



**ENERJİ AYIRIMLI X-IŞINI FLÖRESANS SPEKTROMETRESİYLE
ÜLEKSİT VE BORAKS İLE KATKILANDIRILAN ÇEŞİTLİ YAPI
MALZEMELERİNİN TRANSMİSYON FAKTÖRLERİNİN VE
LİNEER SOĞURMA KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ**

Hidayet UYANIK

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Atom ve Molekül Bilim Dalı

Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU

2019

Her Hakkı Saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENERJİ AYRIMLI X-IŞINI FLÖRESANS SPEKTROMETRESİYLE
ÜLEKSİT VE BORAKS İLE KATKILANDIRILAN ÇEŞİTLİ YAPI
MALZEMELERİNİN TRANSMİSYON FAKTÖRLERİNİN VE
LİNEER SOĞURMA KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ**

Hidayet UYANIK

**FİZİK ANABİLİM DALI
Atom ve Molekül Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ENERJİ AYRIMLI X-IŞINI FLÖRESANS SPEKTROMETRESİYLE ÜLEKSİT
VE BORAKS İLE KATKILANDIRILAN ÇEŞİTLİ YAPI MALZEMELERİNİN
TRANSMİSYON FAKTÖRLERİNİN VE LİNEER SOĞURMA
KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ

Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU danışmanlığında, Hidayet UYANIK tarafından hazırlanan bu çalışma 08/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı-Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU

İmza:

Üye : Prof. Dr. Elif BOYDAŞ

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Burcu AKÇA

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 12/09/2019 tarih ve 36.. / .74. nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENERJİ AYRIMLI X-IŞINI FLÖRESANS SPEKTROMETRESİYLE ÜLEKSİT VE BORAKS İLE KATKILANDIRILAN ÇEŞİTLİ YAPI MALZEMELERİNİN TRANSMİSYON FAKTÖRLERİNİN VE LİNEER SOĞURMA KATSAYILARININ ÖLÇÜLMESİ

Hidayet UYANIK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
Atom ve Molekül Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU

Bu çalışmada enerji ayrımlı X-ışını flöresans spektrometresi kullanılarak üleksit ve boraks ile katkılandırılmış çeşitli yapı malzemelerinin transmisyon faktörleri ve lineer soğurma katsayıları deneysel olarak ölçülmüştür. Spektrumlar enerji rezolüsyonu 5,9 keV'de 160 eV olan Si(Li) dedektörü ile alınmıştır. Deneyde numuneli ve numunesiz ölçümler için Am-241 radyoaktif nokta kaynağının 59,54 keV'lik gama ışınları kullanılmıştır.

2019, 43 sayfa

Anahtar Kelimeler: Enerji ayrımlı X-ışını flöresans spektrometre, transmisyon faktörü, lineer soğurma katsayısı, yapı malzemeleri, boraks, üleksit

ABSTRACT

Ms Thesis

MEASUREMENT OF THE TRANSMISSION FACTORS AND LINEAR ATTENUATION COEFFICIENTS OF CONSTRUCTION MATERIAL MIXED WITH ULEXITE AND BORAX BY ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE SPECTROMETER

Hidayet UYANIK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics
Atomic and Molecular Physics Department

Supervisor: Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU

In this study, we measured the experimental transmission factors and linear attenuation coefficients various construction materials mixed with ulexite and borax by using energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer. Spectra obtained by using Si(Li) dedector. Energy resolution of Si(Li) dedector is 160 eV at 5.9 keV. In experiment, we used 59,54 keV photons radiated from the radioactive point source and for this photons, we have got measurements with sample and without sample.

2019, 43 Pages

Keywords: Energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer, transmission factors, linear attenuation coefficients, construction materials, borax, ulexite

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu alıŐma, Atatürk Üniversitesi Fen Fakóltesi Fizik Bölümü'nde yapılmıştır.

Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde; tanıdığım ilk günden beri tüm samimiyeti, desteği ve emeği için değerli hocam Sayın Prof. Dr. Salih Z. ERZENEÖĞLU'na en içten teşekkürlerimi arz ederim.

Tez çalıŐmalarımın hem deneysel hem de teorik kısmında yardımı ve katkıları için sayın Dr. Öğr. Üyesi Burcu AKÇA' ya çok teşekkür ederim. Yine Sayın Dr. Öğr. Üyesi Esra KAVAZ'a ve sayın ArŐ. Gör. Dr. Esra CİNAN' a yardımları için teşekkür ederim.

Bugüne kadar tüm destekleri ve emekleri için anneme, babama, kardeşlerime, özellikle tez yazma sürecindeki sabır ve destekleri için sevgili eşim Ali Emre UYANIK, oğlum M. Göktuğ UYANIK ve kızım Elif Rana UYANIK' a teşekkür ederim.

Son olarak okul müdürüm sayın Taner KAYA'ya, manevi destekleri için tüm arkadaşlarıma ve laboratuvarıda birlikte çalıŐtığım arkadaşım Sevil GASİMOVA YENİÇERİ'ye desteği ve iyi dilekleri için teşekkür ederim.

Hidayet UYANIK

Temmuz, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Radyasyon Nedir	4
2.1.1. Enerjisine göre radyasyon	4
2.1.1.a. Yüksek enerjili (iyonlaştırıcı) radyasyon	5
2.1.1.b. Düşük enerjili (iyonlaştırıcı olmayan) radyasyon	5
2.1.2. Türüne göre radyasyon.....	5
2.1.2.a. Parçacık radyasyonu	5
2.1.2.b. Dalga (elektromanyetik) radyasyonu	6
2.1.3. Kaynağına göre radyasyon	7
2.1.3.a. Doğal radyasyon	7
2.1.3.b. Yapay radyasyon	8
2.2. Elektromanyetik Radyasyonun Madde ile Etkileşmesi.....	8
2.3. Bor ve Tarihçesi	9
2.3.1. Bor elementi	9
2.3.2. Bor mineralleri	10
2.3.3. Deneyde kullanılan bor ürünleri.....	11
2.3.3.a. Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	11
2.3.3.b. Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)	11
2.3.4. Bor ürünlerinin başlıca kullanım alanları... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	
2.3.5. Bor rezervleri.....	11
2.3.6. İnşaat malzemeleri.....	12
2.3.6.a. Kerpiç	12

2.3.6.b. Kum	13
2.3.6.c. Briket	13
2.3.6.d. Kireç	13
2.3.6.e. Mermer tozu	14
2.3.6.f. Duvar boyası	14
2.3.6.g. Toprak	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Enerji Ayrımlı X-Işını Spektrometre.....	15
3.1.1. Si(Li) dedektör	15
3.1.2. Analizör	16
3.1.3. Yüksek voltaj kaynağı	16
3.1.4. Ön yükseltici.....	17
3.1.5. Yükseltici.....	17
3.1.6. Analog sayısal dönüştürücü (ADC)	17
3.2. Denej Geometrisi.....	17
3.3. Numunelerin Hazırlanması.....	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	20
4.1. Transmisyon Faktörünün ve Lineer Soğurma Katsayısının Deneysel Olarak Hesaplanması	20
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	21
KAYNAKLAR	23
EKLER.....	25
EK 1.....	25
EK 2.....	29
ÖZGEÇMİŞ	44

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

T	Transmisyon Faktörü
μ	Lineer Soğurma Katsayısı

Kısaltmalar

EDXRFS	Enerji Ayrımlı X-ışını Flöresans Spektrometresi
FWHM	Yarı Maksimumdaki Tam Genişlik
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
ICRP	Uluslararası Radyolojik Korunma Komitesi
M.T.A.	Maden Tetkik Arama
TS	Türk Standartları
UNSCEAR	Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Radyasyon tipi ve çeşitli girme mesafeleri.....	6
Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum.....	7
Şekil 2.3. x kalınlıklı bir numune için radyasyon şiddetindeki değişim.....	9
Şekil 2.4. Bor elementi	10
Şekil 3.1. Deney geometrisi	18
Şekil 3.2. Kerpiç için numuneli ve numunesiz ölçümleri gösteren örnek spektrum.	19



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bor elementinin atomik yapısı.....	10
---	----



1. GİRİŞ

21.Yüzyılda insanoğlunun ve diğer tüm canlıların en büyük sorunu doğal yaşamın tahrip edilmesinden kaynaklanan sağlıksız yaşam koşullarının artmasıdır. Zaman içinde beslenme, barınma, iletişim, eğence gibi bütün alışkanlıklarımızın değişmesi ihtiyaçlarımızın da değişmesine sebep olmuştur. Teknolojik gelişmelerin sonucu olarak da radyasyon oluşturan kaynakların kullanılması yaygınlaşmıştır. Bu nedenle radyasyonun ne olduğu, özelliği, hangi koşullarda zarar verebileceği ve zararlı radyasyondan korunma yöntemleri tüm canlıların yaşam kalitesini yükseltmek ve yaşam süresini uzatmak adına önemlidir.

Tarihsel olarak 1895 yılında Röntgen X-ışınlarını keşfetmiş ve sonrasında radyoaktivite bulunmuş ve ardından yapay radyasyon kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmıştır. Radyasyon; tıbbi uygulamalarda, zirai ve endüstriyel alanlarda, nükleer santrallerde ve bir kısım tüketici ürünlerinde kullanılmaktadır.

Radyasyon, esasında doğal yaşamın da bir parçasıdır. Vücutumuz, karbon-14, potasyum-40, radyum-226 ve polonyum-210 gibi az da olsa doğal olan radyoaktif maddeleri içerir. Ve yine uzaydan gelen kozmik ışınlar, yerkürede bulunan radyoaktif radyum elementinin bozunma ürünlerinden radon gazı, su ve çeşitli gıdalar doğal radyasyon kaynaklarıdır.

Radyasyondan, özellikle doğal olanlarından korunma şansı yoktur. Bu nedenle tüm canlıların yapısında iyonlaşma yaparak yapıyı bozan, canlı yaşamını tehdit eden zararlı radyasyondan korunmak için önlem almak gereklidir. Radyasyondan korunmak için radyasyona maruz kalma zamanı azaltılmalı, biliniyorsa kaynağından uzaklaşılmalı ve radyasyon zırhlama teknikleri geliştirilmelidir. Bu çerçevede günümüz insanının en temel ihtiyaçı olan barınma ihtiyacını korunaklı hale getirmek için, radyasyon tutma özelliği olan çeşitli yapı malzemeleri üretilmelidir.

Akademik açıdan da madde-radyasyon etkileşmesi bir çok teorik ve deneysel çalışmanın konusu olmuştur. Çeşitli malzemelerin soğurma katsayılarının ölçülmesi; radyasyon fiziği, kimya, tarım, insan sağlığı ve daha bir çok alanda araştırmaların önemli bir parçası olmuştur. Bu çalışmalardan bazıları şöyledir: Sağsöz (2006) bazı biyolojik dokuların lineer X-ışını soğurma katsayılarını tayin ederek, bu katsayıları bilgisayarlı tomografide doku ayırımını iyileştirmede kullanmıştır. Bagheri *et al.* (2017) MCNP-4C Monte Carlo kodunu ve deneysel verileri kullanarak kurşun oksit, barit ve bor cevherlerinin gama ışını zırhlama karakteristikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Caner vd (2018) Eu-152, Ra-226 ve Co-60'ı gama ışını kaynağı olarak kullanarak, paslanmaz çelik alaşımın (AISI 304 ve AISI 310) ve alüminyum alaşımın (6013 ve 5083) soğurma katsayılarını ölçmüşlerdir. Shamson *et al.* (2018) farklı kaya numunelerinin (feldspatik bazalt, kompakt bazalt, volkanik kaya, pembe granit, kumtaşı ve dolerit) foton soğurma katsayılarını, MCNPX ve Geant4 simülasyon kodlarını kullanarak 122, 356, 511, 662, 1170, 1275 ve 1330 keV foton enerjileri için hesaplamışlar ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Lakshminarayana *et al.* (2018) erbiyum (Er), disprosiyum (Dy) ve Er/Dy katkılanmış sodyum, lityum, çinko, kurşun, borotellurit camlar için gama ışını soğurma karakterlerini, titreşimsel ve termal özelliklerini çalışmışlardır. Shishelova *et al.* (2018) radyoaktif atıkların depolanması için mika bazlı radyasyona dirençli malzemelerin üretimi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bel vd (2019) Poly (methyl methacrylate) polimer kompozitin radyasyon zırhlama kapasitesini artırmak için kolemanit $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$ (CMT)'i kullanarak desteklemişlerdir. Kaçal vd (2019) sekiz farklı polimerin (polyamid (Naylon 6) (PA-6)), poliakrilonitril (PAN), polivinilideneklorür (PVDC), polianilidin (PANI), polietileneterftalat (PET), polifenülfat (PPS), polifenülfat, poliprol (PPy) ve politetrafloroetilen (PTFE)) gama ışını soğurma karakterlerini belirlemişlerdir. Frimaio *et al.* (2019) X-ışını spektrometriyi doku eşdeğer materyallerinin lineer soğurma katsayılarını belirlemek için uygulamışlardır. Salama *et al.* (2019) kurşun ihtiva eden transparent alkali borosilikat camların gama ışını zırhlama özelliklerini incelemişlerdir. Baltaş vd (2019) mineral ve cevher katkıları içeren harçların radyasyon zırhlama özellikleri üzerine kütle soğurma katsayılarını ölçmüşlerdir. Agar vd (2019) doğal perlit mineralleri içeren betonlar için foton soğurma davranışlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Pomaro *et al.* (2019) agrega ihtiva eden ağır betonun gama ışını

zırhlama özelliklerini deneysel çalışmışlardır. Nesreen *et al.* (2019) yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), ticari boraks (BX), kum ve Portland çimentosu macunu formundaki kompozitlerin hızlı nötron ve gama ışını soğurma özelliklerini incelemişlerdir. Tobbala (2019) gama ışını soğurma özelliklerine ve mekanik özelliklere nano-ferrit ilavesinin etkisini incelemişlerdir.

Bu çalışmada EDXRFS ile boraks ve üleksit katkılandırılmış çeşitli yapı malzemelerinin (briket, kum, mermer, boya, kerpiç, toprak, kireç) transmision faktörü ve lineer soğurma katsayıları ölçülerek hesaplanmıştır. Çalışmanın amacı, boraks ve üleksit'in yapı malzemelerine zırhlama etkisinin belirlenmesidir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Radyasyon Nedir

Atom çekirdeğindeki nükleon sayılarının farklı olması atom çekirdeğinde kararsızlığa neden olur. Kararsızlığın etkisiyle enerji fazlalığı oluşur. Çekirdekte oluşan bu enerji fazlalığı radyasyon (ışınım) olarak salınır. Işımlar, çekirdek kararlı hale gelene kadar devam eder. İlk bozunmaya uğrayan radyoaktif çekirdek “ana çekirdek”, ana çekirdeğin radyoaktif bozunmaya uğraması ile oluşan çekirdeğe ise “yavru çekirdek” denir. Ana çekirdek ardışık bozunmalarla yeni çekirdekler oluşturarak bir “radyoaktif seri” meydana getirebilir. Böylece farklı elementlere dönüşür. Bu şekilde ortaya çıkan dalga veya parçacıklar şeklinde yayılan enerjiye “radyasyon”, bu sürece ise “radyoaktif parçalanma” adı verilir. Radyoaktif bozunmalar α (alfa), β (beta) ve γ (gama) ışıması olmak üzere üç şekilde gerçekleşir.

Bir elementin radyoaktifliği (veya kısaca aktifliği) fiziksel ve kimyasal değişimlerden etkilenmez. Yani basınç, hacim, sıcaklık ve kimyasal yapıdaki değişimler radyasyon yayınlama hızını değiştirmez. (Arya 1970)

Radyasyonu gruplandırmada üç ana özellik referans alınır.

- Enerjisi
- Türü
- Kaynağı

2.1.1. Enerjisine göre radyasyon

Radyasyon enerjisine göre yüksek ya da düşük enerjili radyasyon olarak gruplandırılır.

2.1.1.a. Yüksek enerjili (iyonlaştırıcı) radyasyon

İyonize radyasyon olarak da bilinen bu radyasyon atomdan elektron kopararak, yapıyı deforme eder ve bozar. İyonlaşma canlı ya da cansız tüm varlıklarda oluşabilir. Ve bu iyonlaşma canlı yapısında onarılabilir veya onarılamaz hasarlar oluşturabilir. Bu hasarlardan genetik olanlar canlı türünün geleceğini de etkileyecek şekilde nesilden nesile aktarılabilir. Bu nedenle tedbir alınmazsa iyonlaştırıcı radyasyon tüm canlıların yaşamı için oldukça tehlikeli olabilir. İyonlaştırıcı radyasyona alfa parçacıkları, beta parçacıkları, gama ışınları, X-ışınları ve daha az ihtimalle nötronlar örnek verilebilir.

2.1.1.b. Düşük enerjili (iyonlaştırıcı olmayan) radyasyon

İyonize olmayan radyasyon, etkileştiği materyal içindeki atomları iyonize etmez ve sadece atomları uyararak molekül ve atomların dönme, titreşim veya elektronik enerji değerliliğini değiştirir. Mikrodalgalar, görünür ışık, radyo dalgaları iyonize olmayan radyasyona örnek verilebilir.

2.1.2. Türüne göre radyasyon

Radyasyon türüne göre, parçacık radyasyonu ve dalga tipi radyasyon olarak gruplandırılır.

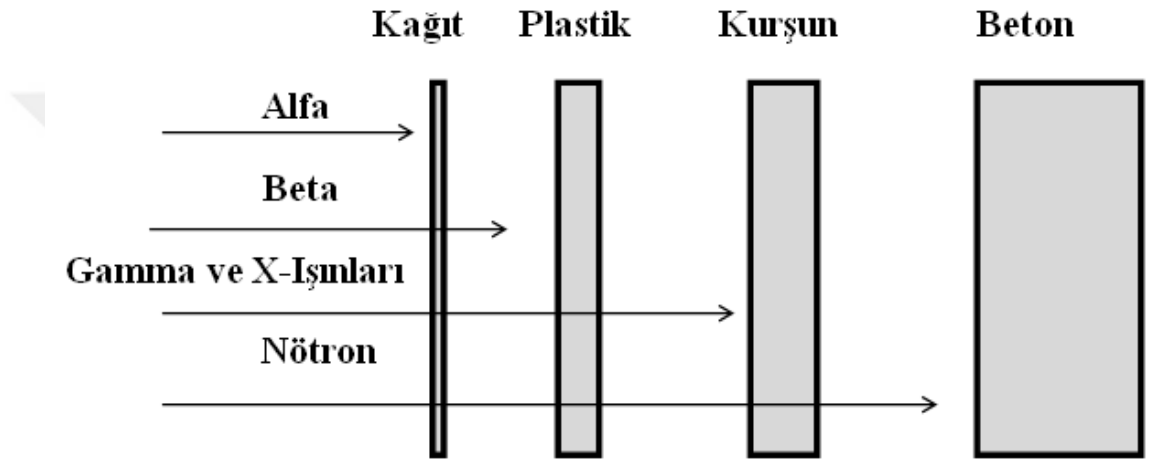
2.1.2.a. Parçacık radyasyonu

Kütlesi, enerjisi olan ve çok hızlı hareket eden parçacıklardır. Alfa (α) ve beta (β^+ , β^-) parçacıkları örnek verilebilir.

Alfa parçacığının nüfuz etme gücü düşük olduğundan bir kağıt yardımıyla yada insan derisi tarafından durdurulabilir. Ancak solunum, sindirim yada yaralar yoluyla iç organlara alınırsa zarar verebilir.

β parçacıkları malzemelerin içine daha fazla etki eder. Ancak plastik, cam ve metal dokulu malzemeler tarafından soğurulabilir. Canlılarda; solunum ya da sindirim yoluyla vücuda alınması tehlikelidir.

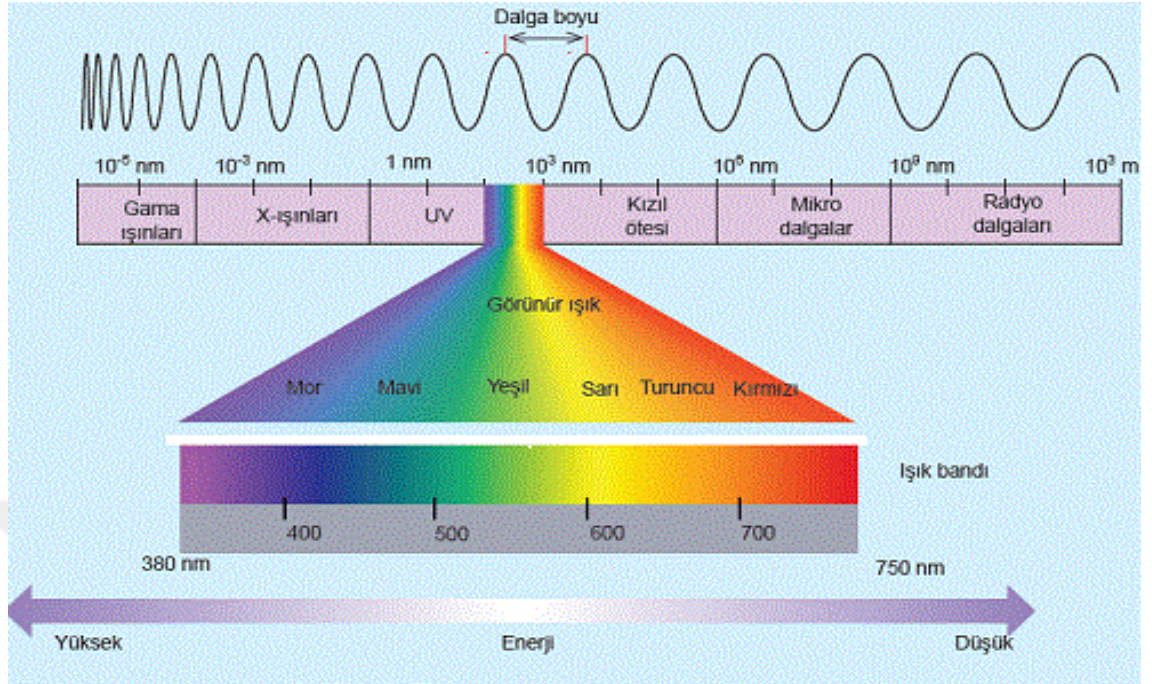
Nötron radyasyonu; nükleer fisyon ve nükleer füzyon tepkimeleriyle çekirdekten yayınlanır.



Şekil 2.1. Radyasyon tipi ve çeşitli girme mesafeleri

2.1.2.b. Dalga (elektromanyetik) radyasyonu

Elektromanyetik dalgalar birbirine ve her ikisi de yayılma doğrultusuna dik elektrik ve manyetik alanlardan oluşurlar. Enerjisi olan ancak kütlesi olmayan radyasyon çeşididir. Elektromanyetik spektrum sırasıyla; radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi dalgalar, görünür dalgalar, morötesi dalgalar, X-ışınları, gama ışınları ve kozmik ışınlar olarak frekans yada dalga boyu referans alınarak gruplandırılabilir. Bu gruplar arasında keskin bir ayırım bulunmamaktadır.



Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum

2.1.3. Kaynağına göre radyasyon

Kaynağına göre doğal ya da yapay radyasyon olarak gruplandırılabilir.

2.1.3.a. Doğal radyasyon

Doğada bulunan kararsız çekirdekler kendiliğinden yani dışarıdan bir etki olmadan bozunarak ışıma yaparsa bu çekirdeklere doğal radyoaktif çekirdekler, oluşan radyasyona doğal radyasyon denir.

Doğal radyoaktif elementler kara ve uzay kökenli olmak üzere sınıflandırılabilir. Kara kökenli radyoaktif çekirdekler; uranyum serisi (^{238}U), toryum serisi (^{232}Th), aktinyum serisi (^{235}U), neptünyum serisi (^{241}Pu) ve bunun yanında tek izotoplu radyoaktif çekirdekleri olan ^{40}K , ^{87}Rb , ^{147}Sm v.s. örnek verilebilir.

Uzay kökenli radyoaktif çekirdekler ise kozmik ışınlar ve yüklü parçacıklardır.

2.1.3.b. Yapay radyasyon

Doğada kararlı yapıda bulunan bazı maddeler dışarıdan uyarıldıklarında radyoaktif hale dönüşürler. Bu yolla oluşturulan çekirdeğe yapay radyoaktif çekirdek denir. Oluşan radyasyon ise yapay radyasyon olarak bilinir. Yapay radyasyon, 1934’de Irene Curie ve Pierre Joilot tarafından Polonyumun doğal radyoaktif bozunmasından çıkan alfa parçacıkları ile alimünyumun bombardıman edilmesi sonucunda ³⁰P izotopunun elde edilmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Tanı ve tedavi amaçlı X-ışınları, nükleer silah denemelerinden kaynaklanan radyoaktif serpintiler, nükleer endüstrinin radyoaktif atıklarının salınımı, endüstriyel gama ışınları, fosforlu saatler, paratonerler ve lüks lamba fitilleri gibi bazı tüketici ürünleri yapay radyasyon kullanım alanlarıdır.

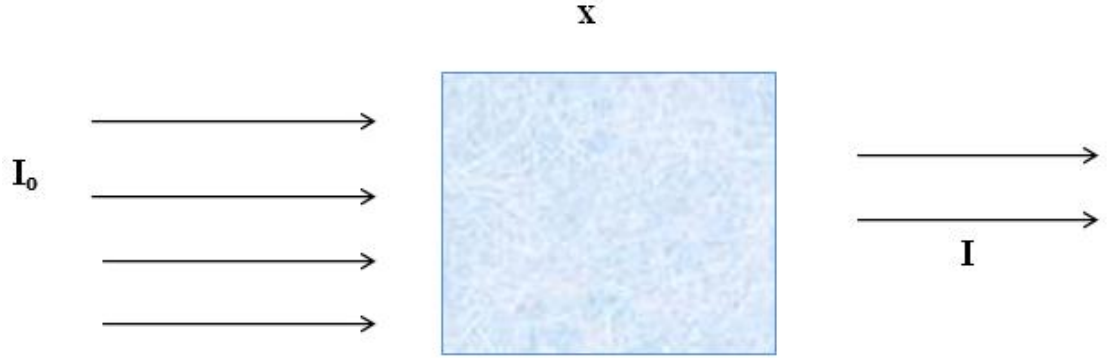
2.2. Elektromanyetik Radyasyonun Madde ile Etkileşmesi

Fotonlar, bir madde içinden geçirildiğinde ortamın atomları ile etkileşirler ki bu etkileşme soğurulma ve saçılma şeklinde olabilir. Bu işlem sonunda maddeden geçen foton sayısında bir azalma meydana gelir. Bu tür etkileşme deneylerinde en önemli problem soğurucu maddenin çok ince ve çok kalın olmasıdır. Şöyle ki birincide fotonlar madde ile yok denecek kadar az etkileşir. İkincide ise fotonların tamamı madde tarafından soğurulurlar. Bu durum geçirgenliğin sırasıyla, yaklaşık bir ve sıfır olmasına karşılık gelir.

I_0 şiddetinde foton şuası x kalınlığında bir maddeden geçirilirse, şiddetinde azalma olur. Bu azalma Lambert-Beer kanunuyla verilir:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikteki $\mu \text{ cm}^{-1}$, lineer soğurma katsayısı olup birim yüzeyde birim kalınlık başına düşen soğurulmayı ifade eder ve I ise maddeden geçen foton şiddetini gösterir.



Şekil 2.3. x kalınlıklı bir numune için radyasyon şiddetindeki değişim

2.1 Eşitliğinde ki I/I_0 oranı transmisyon faktörü olarak tanımlanır. Transmisyon faktörü 0 ile 1 aralığında değerler alır ve birimsizdir.

2.3. Bor ve Tarihçesi

Bor elementinin ilk dönemlerde Tibet'te kullanıldığı tespit edilmiştir. Sonrasında Babiller kıymetli eşyaları sıvılaştırma işleminde, Mısırlılar mumyalama işleminde, eski Roma ve Yunanlılarda temizlik için bor tuzlarını kullanmışlardır. Türkiye'deki bor madenlerinin Doğu Roma İmparatorluğu döneminden itibaren kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir. (Boren 2019)

2.3.1. Bor elementi

Bor, periyodik tabloda "B" simgesi ile gösterilen, atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81, yoğunluğu $2,84 \text{ g/cm}^3$, erime noktası $2,200^\circ\text{C}$ ve kaynama noktası $2,250^\circ\text{C}$, siyah renkte olan metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir.

Bor beyaz bir kaya görünümünde, çok sert ve ısıya dayanıklı bir elementtir. Kimyasal ilgisi yüksek olduğundan başka elementlerle bileşikler yada tuz şeklinde bulunur. Oksijenle bağ yaparak çok sayıda bor-oksijen bileşimi oluşturmaktadır (Boren 2019).

Çizelge 2.1. Bor elementinin atomik yapısı

BORUN ATOMİK YAPISI	
Atomik çapı	1,17Å
Atomik hacmi	4,6 cm ³ /mol
Kristal yapısı	Rhombohedral
Elektron konfigürasyonu	1s ² 2s ² 2p ¹
İyonik çapı	0,23 Å
Elektron sayısı	5
Nötron sayısı	6
Proton sayısı	5
Valans elektronları	2s ² 2p ¹

**Şekil 2.4.** Bor elementi (Boren 2019)

2.3.2. Bor mineralleri

Yaklaşık 230 çeşit olduğu bilinen bor mineralleri; muhtevasında değişik miktarlarda bor oksit (B₂O₃) içeren minerallerdir. Ülkemizde en fazla bulunan bor mineralleri; tinkal

(boraks), kolemanit ve üleksitdir. Dünya kolemanit rezervinin tamamına yakını ülkemizde bulunmaktadır.

2.3.3. Deneyde kullanılan bor ürünleri

2.3.3.a. Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Tinkal olarak ta bilinen, sodyum borat gurubundan olan boraks genelde saydam ve renksiz olarak bulunmasına rağmen içeriğinde farklı maddeler ihtiva ettiği zaman pembe, sarı ve gri renklerinde bulunabilir. İçeriğindeki B_2O_3 oranı %36,5 'dir. Özgül ağırlığı $1,7 \text{ g/cm}^3$ 'tür Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarında üretilmektedir.

2.3.3.b. Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

Boronatrokalsit olarak ta bilinen üleksit; masif, karnabahar, pamuk yumağı ve çubuk görünümüyle doğada bulunmaktadır. İçeriğindeki B_2O_3 oranı %43 'tür. Özgül ağırlığı $1,95\text{-}2 \text{ g/cm}^3$ ' olan üleksit, kolemanit, hidroborasit ve probertitle birlikte bulunur. Ülkemizde Kırka, -Emet ve Bigadiç yataklarında üretilmektedir.

2.3.4. Bor ürünlerinin başlıca kullanım alanları

Bor madeni çeşitli fiziksel işlemlere tabi tutularak zenginleştirilir ve konsantre bor ürünlerine dönüştürülür. Sonra rafine işlemleri yapılarak daha kârlı ve daha verimli hale getirilir. Bor ürünleri cam, seramik, tarım, deterjan ve temizlik gibi bir çok sektörde kullanılır.

2.3.5. Bor rezervleri

Dünyadaki önemli bor yatakları Türkiye, Rusya ve ABD'de bulunmaktadır. Bunlar; ABD'de "Mojave Çölü", Güney Amerika'da "And Kemerı", Türkiye'nin de yer aldığı

“Güney-Orta Asya Orojenik Kemerini” ve Doğu Rusya’dır. Bu bölgelerden başka Kuzey Amerika, Sırbistan, Arjantin, Şili, Bolivya, Peru, Çin ve Kazakistan’da çeşitli bor bileşenleri bulunmaktadır.

Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek/Bursa ve Emet/Kütahya Türkiye bor rezervlerinin bulunduğu şehirlerdir. Tinkal ve kolemanit Türkiye’de rezerv açısından en çok bulunan bor cevherleridir. Tinkal yatakları Kırka’da, kolemanit yatakları ise Emet ve Bigadiç bölgesinde bulunmaktadır (Boren 2019).

2.3.6. İnşaat malzemeleri

2.3.6.a. Kerpiç

Kilden yapılan inşaat malzemeleri pişirilmiş veya pişirilmemiş yapı malzemeleri olarak sınıflandırılır. Kerpiç, pişirme işlemi yapılmadan kilden üretilen kolay, ekonomik duvarda tuğla gibi örülerek kullanılan bir malzemedir. Mekanik ve teknik özelliği geliştirilerek modern yapı malzemesi olarak ta kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. Yapı malzemelerinin pahalı olması, ayrıca atık malzemelerinin çevre problemi oluşturması da atıklarla kerpiç üretiminin araştırılmasına sebep olmuştur.

Kerpiçler samanlı, çimentolu, alçılı, uçucu küllü ve asfalt karışımı üretilebilmektedir. Saman ve çimento karışımı kerpiçler TS de yer almıştır. İdeal kerpiç toprağı %30-%40 arasında kil ihtiva etmeli, kerpiç yapılacak toprak içinde 3 cm’den büyük taş olmamalı, tanelerinin %40’ı 0,063 mm’lik elekten geçmeli, %60’ı ise elek üstünde kalacak büyüklükte olmalıdır.

Basınç dayanıklılığı 5-20 kg/cm² arasında değişen kerpicing birim ağırlıkları tuğlalara göre büyüktür. Kilden yapılan harçla örülen kerpiç, güneşte kurutulduklarından iç alanlarındaki kuruma ile dış yüzey alanının kuruması eşit olmadığından çatlaklar oluşabilir.

Kerpicin kullanımındaki en büyük dezavantaj suya karşı direncinin düşük olmasıdır. Bu nedenle çimento, alçı ve uçucu kül ile katkılandırılan kerpiç üretimi için çalışmalar yapılmaktadır. (Şimşek 2003)

2.3.6.b. Kum

Yeryüzünde önceden var olan kayaçların çeşitli fiziksel ve kimyasal yollarla aşınıp ayrışması ile oluşmuş 0,062 ile 2 mm arası tane boyuna sahip kırıntılı bir malzemedir. Yapısında çoğunlukla silis, feldispat ve çoğunda %1-2 oranında mika çört, olivin ve garnet bulunmaktadır. Kum yataklarından çıkarıldığı gibi hiçbir hazırlama işlemine tabi tutulmadan olduğu gibi kullanılır. Bunlarda fazla miktarda kil ve yabancı maddeler vardır. (Köktürk 2002)

2.3.6.c. Briket

Amorf ve camsı özelliğe sahip pomza, ponza taşı ile çimento karışımından elde edilen harcın çeşitli kalıplara dökülerek oluşturduğu hafif ve boşluklu yapıya sahip yapı malzemesidir. (Demir 2015)

2.3.6.d. Kireç

Kalker taşının 900° ile 1000° üzerindeki sıcaklıklarda kireç fırınlarında yakılarak, içerisindeki karbondioksit gazının ayrıştırılmasıyla oluşan, ufalanabilen parçacıklardır. Çok eski dönemlerden beri kullanılan bir bağlayıcıdır. Ana bileşeni kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve magnezyum karbonat (MgCO_3) bileşikleridir. Ayrıca içeriğinde demir, alüminyum, silisyum ve kükürt gibi safsızlıklar da bulunabilir. Kalsiyum kökenli kayaçlardan oluşan kireçler magnezyum kökenli kayaçlara göre daha beyazdır. Kireç, çimento ve alçı gibi suya karşı hassasiyet göstermez. (Şimşek 2003)

2.3.6.e. Mermer tozu

Kireçtaşı ve dolomit gibi karbonatlı kayaların sıcaklık ve basınç altında değişime uğrayarak yeni bir kristal şeklinde oluşması mermer olarak tanımlanır. Bileşimin %90'ı CaCO_3 'ten oluşmaktadır. Düşük oranda MgCO_3 içermektedir. Ayrıca içeriğinde silisyum dioksit, metal oksit ve silikat mineralleri de bulunmaktadır. Renkleri genellikle beyaz ve grimsidir.

2.3.6.f. Duvar boyası

Dekoratif ve koruyucu amaçlı bir yüzeye uygulanan malzemeye boya denir. Mineral (toz), plastik ve yağlı boya olmak üzere gruplandırılırlar.

Mineral boyalar; beton, şap, mozaik harcına ve badanaya katılarak değişik renk vermeye yarar. Uygulama amacı görünümdür. Yağlı ve plastik boyalar uygulama esnasında inceltici katılarak kullanılırlar. Uygulandığı yüzeyde kuruduktan sonra süsleyici, koruyucu, ışık geçirmeyen bir filim haline dönüşürler. (Şimşek 2003)

2.3.6.g. Toprak

Kayaların, organik materyallerin bölünmesi, parçalanması ve ayrışması ile oluşan; canlılar alemini barındıran, besin kaynağı olan maddedir. (Oğuz 2008)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Enerji Ayrımlı X-Işını Spektrometre

Bu deneysel çalışmada ölçümler için EDXRFS sistemi kullanılmıştır. Bu sistem Am-241 kaynağı, Si(Li) katihal sayacı, analog sayısal dönüştürücü (ADC), çok kanallı analizör (MCA), yüksek voltaj kaynağı, ön yükseltici, yükseltici ve diğer elektronik bileşenlerden oluşmaktadır.

3.1.1. Si(Li) dedektör

Yarı iletkenlerin düşük sıcaklıklarda iyi bir yalıtkan davranışı göstermesinden yararlanılarak yapılan Si(Li) dedektörler birbirine yakın enerji düzeylerini ayırma gücünden dolayı tercih edilirler.

P- tipi ve n- tipi materyaller kristali oluşturmak için kontakla bir araya getirildiğinde eklem yakınında elektron ve boşluklar birleşerek yük taşıyıcılarının nötr hale geldiği bir bölge oluştururlar. Deplasyon bölgesi adı verilen ve sayma işleminde önemli olan bu bölgenin alanı 30-1000 mm²'dir. Bu bölgenin direnci yüksektir ve ters besleme potansiyeli uygulanarak genişletilebilir ve gelen radyasyon için duyarlı hale gelir. Ters beslem voltajı iki farklı durum oluşturabilir. İlki deplasyon bölgesindeki elektrik alan büyüklüğünü artırır ve yük toplanması için daha verimli yapar. İkincisi deplasyon bölgesinin boyutlarını artırır. Şöyleki, materyallerin birinden diğerine daha fazla yük taşıyıcısını sürükleyecek bir kuvvet uygular. Soğurmadaki verimlilik kalınlıkla artar.

Si(Li) dedektör yapılırken önce p-tipi bir materyal alınır, üzerine lityum atomları sürüklenir ve ince bir n-tipi bölge oluşturulur. Ters beslemin ve sıcaklığın tedrici artırılmasıyla lityum, geniş bir deplasyon bölgesi yaparak p-tipi bölgeye sürüklenir. Bu şekildeki dedektör, Si(Li) dedektör olarak adlandırılır. Elektrot görevi gören 200 Å kalınlığındaki altın filmler elektriksel iletkenliği sağlamak için silisyuma buharlaştırılır.

Ters belsem voltajından dolayı elektronlar n-tipi, holler ise p-tipi bölgeye yönelirler. Böylelikle dedektöre gelen foton enerjisi ile orantılı sayıda elektron-hol çifti oluşur. Sayaç maddesinin seçiminde elektron-hol çifti veriminin büyük olması, yani elektron-hol çifti başına düşen enerjinin küçük olması istenir ki Si(Li) dedektörü için bu enerji 3,8 eV'dur. Gelen fotonun meydana getirdiği + ve – yükler çeşitli etkileşmelerden sonra tekrar birleşebilirler ki bu olaya rekombinasyon denir. Kullandığımız dedektörün aktif alanı 12 mm² ve kalınlığı 3 mm'dir. Dedektörün en uygun ayırma gücünü elde etmek ve dedektör gürültüsünü azaltmak için sistem sıvı azot sıcaklığında (-196°C) tutulmalıdır. Bunun için sayaç kristali ve FET (alan-etkili transistör) 30 lt sıvı azot alabilecek bir kaba (dewar) yerleştirilmiştir. Dedektör dış ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmesini önlemek için berilyum pencere ile koruma altına alınmıştır.

3.1.2. Analizör

Gelişmiş dijital sinyal proses teknikleriyle donanımlı çok kanallı bir analizör olan DSA-1000 sayma sistemi, sinyal prosesinin sonrasında sinyalleri sayısallaştıran dönüştürücü sistemlerden farklı olarak sinyal prosesinin öncesinde ön yükselticiden alınan sinyalleri sayısallaştırır. DSA-1000 bir dedektör (ön yükseltici ile birlikte), yükseltici, analog sayısal dönüştürücü (ADC), yüksek voltaj kaynağı, çok kanallı analizör (MCA) sistemin tüm birimlerini yöneten spektrumları alan ve değerlendirmede kullanılan Genie-2000 programının yüklü olduğu bir bilgisayar ile sistemin diğer birimleri arasında ara yüz görevi yapan bir dangıldan (software key) oluşmaktadır. Yüksek voltaj güç kaynağı, amplifikatör ve ADC'nin koşulları Genie-2000 programı ile kontrol edilmektedir. Dijital sinyal proseslerin kullanımı pulsların daha hızlı ve hassas olarak işlenmesini sağlayarak sinyal toplama performansının ve spektrum rezolüsyonunun artmasını sağlar.

3.1.3. Yüksek voltaj kaynağı

Dedektörde oluşan yükleri toplamak için dedektör üzerine yüksek gerilim uygulanmalıdır. Çalıştığımız dedektöre uygulanabilecek maksimum gerilim -500 V'tur.

3.1.4. Ön yükseltici

Sistemde elektronik gürültüyü azaltmak için alan etkili transistör olan ön yükselticinin girişi dedektör ile birlikte sıvı azot içerisinde muhafaza edilir. Ön yükseltici dedektörden gelen yükü voltaj pulsuna çevirir.

3.1.5. Yükseltici

Ön yükselticiden gelen pulsların, analizinin yapılabilmesi için puls yüksekliğini artırmaya yarar. Ayrıca daha iyi analiz yapılması için şekillendirme yapar.

3.1.6. Analog sayısal dönüştürücü (ADC)

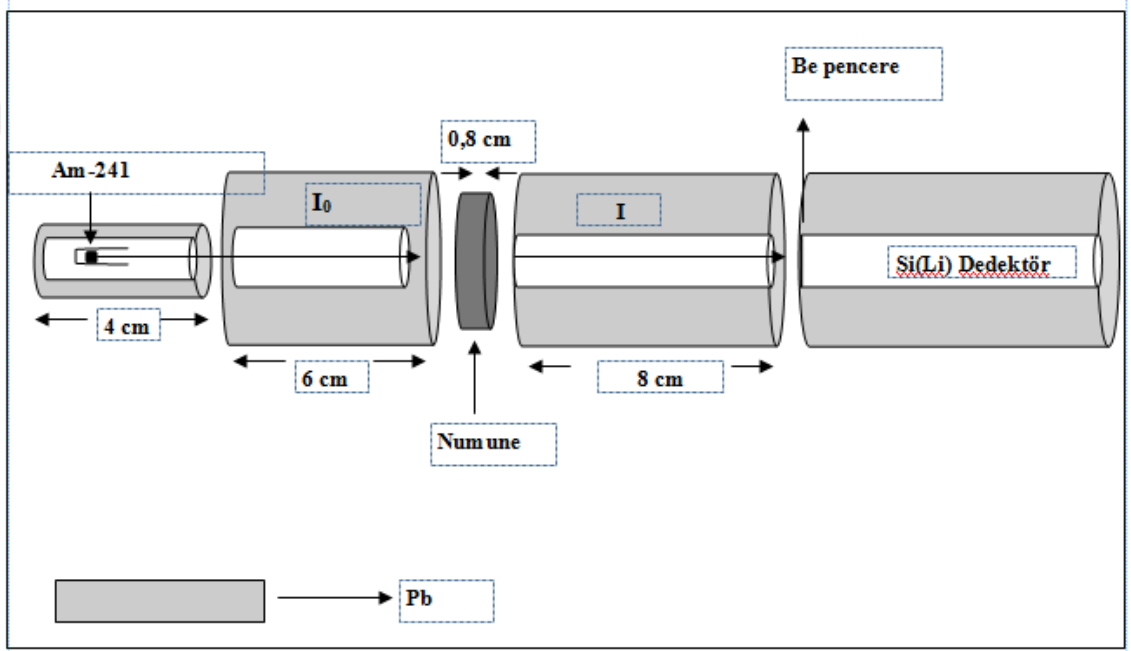
Analog sayısal dönüştürücü, yükselticiden gelen analog puls, genliği radyasyonun enerjisiyle orantılı sayısal bir veriye dönüştürür. Ön yükselticiden gelen potansiyel pulsları lineer yükselticide büyütüldükten sonra ADC'ye gönderilirler. ADC'de analog işlemleri yapılan bu pulslar çok kanallı analizöre gönderilir ve orada enerjilerine karşılık gelen kanallarda sayılırlar. Bu sayımlar sonucu sayacın ayırma gücüyle ilgili olarak aynı enerjili bir pik oluştururlar. Bu pikler bir araya geldiğinde enerjiye karşı şiddet desenleri oluştururlar ki bu desene spektrum adı denir.

Puls yüksekliği analizleri burada yapılır. Gelen her puls, sayısal veriye dönüştürülerek genliği ile orantılı olan hafıza kanalına yerleştirilir. Her kanal belli enerji değerlerine karşılık gelir. Sayım yapıldığı sürede biriken pulslar pik oluşturur.

3.2. Deney Geometrisi

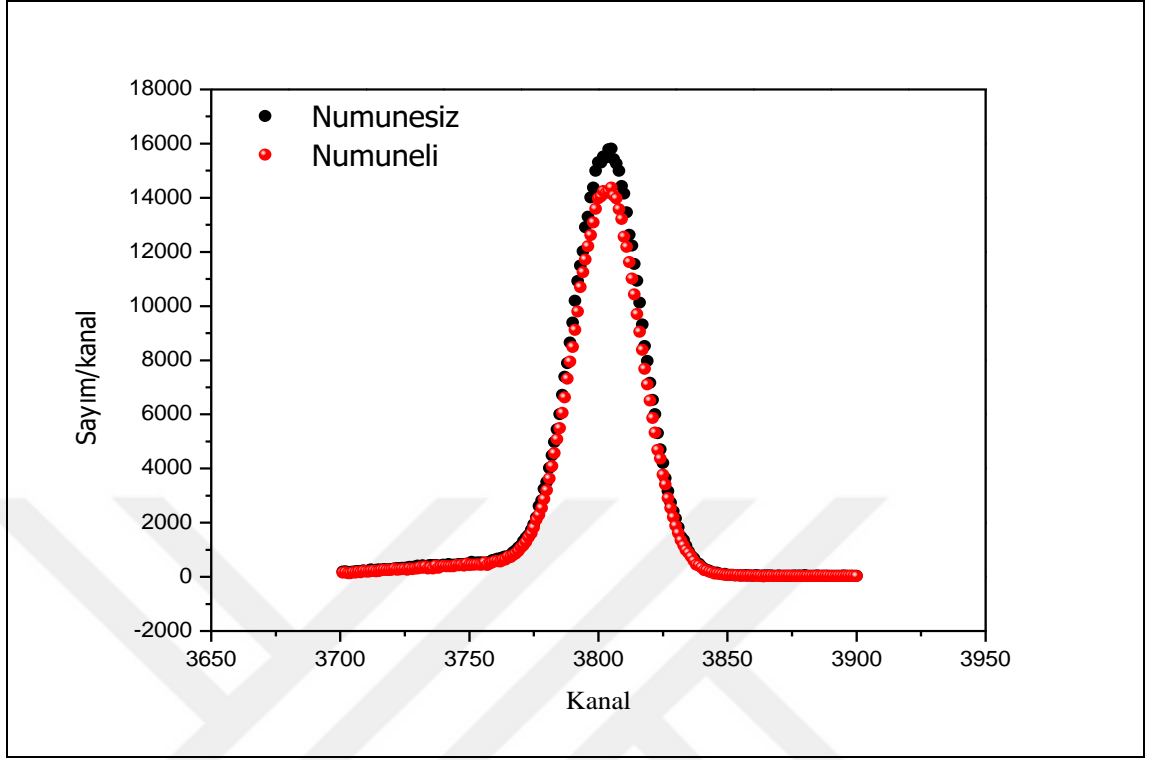
Bu deneysel çalışmada 100 mCi şiddetindeki Am-241 radyoizotop nokta kaynağından çıkan 59,54 keV'lik γ -ışınları kullanılmıştır. Kaynaktan çıkan ışınları kolime etmek amacıyla kaynak, kurşun kaplı bloklar içine yerleştirilmiştir. Sistemde aktif çapı 3,91

mm, ve 5,9 keV’de FWHM’u 160 eV olan ve dış ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmelerine karşı koruma amaçlı 13µm kalınlıklı Be pencereye sahip bir Si(Li) dedektör kullanılmıştır. Sayma sisteminin bulunduğu laboratuvar, radyasyon geçirgenliğini önlemek için kurşun kaplamalıdır. Daha sağlıklı ölçüm yapılabilmesi için ölçüm sürecinde çevresel koşulların değiştirilmemesine dikkat edilmiştir. Her bir ölçüm 600 saniyelik süre için alınmıştır.



Şekil 3.1. Deney geometrisi

Elde edilen ölçümler Genie-2000 programında 4096 kanal seçilerek spektrumlara dönüştürülmüş, sonrasında kaydedilen veriler text dosyasına dönüştürülmüştür. Ve Matlab 7.0 sürümlü yazılımla piklerin enerjileri ve net alanları belirlenmiştir. Deneyde kaynak, numune ve dedektör aynı düzlemde konumlandırılmıştır.



Şekil 3.2. Kerpiç için numuneli ve numunesiz ölçümleri gösteren örnek spektrum.

3.3. Numunelerin Hazırlanması

Bu çalışmada duvar boyası, kum, mermer tozu, kireç, kerpiç, briket ve toprak yapı malzemelerine %25, %50 ve %75 oranlarında boraks ve üleksit katılarak ölçümler yapılmıştır. Malzemeler el havanı kullanılarak inceltmiş ve 45 μm 'lik eleklerle elenmiştir. Farklı oranlarda katkılandırılan malzemeler 10 dk spex marka karıştırıcı da karıştırılmış, 13 mm çapındaki silindirde 100 bar basınç uygulanarak tabletler hazırlanmıştır. Üleksit-mermer tozu karışımında tutuculuğu artırmak için 0,1 g selüloz ilavesi yapılmıştır. Hazırlanan numuneler 1/10000 hassasiyetli (Gec AVERY) teraziyle tartılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Transmisyon Faktörünün ve Lineer Soğurma Katsayısının Deneysel Olarak Hesaplanması

Fotonlar soğurucu maddeden geçtiğı zaman ortamın özelliğine göre şiddet kaybına uğrar. Ve bu durum Lambert-Beer kanunuyla verilir;

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Soğurma ölçümlerinde aynı zaman ve deneysel şartlar altında numuneli ve numunesiz sayımlar yapılmış, elde edilen sonuçlar denklem 2.1 eşitliğı kullanılarak transmisyon faktörü ve lineer soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar **EK 1**'de verilmiştir.

Ayrıca, boraks ve üleksit katkılı numunelerin konsantrasyonuna karşılık transmisyon faktörleri, numunenin konsantrasyonuna karşılık lineer soğurma katsayıları ve katkısız numune transmisyon faktörleri değışim grafikleri Origin Pro 7.5 programı kullanılarak çizdirilmiş ve **EK 2**'de verilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Son yıllarda radyasyona karşı insanların hassasiyeti ülkemizde ve dünyada artmıştır. Buna neden yaşanan bir çok kazanın olması, radyasyonun kullanım alanının artması ve insanlar tarafından tanınır hale gelmesi, dünyada teknolojik gelişmeyle beraber insanlar arasındaki iletişim kanallarının artması sayılabilir.

Ozon tabakasının incelmesi, küresel ısınma, baca gazları, yapay radyasyon kaynakları, temizlik ve kozmetik amaçlı üretilen kimyasallar, yapay katkılarla hazırlanan ambalajlı ürünler, ekolojik yapının bozulmasına ve doğal yaşam döngüsünün zarar görmesine neden olmuştur. Tüm canlıların yaşam koşullarını etkileyen bu durum ülkelerin katılımıyla küresel çapta sağlık tedbirleri oluşturan disiplinlerin ve kuruluşların oluşmasına zemin hazırlamıştır. Yaşanabilir tek bir dünya olduğuna göre onu korumak ve yaşanabilirliğini sağlamak hepimizin görevidir. Bu amaçla çevresel atıkların ayrıştırılması, taşınması, depolanması, yeniden kullanılması, sıfır atık elde edilmesi önemlidir. Çünkü bu yolla hammaddeler dünyayı tahrip etmeden yeniden kullanılmaktadır.

Radyasyon, küresel anlamda güvenlik programı oluşturulan konu başlıklarındandır. ICRP, UNSCEAR, IAEA gibi kuruluşlar bu kapsamda çalışmalar yapmaktadır. Aynı şekilde üniversite–sanayi işbirliğinin yapılması, teknokentler, arge çalışmaları, merkezi laboratuvarlar, yüksek teknoloji uygulama merkezleri bu amaca hizmet etmektedir. Yine üniversitelerinde akademik çalışmalarla çeşitli sektörlerle işbirliği yaparak çalışma sonuçlarını pratiğe dönüştürmeleri faydalı olacaktır.

Yapılan bu deneysel çalışmada boraks ve üleksit ile katkılandırılmış çeşitli yapı malzemelerinin transmisyon faktörleri ve lineer soğurma katsayıları EDXRFS ile ölçülmüştür. Ek 2.1 incelendiğinde katkılandırılmamış saf yapı malzemeleri için transmisyon faktörü topraktan kuma giderken artmaktadır. Bunun anlamı malzemeler için geçirgenlik değeri artmakta yani soğurma azalmaktadır. Ek 2.2-2.4-2.6 ve 2.7

incelendiğinde görüleceği gibi 4. deneysel noktalar artış grafiğini azalan hale getirmiştir. Bu durum bu numunelerin yeterince homojen olmamasından ve numune kesitlerinin uygun olmamasından kaynaklanabilir. Yine grafiklerdeki bazı değerlerde sapmalar deney geometrisinde dar şuanın elde edilmemesinden de kaynaklanabilir. Ancak Ek 2.8'deki kireç dikkate alındığında transmisyon faktörünün arttığı gözlemlenmiştir. Ek 2.3-2.5'te görüleceği gibi diğer grafiklerin aksine kum ve boya için konsantrasyon artığında transmisyon düşmektedir. Yani bu malzemeler için geçirgenlik azalmaktadır. Ek 2.10-2.11-2.15 incelendiğinde transmisyon faktörlerinin konsantrasyonla azaldığı görülmektedir. Halbuki Ek 2.9-2.12-2.13-2.14 numuneleri için transmisyon faktörü konsantrasyonla artmaktadır. Yani boraks ilave edilmesi yapı malzemelerinin geçirgenliğini artırmaktadır.

Üleksit için lineer soğurma katsayılarına baktığımızda Ek 2.16-2.17-2.18-2.20-2.21 de lineer soğurma katsayıları üleksit konsantrasyonuyla azalmış, aksine Ek 2.19-2.22 için değişim farklılaşmıştır. Ek 2.23-2.24-2.25-2.26-2.27-2.28-2.29 incelendiğinde lineer soğurma katsayılarının konsantrasyonla azaldığı gözlenmiş, bu durum 59.54 keV fotonlar için soğurmanın azaldığını göstermiştir. Sonuçların daha doğru olarak yorumlanabilmesi için bu yapı malzemelerinin nitelik ve nicelik olarak analizlerinin yapılması gerekmektedir ki bu çalışma ileri aşamada yapılarak var olan sonuçlar yeniden değerlendirilecektir. Ayrıca mevcut sonuçlar gösteriyor ki düşük atom numaralı elementler ihtiva eden katkı malzemeleri için 59,54 keV' lik enerji büyük olmaktadır. Bu yüzden ileri aşamada çalışma düşük enerjili fotonlara ve hatta özellikle tabii radyasyon ölçümlerine genişletilecektir. Yapı malzemelerinin sayısı ve katkılandırılan bor ürünlerinin çeşitliliği ve konsantrasyonları artırılarak çalışmalar genişletilebilir. Aldığımız bu ölçümler zırlama adına yapı malzeme çeşitliliğini artırmak için önemli bilgiler vermekte ve yeni çalışmalara temel teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

- Agar, O., Tekin, H.O., Sayyed, M.I., Korkmaz, M.E., Culfa, O., Ertugay, C., 2019. Experimental investigation of photon attenuation behaviors for concretes including natural perlite mineral. *Result in Physics*,12,237-243.
- Arya, P.A., 1970. *Fundamentals of Nuclear Physics*. Allyn and Bacon,427, Boston.
- Bagheri, R., Shirmardi, S.P., Adeli, R.,2017. Study on gamma-ray shielding characteristics of lead oxide, barite and boron ores using MCNP-4C Monte Carlo Code and experimental data. *Journal of Testing and Evaluation*,45 (6).
- Baltaş, H.,Sirin, M.,Çelik, A., Ustabaş, I., El-khayatt, A.M.,2019. Radiation shielding properties of mortars with minerals and ores addivites. *Cement and Concrete Composites*,97,268-278.
- Bel, T., Arslan, C., Baydoğan, N., 2019. Radiation shielding properties of poly (methyl methacrylate)/coemanite composite for the use in mixed irradiation fields of neutrons and gamma rays. *Materials Chemistry and Physics*, 221, 58-67.
- Boren,2019.Bor. <https://www.boren.gov.tr/> (01.07.2019).
- Caner, Z., Tufan, M.Ç., 2018. Investigation of attenuation coefficients of some stainless steel and aluminum alloys. *AIP Conference Proceedings*.
- Damla, N.,2009.Türkiyede'ki bazı inşaat malzemelerinde doğal radyoaktiflik seviyelerinin ve kütle soğurma katsayılarının belirlenmesi.Doktora tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Trabzon.
- Demir, K., 2015.Briket ve tuğlanın radyolojik açıdan karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Frimaio, A., Nascimento, B.C., Barrio, R.M.M., Campos, L.L., Costa, P.R., 2019. X-ray spectrometry applied for determination of linear attenuation coefficient of tissue-equivalent materials. *Radiation Physics and Chemistry*,160,89-95.
- Kaçal, M.R., Akman, F., Sayyed, M.I.,2019. Evaluation of gamma-ray and neutron attenuation properties of some polymers. *Nuclear Engineering and Technology*,51 (3),818-824.
- Köktürk, U.,2002.Endüstriyel Hammaddeler, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yayınları,259,İzmir.
- Lakshminarayana, G., Sayyed, M.I., Baki, S.O., Lira, A., Dong, M.G., Bashar, A., Kityk, I.V., Mahdi, M.A., 2018. Borotellurite glasses for gamma-ray shielding: an exploration of photon attenuation coefficients and structural and thermal properties. *Journal of Electronic Materials*, 48 (2), 930-941.
- Nesreen, R.E., Nadia, H., Tarek, M., Fayez, S., Fadel, M.A.,2019. New shielding composite paste for mixed fields of fast neutrons and gamma rays. *Materials Chemistry and Physics*,233,249-253.
- Oğuz,H.,2008.Toprakbilgisinotları.Gümüşhane,gmyo.gumushane.edu.tr/media/uploads/gmyo-bitkisel/files/toprak-dersi-notlar.pdf (01.07.2019).
- Pomaro, B., Gramegna, F., Cherubini, R., Nadal, V., Salomoni, V., Faleschini, F.,2019. Gamma-ray shielding properties of heavyweight concrete with electric arc furnace slag as aggregate:an experimental and numerical study. *Construction and Building Materials*,200,188-197.

- Sağsöz, M.E., 2006. Bazı biyolojik dokuların lineer X-ışını azaltma katsayılarının tayini ve bu katsayıların bilgisayarlı tomografide doku ayrımının iyileştirilmesi için kullanılması. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Salama, E., Maher, A., Youssef, G.M., 2019. Gamma radiation and neutron shielding properties of transparent alkali borosilicate glass containing lead. *Journal of Physics and Chemistry of solids*,131,139-147.
- Shamson, S.O., Sayyed, M.I., Gaikwad, D.K., Tekin, H.O., Elmahroug, Y., Pawar, P.P.,2018. Photon attenuation coefficients of different rock samples using MCNPX, Geant4 simulation codes and experimental results: a comparison study. *Radiation Effects and Defects in Solids Incorporating Plasma Science and Plasma Technology*, 173,11-12.
- Shishelova, T., Zhitov, V.,2018. Radiation-resistant materials based on mica in the construction industry. *MATEC Web of Conferences*, Rusya.
- Şimşek, O.,2003. Yapı Malzemesi II.Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.,211,İstanbul.
- Tobbala, D.E.,2019. Effect of nano-ferrite addition on mechanical properties and gamma ray attenuation coefficients of steel fiber reinforced heavy weight concrete. *Construction and Building Materials*,207,48-58.

ÖZGEÇMİŞ

Erzurum'da doğan Hidayet UYANIK; ilköğrenimini İstanbul ve orta öğrenimini Erzurum'da tamamladı. Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik bölümünden 19.06.2014 yılında mezun oldu. 13.01.2015 tarihinde pedagojik formasyon programından mezun oldu. Erzurum İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nde memur olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk annesidir.

Kitap okumayı, seyahat etmeyi ve sinemayı seviyor. Ayrıca moda-tasarım, takı-tasarım ve ev dekor işleri özel ilgi alanları arasındadır.