
Magnesium (Mg)	89	
Potassium (K)	86	
Calcium (Ca)	83	
Strontium (Sr)	78	
Barium (Ba)	77	
Sodium (Na)	71	
Aluminium (Al)	70	
Nitrogen (N)	67	
Oxygen (O)	59	

Şekil 7.23 ALT-5 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği

ALT-5 numaralı numunenin 250 nm ile 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu Şekil 7.24'de görülmektedir. 500 nm ve 700 nm aralığı ise 7.25'de gösterilmiştir.



Şekil 7.24 ALT-5 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu



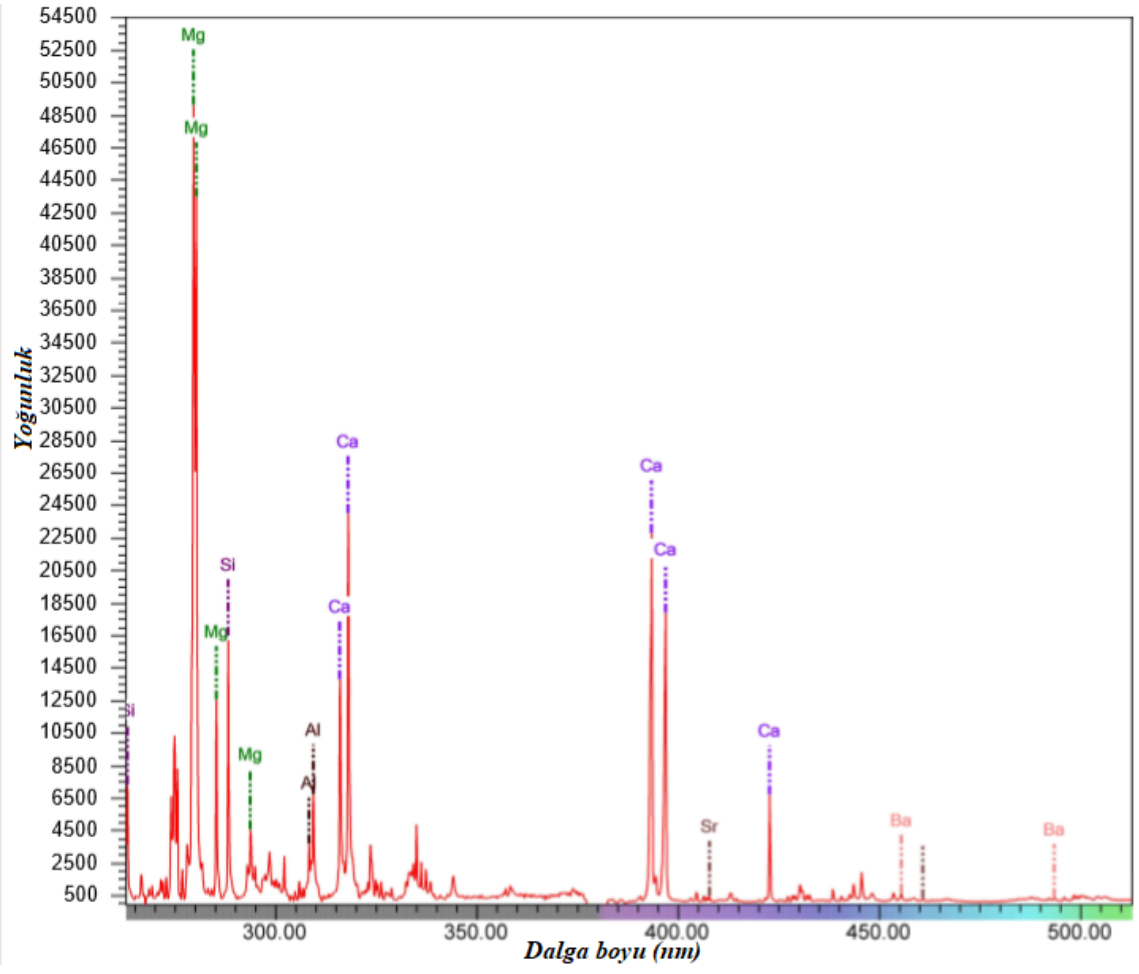
Şekil 7.25 ALT-5 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu

ALT-6 adlı numunenin seçilen elementler bazında eşleşme yüzdeleri ve eşleşme kesinlikleri Şekil 7.26'daki gibi hesaplanmıştır.

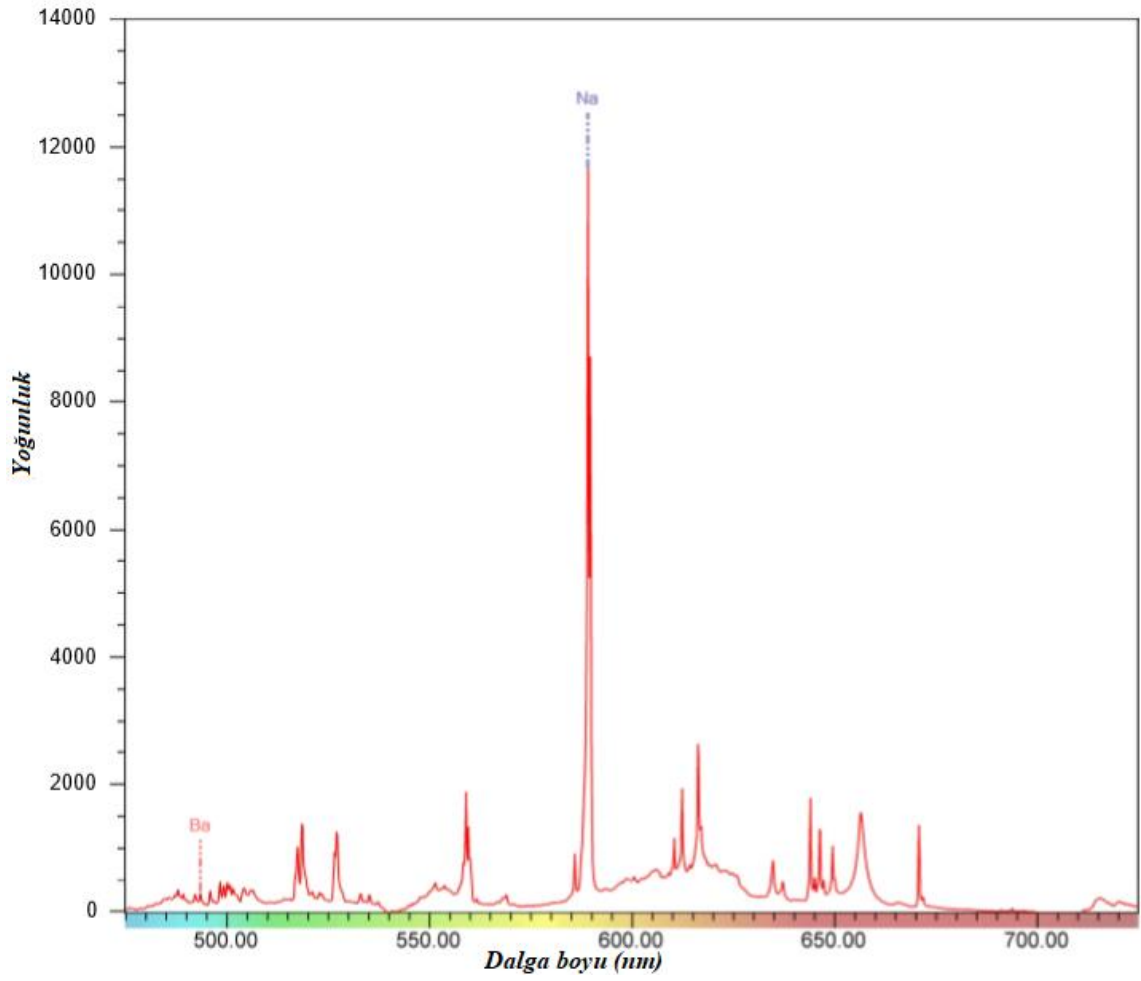
Element	Match (%)	Match Certainty
Barium (Ba)	92	
Silicon (Si)	90	
Magnesium (Mg)	89	
Potassium (K)	87	
Calcium (Ca)	82	
Strontium (Sr)	77	
Sodium (Na)	72	
Nitrogen (N)	69	
Aluminium (Al)	69	
Oxygen (O)	61	

Şekil 7.26 ALT-6 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği

ALT-6 numaralı numunenin 250 nm ile 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu Şekil 7.27’de görülmektedir. 500 nm ve 700 nm aralığı ise 7.28’de gösterilmiştir.



Şekil 7.27 ALT-6 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu



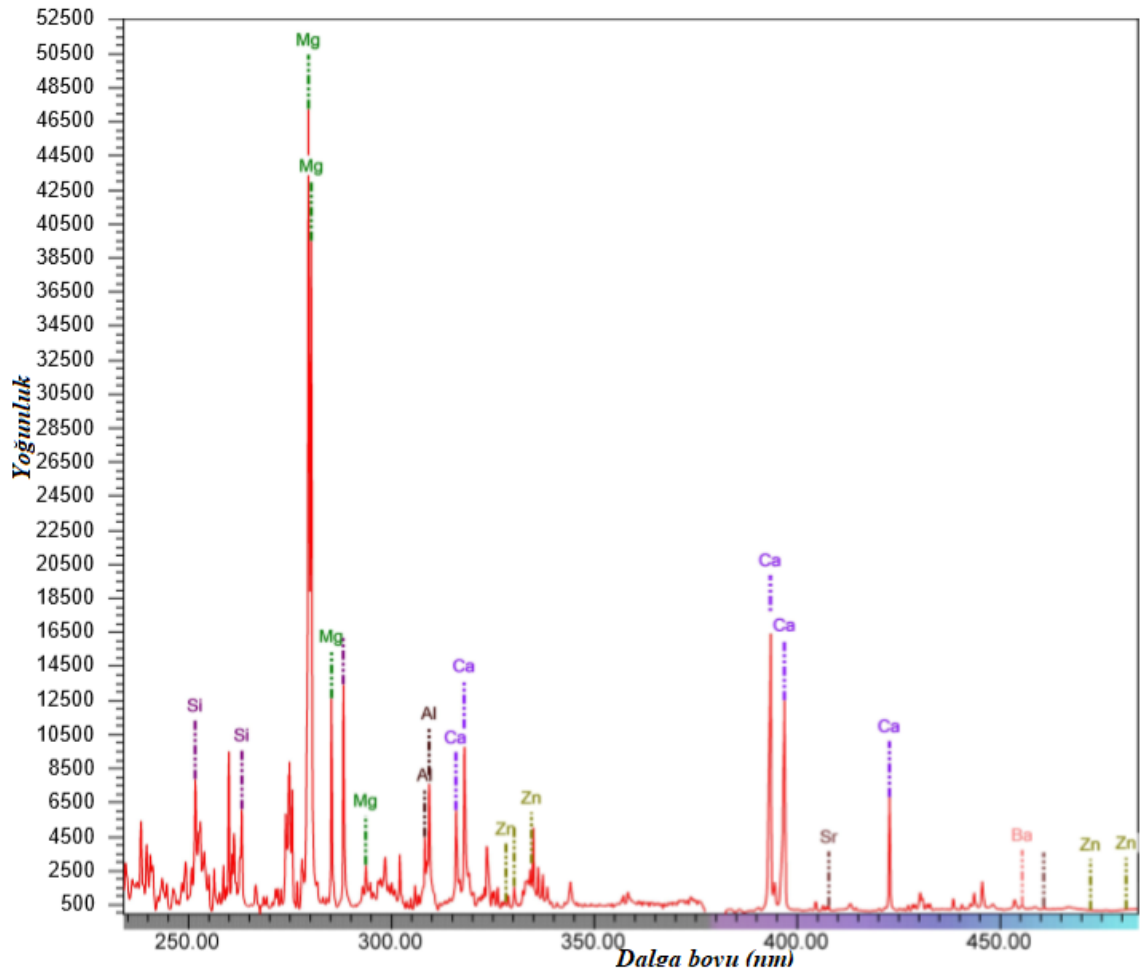
Şekil 7.28 ALT-6 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu

ALT-8 adlı numunenin seçilen elementler bazında eşleşme yüzdeleri ve eşleşme kesinlikleri Şekil 7.29'daki gibi hesaplanmıştır.

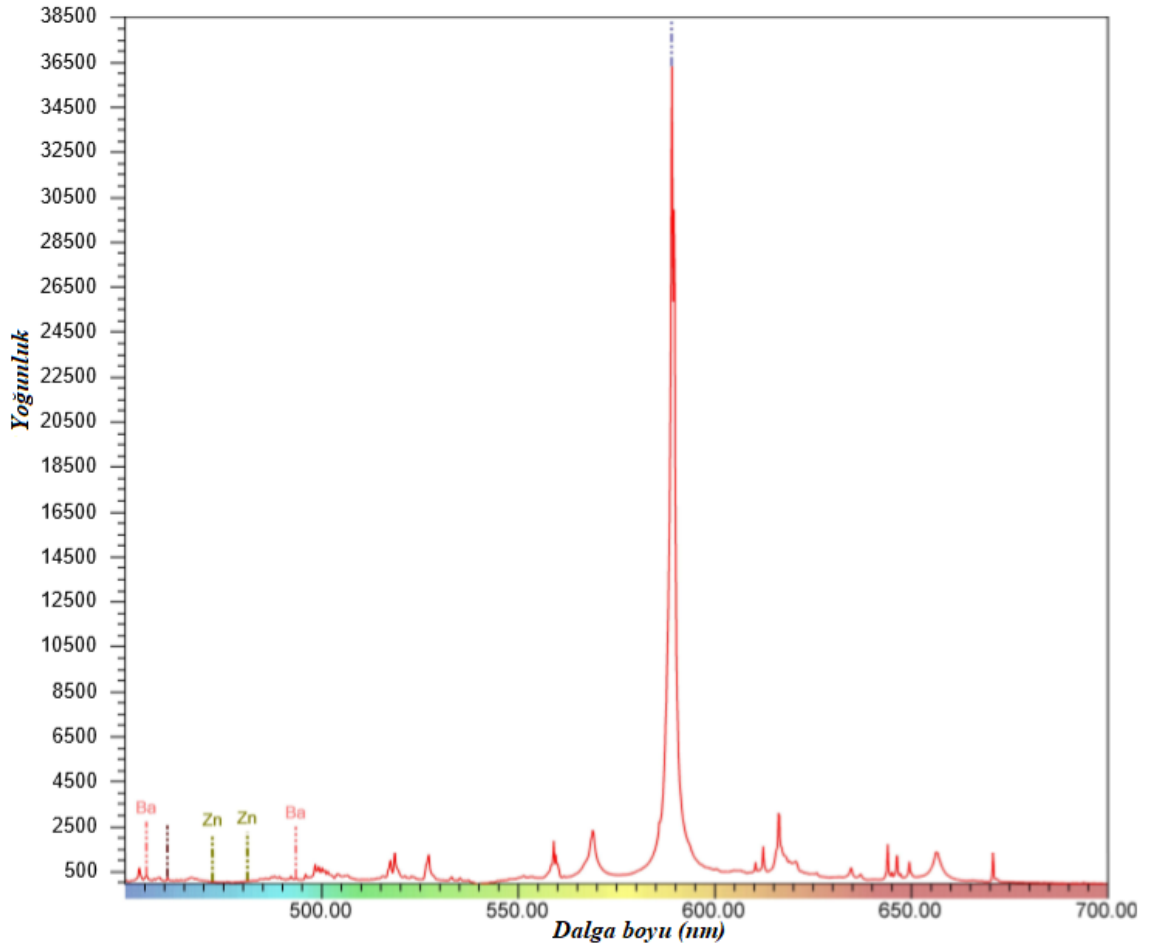
Element	Match (%)	Match Certainty
Sodium (Na)	94	
Magnesium (Mg)	90	
Silicon (Si)	88	
Potassium (K)	88	
Barium (Ba)	82	
Calcium (Ca)	82	
Strontium (Sr)	71	
Aluminium (Al)	71	
Nitrogen (N)	64	
Oxygen (O)	60	
Zinc (Zn)	37	

Şekil 7.29 ALT-8 adlı numunenin eşleşme yüzdesi ve eşleşme kesinliği

ALT-8 adlı numunenin 250 nm ile 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu Şekil 7.30'da görülmektedir. 500 nm ve 700 nm aralığı ise 7.31'da gösterilmiştir.



Şekil 7.30 ALT-8 adlı örneğin 250 nm - 500 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu



Şekil 7.31 ALT-8 adlı örneğin 500 nm - 700 nm dalga boyu aralığındaki spektrumu

LIBS ile yapılan analizlerde elde edilen elementel sonuçların, XRF sonuçları ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

7.8 Sonuç

Altınova tersaneler bölgesinde yapılan bu çalışmada bölgenin radyoaktivitesi ve ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Bölgede yapılmakta olan tersanecilik faaliyetleri sonucu bölgede ağır metal kirliliği oluşmuş olabileceği düşünülmüştür. Ancak ağır metal konsantrasyonlarının yüksek seviyelerde olmadığı izlenmiştir. Bölgenin geri kısmında yer alan tarım arazileri ve tarım arazilerinde kullanılan gübrelerin içeriğindeki maddelerin zamanla deniz ekosistemine karışmış olabileceği öngörülmüştür. EDAX analizlerinde dikkat çeken azotun miktarının azotlu gübrelerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Bölgenin radyonüklid konsantrasyonları incelendiğinde Türkiye’de araştırılmış olan farklı bölgelerin radyasyon seviyesinin üzerinde veya altında seyretmediği görülmüştür.

Ayrıca Cs-137 radyoizotopunun aktivitesinin yüksek oranlarda çıkmaması da dikkat çekmektedir. Bu durum, söz konusu bölgenin geçmişte yapılmış olan nükleer denemelerden etkilenmediğini ortaya çıkarmıştır. Radyoaktif kirlilik ve doğal background seviyelerinin tespiti için yapılan bu çalışmada saptanan sonuçlar göz önüne alındığı takdirde bölge için endişe gerektirecek bir durumun olmadığı kanısına varılmıştır.

Tersaneler bölgesinde yapılan bu çalışmanın sonuçları, bölgede ağır metal ve radyoaktif kirlilik söz konusu olmadığını göstermiştir. Kıyı boyunca yapılan tersanecilik faaliyetlerinden ve son yıllarda bölgede oluşmuş endüstriyel yoğunlaşmadan bölge ekosisteminin zarar görmediği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Xia, Z., Weniek, J. J. ve Leipe, T., (2013). “Anthropogenic Fingerprint in Beibu Gulf (South China Sea) Sediments”, *Journal of Coastal Research*, 66(sp1):72-90.
- [2] Kucuksezgin, F., Kontas, A., Altay, O. ve Uluturhan, E., (2006). “Assessment of Marine Pollution in Izmir Bay: Nutrient, Heavy Metal and Total Hydrocarbon Concentrations”, *Environment International*, 32(1):41-51.
- [3] Baltas, H., Kiris, E. ve Sirin, M., (2017). “Determination of Radioactivity Levels and Heavy Metal Concentrations in Seawater, Sediment and Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) From the Black Sea in Rize, Turkey”, *Marine pollution bulletin*, 116(1-2):528-533.
- [4] El Nemr, A., El-Said, G. F., Khaled, A., ve Ragab, S., (2016). “Distribution and Ecological Risk Assessment of Some Heavy Metals in Coastal Surface Sediments Along the Red Sea, Egypt”, *International Journal of Sediment Research*, 31(2):164-172.
- [5] Chand, V. ve Prasad, S., (2013). “ICP-OES Assessment of Heavy Metal Contamination in Tropical Marine Sediments: a Comparative Study of Two Digestion Techniques”, *Microchemical Journal*, 111:53-61.
- [6] Buccolieri, A., Buccolieri, G., Candellicchio, N., Dell’Atti, A., Di Leo, A. ve Maci, A., (2006). “Heavy Metals in Marine Sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, southern Italy)”, *Marine chemistry*, 99(1-4), 227-235.
- [7] Yaşar, D., Aksu, A. E. ve Uslu, O., (2001). “Anthropogenic Pollution in Izmit Bay: Heavy Metal Concentrations in Surface Sediments”, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25(4):299-313.
- [8] Pekey, H. (2006). “Heavy metal pollution assessment in sediments of the Izmit Bay, Turkey”, *Environmental monitoring and Assessment*, 123(1-3):219-231
- [9] Pazi, I. (2011). “Assessment of heavy metal contamination in Candarli Gulf sediment, Eastern Aegean Sea”, *Environmental monitoring and assessment*, 174(1-4):199-208.
- [10] Meriç, E., Avcı, N., Yokeş, M. B., Tuğrul, A. B., Bayarı, S., Özyurt, N., Barut, İ. F., Balkis, N., Uysal, K. ve Kam, E., (2008). “Morphological Abnormalities in Benthic Foraminifers of The Antalya Coast”, *Micropaleontology*, 241-276.

- [11] Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A. ve Doğru, M., (2004). “Concentrations of Heavy Metal and Radioactivity in Surface Water and Sediment of Hazar Lake (Elâzığ, Turkey)”, *Chemosphere*, 55(3):401-408.
- [12] Kam, E., Yümün, Z. Ü. ve Kurt, D., (2017). “Gross Alpha and Gross Beta Activity Concentrations in Sediments in Gulf of Izmir (Eastern Aegean Sea, Turkey)”, *Journal of the Turkish Chemical Society Chemistry A*, 4(3):889-898.
- [13] Zorer, Ö. S., Ceylan, H. ve Doğru, M., (2009). “Gross Alpha and Beta Radioactivity Concentration in Water, Soil and Sediment of The Bendimahi River and Van Lake (Turkey)”, *Environmental monitoring and assessment*, 148(1-4):39-46.
- [14] Küçükömeroğlu, B., Kurnaz, A., Keser, R., Korkmaz, F., Okumuşoğlu, N. T., Karahan, G., Şen, C. ve Çevik, U., (2008). “Radioactivity in Sediments and Gross Alpha–beta Activities in Surface Water of Fırtına River, Turkey”, *Environmental geology*, 55(7):1483-1491.
- [15] Aytaş, Ş. Yusan, S., Aslani, M. A., Karali, T., Turkozu, D.A., Gök, C., Erentürk, S., Gökçe, M. ve Oğuz, K. F., (2012). “Natural Radioactivity of Riverbank Sediments of The Maritza and Tundja Rivers in Turkey”, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47(13):2163-2172.
- [16] Agbalagba, E. O. ve Onoja, R. A. (2011). “Evaluation of Natural Radioactivity in Soil, Sediment and Water Samples of Niger Delta (Biseni) Flood Plain Lakes, Nigeria”, *Journal of Environmental Radioactivity*, 102(7):667-671.
- [17] Kurnaz, A., Küçükömeroğlu, B., Keser, R., Okumuşoğlu, N. T., Korkmaz, F., Karahan, G. ve Çevik, U., (2007). “Determination of Radioactivity Levels and Hazards of Soil and Sediment Samples in Fırtına Valley (Rize, Turkey)”, *Applied Radiation and Isotopes*, 65(11):1281-1289.
- [18] Uosif, M. A. M., (2006). “Gamma-ray Spectroscopic Analysis of Selected Samples From Nile River Sediments in Upper Egypt”, *Radiation Protection Dosimetry*, 123(2):215-220.
- [19] Kabir, K. A., İslam, S. M. A. ve Rahman, M. M., (2009). “Distribution of Radionuclides in Surface Soil and Bottom Sediment in The District of Jessore, Bangladesh and Evaluation of Radiation Hazard”, *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*, 33(1):117-130.
- [20] Kurt, D., Yümün, Z. Ü., Barut, I. F. ve Kam, E., (2016). “Distribution of Gamma Radiation Levels in Core Sediment Samples in Gulf of Izmir: Eastern Aegean Sea, Turkey”, *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*, 10(3):392-396.
- [21] Kam, E., ve Bozkurt, A., (2007). “Environmental Radioactivity Measurements in Kastamonu Region of Northern Turkey”, *Applied Radiation and Isotopes*, 65(4):440-444.
- [22] Kam, E., Bozkurt, A. ve Ilgar, R., (2010). “A Study of Background Radioactivity Level for Çanakkale, Turkey”, *Environmental monitoring and assessment*, 168(1-4):685-690.

- [23] Otansev, P., Karahan, G., Kam, E., Barut, I. ve Taşkın, H., (2011). “Assessment of Natural Radioactivity Concentrations and Gamma Dose Rate Levels in Kayseri, Turkey”, *Radiation protection dosimetry*, 148(2):227-236.
- [24] Barbini, R., Colao, F., Lazic, V., Fantoni, R., Palucci, A. ve Angelone, M., (2002). “On board LIBS analysis of marine sediments collected during the XVI Italian campaign in Antarctica”, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 57(7):1203-1218.
- [25] Hussain, T., ve Gondal, M. A., (2008). “Monitoring and Assessment of Toxic Metals in Gulf War Oil Spill Contaminated Soil Using Laser-induced Breakdown Spectroscopy”, *Environmental monitoring and assessment*, 136(1-3):391-399.
- [26] Grupen, C., (2010). *Introduction to Radiation Protection: Practical Knowledge for Handling Radioactive Sources*. Springer Science & Business Media.
- [27] Allison, W., (2009). *Radiation and Reason: The Impact of Science on a Culture of Fear*. YPD-BOOKS.
- [28] Genç, B., (2006). *Elektromanyetik Spektrumun X-Işını ve Görünür Bölgesinde, Ortamlardan Yayılan Fotonları Kaydetmek İçin Spektrometre ve Görüntüleme Sistemlerinin Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli*.
- [29] Elektromanyetik spektrum <http://www.zamandayolculuk.com/09-4/2emspektrum.png>, 10 Ocak 2018.
- [30] Yülek G.G., (1992). *Radyasyon Fiziği ve Radyasyondan Korunma*, Sek Yayınları.
- [31] UNEP, (2016). *Radiation Effects and Sources*, Avusturya.
- [32] Özdemir, İ., (2015). *Temel Tıbbi (Radyolojik) Görüntüleme Tekniği*. Hiperlink eği. ilet. yay. san. tic. ve ltd. sti..
- [33] Sand, J., Hannuksela, V., Toivonen, J., Ihantola, S., Peraejaervi, K. ve Toivonen, H., (2010). *Remote Optical Detection of Alpha Radiation (No. IAEA-CN--184)*. Funding Organisation: Finnish Scientific Advisory Board for Defence (MATINE), Finlandiya.
- [34] Jha, D. K., (2004). *Radioactivity And Radioactive Decay*. Discovery Yayınevi.
- [35] Tuniz, C., (2012). *Radioactivity: A Very Short Introduction*. OUP Oxford.
- [36] Bieser A., (2008). *Modern Fiziğin Kavramları*. Çeviri Editörü: Gülşen Önengüt, Akademi Yayın Hizmetleri.
- [37] Canadian Nuclear Safety Commission. (2012). *Introduction to Radiation*.
- [38] IAEA, (2003). *Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma Ray Spectrometry Data*, Avusturya.
- [39] Gottfried, L., Axel, H. ve Eberhard, U., (1997). *Rontgen Centennial-X-Rays Today In Natural And Life Sciences*, World Scientific.
- [40] UNEP, (2016). *Radiation: Effects and Sources*, Avusturya.
- [41] KAM, E., (2004). *Tekirdağ’ın Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

- [42] Kurt D., (2016). İzmir Körfezi Karot Sedimentlerinin Radyoaktivite ve Kimyasal Parametrelerle Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [43] Çelik, S., (2013). Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Radyasyondan Korunma Programı ve Radyasyondan Korunma Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [44] Dursun E., (2016). Rize İlinde Akciğer Kanseri Bireylerin Evlerinde Radon Gazı Ölçümleri ve Akciğer Kanseri Radon Gazı İlişkisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- [45] Albayrak N., (2011). Kırıkkale’de (Türkiye) Doğal Radyasyon Kaynaklarının Belirlenmesi ve Gama Doz Oranlarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [46] Lawson, R. S., (1999). An Introduction to Radioactivity, Nuclear Medicine Department, Manchester Royal Infirmary, Manchester.
- [47] Vasilyeva, A. N. ve Starkov, O. V., (2001). Principle of Natural and Artificial Radioactive Series Equivalency (No. IAEA-CSP--6/C).
- [48] Değerlier M., (2007). Adana İli ve Çevresinin Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Saptanması ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [49] National Environmental Services Center, (2000). Radionuclides.
- [50] Primordial Radyonüklidler, <http://www.physics.isu.edu/radinf/natural.htm>, 16 Ocak 2018.
- [51] Uranyum-238, Toryum-232 ve Aktinyum-235 serilerinin bozunum şemaları, <http://www.kronjaeger.com/hv/rad/src/nat/kette.png>, 17 Ocak 2018.
- [52] Martin A., (2012). An Introduction to Radiation Protection 6E, CRC Press, İngiltere.
- [53] Yapay (insan üretimi) ve kozmojenik radyonüklidler, <http://www.physics.isu.edu/radinf/natural.htm>, 18 Ocak 2018.
- [54] Alloway B. J., (1995). “Heavy Metals in Soils”, Blackie Akademik, İngiltere.
- [55] Çağlarırnak, N. ve Hepçimen, A. Z., (2010). “Ağır Metal Toprak Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi”, Akademik Gıda, 8(2):31-35.
- [56] Özbolat, G. ve Tuli, A., (2016). “Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri”, Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25(4):502-521.
- [57] Beker Ü., (2014). Mesleki Zehirlenmeler ve Toksikite, ÇSGB
- [58] Järup, L., (2003). “Hazards of Heavy Metal Contamination”, British Medical Bulletin, 68(1):167-182.
- [59] Erickson, L. ve Thompson, T., (2005). “A Review of a Preventable Poison: Pediatric Lead Poisoning”, Journal for Specialists in Pediatric Nursing, 10(4):171-182.

- [60] Yeşilada, E. ve Gelegen, L., (2000). “Drosophila Melanogaster’in Ömür Uzunluğu Üzerine Kadmiyum Nitratın Etkisi”, Turkish Journal of Biology, 24:593-599.
- [61] Zhou, Q.X., (1994). “Joint Effects and Mechanisms of Cd and As Simultaneously Polluting alfalfa”, Journal of Basic Science and Engineering 2:81–87.
- [62] Sun, Y., Zhou, Q. ve Diao, C., (2008). “Effects of Cadmium and Arsenic on Growth and Metal Accumulation of Cd-hyperaccumulator Solanum Nigrum L”, Bioresource Technology, 99(5):1103-1110.
- [63] Periferik damar hastalığı, <http://www.damartedavileri.com/periferik-damar-hastal/>, 22 Ocak 2018.
- [64] Çinko, <http://www.zinc.org/environment/>, 28 Ocak 2018.
- [65] Atabey, E., (2010). Türkiye’de İnsan Kaynaklı (Antropojenik) Unsurlar ve Çevresel Etkileri, MTA.
- [66] Barut H., (2012). Farklı Doz ve Zamanlarda Uygulanan Çinko ve Azotun Buğdayda Tane Çinko Konsantrasyonu Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [67] Beatty R., (2001). Copper, Benchmark Books, New York.
- [68] LENNTECH, Bakır, <https://www.lenntech.com/periodic/elements/cu.htm>, 11 Şubat 2018.
- [69] Bakır, <http://www.rsc.org/periodic-table/element/29/copper>, 12 Şubat 2018.
- [70] İlhan M.N., (2002). Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi (MSG), <http://www.ttb.org.tr/dergi/index.php/msg/article/view/335/315>, cilt:3, sayı:12, 20 Şubat 2018.
- [71] Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, Krom, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/krom>, 21 Şubat 2018.
- [72] Asri, F. Ö. ve Sönmez, S., (2006). “Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri”. Derim, 23(2):36-45.
- [73] Vanlı, Ö., (2007). Pb, Cd, B Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [74] Aybar, M., Bilgin, A. ve Sağlam, B., (2015). “Fitoremediasyon Yöntemi ile Topraktaki Ağır Metallerin Giderimi”, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 1(1-2):59-65.
- [75] Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A. B., Cansaran-Duman, D. ve Aras, S., (2012). “Biyosorpsiyon, Adsorpsiyon ve Fitoremediasyon Yöntemleri ve Uygulamaları”. Türkiye Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 69:69.
- [76] Song, W. Y., Choi, Y. I., Shim, D., Kim, D. Y., Noh, E. W., Martinoia, E. ve Lee, Y., (2007). “Transgenic Poplar for Phytoremediation”, In Biotechnology and Sustainable Agriculture 2006 and Beyond, 265-271, Springer, Dordrecht.
- [77] Yılmaz A., (2014). Türkiye Kıyılarında Tersane ve Marina Faaliyetlerinden Kaynaklanan Organik Kirleticiler Seviyelerinin Pasif Örnekleyiciler Yardımıyla Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [78] Baş B., Ölmez T., Tünay O., Kabdaşlı I. ve Kabdaşlı S., (2007). “Bir Tersanenin Kirlilik Profilinin Oluşturulması Ve Atık Azaltımı İçin Örnek Çalışma”. 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 367.
- [79] Akanlar, F. T., (2010). Gemi İnşaatında Atık Ürünlerin Geri Dönüşümünün İncelenmesi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [80] Cömert, M., Yılmaz, H., Gebeşoğlu, B., Tutkun, E., Keskinçilic, B. ve Soydal, T., (2014). “Kaynak İşçilerinde Pnömonyoz Gelişimi Yönünden Risk Faktörlerinin Değerlendirilmesi”. Ankara Medical Dergisi, 14(1).
- [81] Kazel, E. (2014). Yalova şehir coğrafyası. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [82] Yalova belediyesi, <http://www.yalova.bel.tr/kent-rehberi/yalova-hakkinda>, 13 Mart 2018.
- [83] TÜSİAD, (2010). “Türkiye Sanayisine Sektörel Bakış: Gemi İnşa Sanayii”.
- [84] Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, (2005). “Yalova İli-Altınova İlçesi - Subaşı Beldesi Gemi Yapım Tersaneleri Bölgesi İnceleme ve Değerlendirme Raporu”.
- [85] Özdemir, M.A. ve Bahadır, M., (2008). “Hersek (Yalova) Deltasında Antropojen Değişimlerin CBS İle Analizi”, 2. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu UZAL-CBS, 13-15 Ekim 2008, Kayseri.
- [86] Uzun, M., (2014). “Hersek Deltasında (Yalova) Kıyı Çizgisi-Kıyı Alanı Değişimleri Ve Etkileri”. Eastern Geographical Review, 19(32).
- [87] IAEA, (2011). Radioactive Particles in the Environment: Sources, Particle Characterization and Analytical Techniques, Viyana.
- [88] Berthold resmi internet sitesi, <https://www.berthold.com/en/rp/lb-770-10-channel-low-level-counter>, 22 Nisan 2018.
- [89] Gaz dolgulu radyasyon sayıcı devresi, <https://slideplayer.com/slide/4888351/>, 29 Nisan 2018.
- [90] Babu, D. A. R., Raman, A., Ashokkumar, P. ve Sharma, D. N., (2010). Comprehensive Applications of the Gas Flow Proportional Counters for Radiological Surveillance, International Nuclear Information System.
- [91] Ulusal çevre yöntemleri endeksi, https://www.nemi.gov/methods/method_summary/7615/, 2 Mayıs 2018.
- [92] Ulusal çevre yöntemleri endeksi, https://www.nemi.gov/methods/method_summary/5411/, 2 Mayıs 2018.
- [93] Crouthamel, C. E., Adams, F. ve Dams, R., (2013). Applied Gamma-ray Spectrometry, 41, Elsevier.
- Gama spektroskopisi, <https://www.nrc.gov/docs/ML1122/ML11229A699.pdf>, 5 Mayıs 2018.
- [94] Nguyen, D. T., Nguyen, V.S., Vu, V. T., Nguyen, T. T. M., Nguyen, T. B. M., Chu, V. L. Ve Nguyen, B. V., (2013). “Design and Construction of the Portable Gamma-ray Spectrometer for Environmental Dose Rate Measurement and Radioisotope Identification”, The VINATOM- Annual Report 2012, No. VINATOM-AR--12)

- [95] Sintilasyon dedektörü iç yapısı, <https://www.equipcoservices.com/support/tutorials/introduction-to-radiation-monitors/>, 6 Mayıs 2018.
- [96] Haschke, M., (2014). Laboratory Micro-X-Ray Fluorescence Spectroscopy, 55, Springer.
- [97] Genç, U., Başsarı A. ve Ekinçi Ş., (2013). Kültür Varlıklarının İncelenmesinde X-ışını Floresans Analiz Tekniğinin Kullanımı, Uluslararası İstanbul Tarihi Yarımada Sempozyumu 2013.
- [98] Yaylı, M., (2013). Farklı Marka Ofis Kağıtlarında XRF Yöntemiyle Element Analizi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Fakültesi.
- [99] EDXRF ve WDXRF şematik gösterimi, <http://www.horiba.com/scientific/products/x-ray-fluorescence-analysis/tutorial/xrf-spectroscopy/>, 22 Mayıs 2018.
- [100] X ışını flüoresans spektroskopisi deney föyü, <http://depo.btu.edu.tr/dosyalar/metalurji/Dosyalar/XRF%20Deney%20F%C3%B6y%C3%BC%20%2806.10.2017%29.pdf>, 22 Mayıs 2018.
- [101] Ghosh, S., Prasanna, V. L., Sowjanya, B., Srivani, P., Alagaraja, M. ve Banji, D., (2013). Inductively Coupled Plasma–optical Emission Spectroscopy: A Review. Asian J. Pharm. Ana, 3(1), 24-33.
- [102] Marathe, R. B., (2012). “XRD and SEM Analysis of Tapti River Sediment: A Case Study”, Arch Appl Sci Res, 4, 78-84.
- [103] Anadolu Üniversitesi AÖF ders kitabı, Aletli Analiz, 11. Ünite.
- [104] Bir SEM cihazının şematik gösterimi, <http://sem-7-3.blogspot.com.tr/>, 25 Haziran 2018.
- [105] Krinsley, D. H., Pye, K., Boggs Jr, S. ve Tovey, N. K., (2005). Backscattered Scanning Electron Microscopy and Image Analysis of Sediments and Sedimentary Rocks. Cambridge University Press.
- [106] SE ve BSE elektronlarının belirli enerji aralıklarında bulunma olasılıkları, <https://www.technology.matthey.com/article/58/2/106-110/>, 12 Haziran 2018.
- [107] Zhou, W. ve Wang, Z. L. (Eds.), (2007). Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications, Springer Science & Business Media.
- [108] Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W., Scott, J. H. J. ve Joy, D. C., (2017). Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. Springer.
- [109] Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), <http://muh.bartın.edu.tr/Files/i4jrhcicxaesu54tnxj5ttxxyi2016121155555i4jrhcicxaesu54tnxj5ttxxyi2016121155555.pdf>, 1 Nisan 2017.
- [110] ZEISS ultra plus FESEM, <http://dce.karabuk.edu.tr/yuklenen/dosyalar/12611242015110552.pdf>, 22 Nisan 2017.

- [111] Capitelli, F., Colao, F., Provenzano, M. R., Fantoni, R., Brunetti, G. ve Senesi, N., (2002). "Determination of Heavy Metals in Soils by Laser Induced Breakdown Spectroscopy", *Geoderma*, 106(1-2):45-62.
- [112] Yang, N., (2009). *Elemental Analysis of Soils Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)*, Yüksek Lisans Tezi, Tennessee Üniversitesi, Amerika.
- [113] Sezer, B., Bilge, G. ve Boyaci, I. H., (2017). "Capabilities and Limitations of LIBS in Food Analysis", *TrAC Trends in Analytical Chemistry*.
- [114] Bayrak, K., Yümün, Z.Ü., Kam, E., (2018). "Determination of Natural Radiation Levels in İzmit Gulf Altinova Shipyard Area", *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 12(43):7-11.
- [115] Aytas, S., Yusan, S., Aslani, M. A., Karali, T., Turkozu, D. A., Gok, C., Erentürk, S., Gökçe, M. ve Oguz, K. F., (2012). "Natural Radioactivity of Riverbank Sediments of the Maritza and Tundja Rivers in Turkey". *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 47(13):2163-2172.
- [116] Kam E., Yümün Z.Ü. ve Kurt D., (2017). "Gross Alpha and Gross Beta Activity Concentrations in Sediments in Gulf of Izmir (Eastern Aegean Sea, Turkey)", *Journal of the Turkish Chemical Society*.
- [117] Zorer O. S., Ceylan H. ve Dogru M., (2009). "Gross Alpha and Beta Radioactivity Concentration in Water, Soil and Sediment of the Bendimahi River and Van Lake (Turkey)," *Environ Monit Assess*, 148:39-46.
- [118] Kurnaz, A., Küçükömeroğlu, B., Keser, R., Okumusoglu, N. T., Korkmaz, F., Karahan, G. ve Çevik, U., (2007). "Determination of Radioactivity Levels and Hazards of Soil and Sediment Samples in Fırtına Valley (Rize, Turkey)". *Applied Radiation and Isotopes*, 65(11):1281-1289.
- [119] Baltas, H., Kiris, E. ve Sirin, M., (2017). "Determination of Radioactivity Levels and Heavy Metal Concentrations in Seawater, Sediment and Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) From the Black Sea in Rize, Turkey", *Marine Pollution Bulletin*, 116(1-2):528-533.
- [120] Aytekin, H., Tufan, M. Ç. ve Küçük, C., (2015). "Natural Radioactivity Measurements and Dose Assessments in Sand Samples Collected From Zonguldak Beaches in Turkey", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 303(3):2227-2232.
- [121] Yümün, Z. Ü. ve Kam, E., (2017). "Effects of Radionuclides on the Recent Foraminifera From the Clastic Sediments of the Çanakkale Strait-Turkey", *Journal of African Earth Sciences*, 131:179-182.
- [122] Kobya, Y., Taşkın, H., Yeşilkanat, C. M., Varinlioğlu, A. ve Korcak, S., (2015). "Natural and Artificial Radioactivity Assessment of Dam Lakes Sediments in Çoruh River, Turkey", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 303(1):287-295.
- [123] Caridi, F., Messina, M., Faggio, G., Santangelo, S., Messina, G. ve Belmusto, G., (2018). "Radioactivity, Radiological Risk and Metal Pollution Assessment in Marine Sediments From Calabrian Selected Areas, Southern Italy", *The European Physical Journal Plus*, 133(2):65.

- [124] Ramasamy, V., Murugesan, S. ve Mullainathan, S., (2004). "Gamma Ray Spectrometric Analysis of Primordial Radionuclides in Sediments of Cauvery River in Tamilnadu, India", *Ecologica*, 2(83):e88.
- [125] Powell, B. A., Hughes, L. D., Soreefan, A. M., Falta, D., Wall, M. ve DeVol, T. A., (2007). "Elevated Concentrations of Primordial Radionuclides in Sediments From the Reedy River and Surrounding Creeks in Simpsonville, South Carolina". *Journal of Environmental Radioactivity*, 94(3):121-128.
- [126] El-Gamal, A., Nasr, S. ve El-Taher, A., (2007). "Study of the Spatial Distribution of Natural Radioactivity in the Upper Egypt Nile River Sediments", *Radiation Measurements*, 42(3):457-465.
- [127] Agbalagba, E. O. ve Onoja, R. A., (2011). "Evaluation of Natural Radioactivity in Soil, Sediment and Water Samples of Niger Delta (Biseni) Flood Plain Lakes, Nigeria", *Journal of Environmental Radioactivity*, 102(7):667-671.
- [128] Harikrishnan, N., Ravisankar, R., Chandrasekaran, A., Gandhi, M. S., Vijayagopal, P. ve Mehra, R., (2018). "Assessment of Gamma Radiation and Associated Radiation Hazards in Coastal Sediments of South East Coast of Tamilnadu, India with Statistical Approach", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 162:521-528.
- [129] Kam, E., Bayrak, K., Çakar, M., (2018). "Determination of Outdoor Gamma Dose Rates in Yalova (Turkey)", *BSW2018*, 14(2):36.
- [130] UNSCEAR report, (2000). Sources and Effects of Ionising Radiation.
- [131] T.C. Resmi gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Hakkında Karar. (25687), 31.12.2004.
- [132] Ma, J. F. ve Yamaji, N., (2006). "Silicon Uptake and Accumulation in Higher Plants", *Trends in Plant Science*, 11(8):392-397. Yüksel, C., Ankaralı, S. ve Yüksel A. N., (2018). "Neodimyum Miknatıslarının Sağlık Alanında Kullanımı ve Sağlık Üzerine Etkileri", *İstanbul Kuzey Klinikleri Dergisi*, 5(2).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kübra BAYRAK
Doğum Tarihi ve Yeri : 13/01/1992 - Niksar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : bayrakkbra@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Fizik	Yıldız Teknik Üniversitesi	2018
Lisans	Fizik	Yıldız Teknik Üniversitesi	2016
Lise	Fen	Ahmet Buhan Lisesi	2010

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2018-	Akdeniz Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Makale

1. Bayrak, K., Yümün, Z.Ü., Kam, E., (2018). “Determination of Natural Radiation Levels in Izmit Gulf Altınova Shipyard Area”, Journal of Biological and Environmental Sciences, 12(43):7-11.
2. Yümün, Z.Ü., Bayrak, K., Aksoy, H., Ayseli, U., (2018). “A study of Background Radioactivity Level for Edirne, Turkey”, 3:135-139
3. Tuna, T., Bayrak, K., “Investigation of the Shielding Capabilitty of Concrete Matrixed Colemanite Reinforced Shielding Material”, 2(2):57-63

Bildiri

1. Kam, E., Bayrak, K., Çakar, M., (2018). “Determination of Outdoor Gamma Dose Rates in Yalova (Turkey)”, BSW2018, 8-10 Ağustos 2018, Yozgat.
2. Bayrak, K., Şengül, M., Kurt, D., (2018). “Study of Gross Alpha and Gross Beta Activity Concentration in Sediments in the Büyükçekmece Lake Basin (Istanbul, Turkey)”, TESNAT2018, 20-22 Nisan 2018, Antalya.
3. Bayrak, K., Kam, E., Yümün, Z.Ü., (2018). “Determination of Count Intensity and Elemental Weight Percentages of Sediments in the Altınova Shipyard Region (Yalova-Izmit Gulf) by SEM-EDX”, TESNAT2018, 20-22 Nisan 2018, Antalya.
4. Açıkgöz, G., Yümün, Z.Ü., Kam, E., Bayrak, K., (2018). “Determination of Morphological Characteristics and Mineralojik Structure of the Kulakcayiri Sediments by SEM and XRD”, TESNAT2018, 20-22 Nisan 2018, Antalya.
5. Bayrak K., Yümün Z.Ü., Aksoy H., Ayseli U., (2018). “Investigation of Natural Gamma Dose Rates for Edirne, Istanbul”, BSW2018, 8-10 Ağustos 2018, Yozgat.
6. Bayrak, K., Artun, A., Karaalioğlu, Z., Ateş, Z.N., Şengül, M., (2017). “Assessment of Gross Alpha and Gross Beta Radioactivity for Sediments in İzmir Province West of Turkey”, INASE17, 9-11 Nisan 2017, Atina, Yunanistan.
7. Bayrak, K., Tuna, T., Kam, E., (2017). “Investigation of Properties of Shielding Ability of Concrete Matrix Composite Material Reinforced With Colemanite Against Neutron Radiation”, RAD2017, 12-16 Haziran 2017, Budva, Karadağ.
8. Bayrak K., Ateş Z.N., Kam E., (2017). “Outdoor Gamma Dose Rates in Bolu, West of Turkey”, 2nd Radiation Protection Congress with International Participation, 23-25 Kasım 2017, Ankara.
9. Bayrak, K., Kam, E., Yümün, Z.Ü., (2017). “Evaluation of Gross Alpha and Gross Beta Activity Concentration in Marine Sediments in the Altınova (Yalova/Turkey)”, ICFAS2017, 21-25 Ağustos 2017, Saraybosna, Bosna Hersek.
10. Bayrak, K., Kam, E., Yümün, Z.Ü., Açıkgöz, G., (2017). “Measurement of Natural and Artificial Radioactivity in Kulakcayiri Lake”, 2nd Radiation Protection Congress with International Participation, 23-25 Kasım 2017, Ankara.

Proje

1. Marmara Denizi İzmit Körfezi Altınova Tersane Bölgesinde Ağır Metal ve Çevresel Radyoaktivite İncelenmesi. BAP Projesi.