

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ Cs-137 GAMA RADYOİZOTOP
KAYNAĞI KARŞISINDAKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ VE
İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selahattin YILDIRIM

Nükleer Araştırmalar Anabilim Dalı

Radyasyon Bilim ve Teknoloji Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ Cs-137 GAMA RADYOİZOTOP
KAYNAĞI KARŞISINDAKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ VE
İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Selahattin YILDIRIM
(302111017)**

Nükleer Araştırmalar Anabilim Dalı

Radyasyon Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. A. Beril TUĞRUL

HAZİRAN 2018

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 302111017 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Selahattin YILDIRIM, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “FARKLI ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ Cs-137 GAMA RADYOİZOTOP KAYNAĞI KARŞISINDAKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ VE İRDELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. A. Beril TUĞRUL**

Istanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Nesrin ALTINSOY**

Istanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ayşe DURUSOY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 26 Nisan 2018
Savunma Tarihi : 06 Haziran 2018

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışması ile, radyasyon bulunan ortamlarda ve dolayısıyla nükleer teknoloji ve ileri teknolojilerde kullanım imkanı bulunan alüminyum alaşım malzemelerin gama radyasyonu karşısındaki davranışları incelenmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmanın, konu ilgililerine, yardımcı olması umulur.

Yüksek lisans eğitiminin başlangıcından itibaren ve tez çalışmam süresince değerli bilgi, birikim ve tecrübelerinden yararlanma imkânını bana sağlayan, ayrıca nükleer teknoloji başta olmak üzere daha birçok konuda bakış açımı değiştirmeme ve araştırmalara yönelerek kendimi geliştirmemi sağlayan saygıdeğer hocam Sn. Prof. Dr. A. Beril TUĞRUL'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, bu yüksek lisans tez çalışmasında kullanılan malzemelerin temininde destek veren ASSAN ALÜMİNYUM A.Ş'nin değerli çalışanlarına ve deney sistemlerinin kurulmasında ve deney aşamalarında desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini paylaşan hocam Dr. Bülent BÜYÜK'e ve Araştırma Görevlisi Ertuğrul DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanaklarını kullandıran İTÜ Enerji Enstitüsü'ne teşekkür ederim.

Son olarak eğitim hayatım boyunca beni her yönden destekleyen ve her koşulda arkamda olan annem Sedef YILDIRIM'a ve babam Bayram YILDIRIM'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2018

Selahattin YILDIRIM
(Fizikçi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. RADYASYON ve MADDE İLE ETKİLEŞİMİ	5
2.1 Radyasyon.....	5
2.2 Doğal ve Yapay Radyasyon.....	5
2.3 Radyasyon Tipleri.....	5
2.4 Radyasyonun Madde ile Etkileşim Mekanizmaları	8
2.4.1 Yüklü partiküllerin madde ile etkileşimi	8
2.4.2 Yüksüz partiküllerin madde ile etkileşimi.....	9
3. ALÜMİNYUM ve İŞLENİK ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI.....	19
3.1 Alüminyum	19
3.2 İşlenik Alüminyum Alaşımaları	20
3.3 Alaşım Elementlerinin Etkisi.....	21
4. DENEYLERİN TANITIMI	23
4.1 Deneylede Kullanılan Malzemelerin Tanıtımı	23
4.2 Kullanılan Gama Radyoizotop Kaynak	24
4.3 Gama Detektörü	25
4.4 Kolimatör	26
4.5 Zırh Elemanlar	27
4.6 yDüzeneği	27
4.7 Deneylein Yapılışı	28
5. DENEYLERLE ULAŞILAN SONUÇLAR	31
5.1 Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları	31
5.1.1 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 1050 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylelerin sonuçları.....	31
5.1.2 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 3003 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylelerin sonuçları.....	32
5.1.3 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 5005 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylelerin sonuçları.....	33
5.1.4 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 6063 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylelerin sonuçları.....	34
5.1.5 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 7072 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylelerin sonuçları.....	35

5.1.6 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 8006 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylerin sonuçları	36
5.2 Karşılaştırmalı Deney Sonuçları	37
6. XCOM BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
6.1 XCOM Bilgisayar Programı	41
6.2 XCOM Bilgisayar Programı ile Uygulama.....	41
6.3 XCOM Bilgisayar Programı İle Alınan Sonuçlar	42
6.3.1 1050 Alüminyum için kütle soğurma katsayıları	42
6.3.2 3003 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları	43
6.3.3 5005 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları	43
6.3.4 6.3.4. 6063 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları	44
6.3.5 7072 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları	45
6.3.6 8006 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları	46
6.4 Karşılaştırmalı Değerlendirmeler.....	46
6.4.1 Alüminyum alaşımlarının kütle soğurma katsayılarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi	47
6.4.2 Alüminyum alaşımlarına ilişkin yarı- kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi	48
6.4.3 Alüminyum alaşımlarına ilişkin ondabir kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi	49
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	57

KISALTMALAR

GM	: Geiger-Müller
HP	: Hewlett-Packard
IPAQ	: International Physical Activity Questionnaire
İTÜ	:İstanbul Teknik Üniversitesi
TAEK	:Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TRIGA	:Training Research Isotopes General Atomic
ASA	:American Standart Association
XCOM	: Bilgisayar Programı ismi

SEMBOL LİSTESİ

c	: Işık Hızı
E	: Enerji
E_b	: Elektronunun Bağlanma Enerjisi
E_e	: Yayınlanan Fotoelektronun Enerjisi
E_γ	: Gelen Gama Işınının Enerjisi
E'_γ	: Saçılan Gama Işınının Enerjisi
hν	: Gelen Foton Enerjisi
hν'	: Saçılan Foton Enerjisi
I	: Melzemeyi Geçen Işınlardan Şiddeti
I₀	: Gelen Foton Şiddeti
m_e	: Elektronun kütlesi
(n , γ)	: Nötron-Gama Reaksiyonu
(n , α)	: Nötron-Alfa Reaksiyonu
(n , 2n)	: Nötron-2 Nötron Reaksiyonu
(n , p)	: Nötron-Proton Reaksiyonu
x	: Soğurucu Malzeme Kalınlığı
X	: X ışınları
γ	: Gama Işınları
ρ	: Malzeme Yoğunluğu
μ	: Lineer Zayıflatma Katsayısı
μ_m	: Kütle Zayıflatma Katsayısı
σ_x	: x Değişkeni İçin Standart Sapma
σ_y	: y Değişkeni İçin Standart Sapma
σ_z	: z Değişkeni İçin Standart Sapma
θ	: Gelen Fotonun Geliş Doğrultusundan Sapma Açısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Alüminyum özellikleri .	19
Çizelge 3.2 : İşlenik alüminyum alaşımları .	20
Çizelge 3.3 : Alaşım elementlerinin katılma sıcaklığı üzerine etkisi .	22
Çizelge 4.1 : Çalışılan işlenik alüminyum alaşımları.	23
Çizelge 4.2 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının kimyasal özellikleri (%)	24
Çizelge 4.3 : Cs-137 Radyoizotop Kaynaklarının Özellikleri .	24
Çizelge 4.4 : PM1401K Model Sintilasyon Detektörünün Genel Özellikleri .	25
Çizelge 5.1 : 1050 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları .	32
Çizelge 5.2 : 3003 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları .	33
Çizelge 5.3 : 5005 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları .	34
Çizelge 5.4 : 6063 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları .	35
Çizelge 5.5 : 7072 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları .	36
Çizelge 5.6 : 8006 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları .	37
Çizelge 5.7 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları .	38
Çizelge 6.1 : 1050 Alüminyum için bulunan kütle soğurma katsayıları .	42
Çizelge 6.2 : 3003 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları .	43
Çizelge 6.3 : 5005 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları .	44
Çizelge 6.4 : 6063 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları .	44
Çizelge 6.5 : 7072 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları .	45
Çizelge 6.6 : 8006 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları .	46
Çizelge 6.7 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin kütle soğurma katsayıları .	47
Çizelge 6.8 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin yarı-kalınlık değerleri .	48
Çizelge 6.9 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin ondabir kalınlık değerleri .	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Elektromanyetik spektrum .	6
Şekil 2.2 : Radyasyonun sınıflandırılması.	8
Şekil 2.3 : Fisyon olayı .	11
Şekil 2.4 : Fotoelektrik olay	12
Şekil 2.5 : Compton saçılması .	13
Şekil 2.6 : Çift oluşumu.	14
Şekil 2.7 : Fotonların maddeyle etkileşimi .	15
Şekil 2.8 : Girici elektromanyetik radyasyonun zayıflatılması	16
Şekil 3.1 : Alüminyum-bakır faz diyagramı.	21
Şekil 3.2 : Alüminyum-silisyum faz diyagramı.	22
Şekil 4.1 : Deneylede kullanılan Cs-137 gama radyoizotop kaynağı.	24
Şekil 4.2 : PM1401K model cihaz.	25
Şekil 4.3 : Cihazla uyumlu cep bilgisayarı.	26
Şekil 4.4 : Deneylede kullanılan kolimatör	26
Şekil 4.5 : Zırh elemanlarla oluşturulan hücre.	27
Şekil 4.6 : Gama Deney Düzenegi Şeması.	28
Şekil 5.1 : 1050 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.	32
Şekil 5.2 : 3003 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.	33
Şekil 5.3 : 5005 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.	34
Şekil 5.4 : 6063 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.	35
Şekil 5.5 : 7072 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.	36
Şekil 5.6 : 8006 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.	37
Şekil 5.7 : 1050, 3003, 5005, 6063, 7072, 8006 alüminyum alaşımaları için Cs-137 gama radyasyon kaynağına ilişkin karşılaştırmalı radyasyon zayıflatma eğrileri.	39
Şekil 6.1 : 1050 Alüminyum için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.	42
Şekil 6.2 : 3003 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.	43
Şekil 6.3 : 5005 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurmakatsayıları farkı.	44
Şekil 6.4 : 6063 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurmakatsayıları farkı.	45
Şekil 6.5 : 7072 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.	45
Şekil 6.6 : 6063 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.	46
Şekil 6.7 : Çalışılan alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları.	47
Şekil 6.8 : Çalışılan alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin yarı-kalınlık değerleri karşılaştırması.	48

Şekil 6.9 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin onda bir kalınlık değerleri karşılaştırması. **49**

FARKLI ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ Cs-137 GAMA RADYOİZOTOP KAYNAĞI KARŞISINDAKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ VE İRDELENMESİ

ÖZET

Mühendislik içinde daima önemli yeri olan malzemelerin, doğal olarak özelliklerinin ve çeşitli şartlarda davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, malzeme özelliklerinin araştırılması, incelenmesi ve amaca uygun yeni malzemelerin geliştirilmesi giderek üzerinde durulması gereken konuları oluşturmaktadır.

Öte yandan, nükleer reaktörlerin gelişimi ve radyasyonla sterilizasyon gibi büyük radyasyon dozu ile çalışma şartlarında da bu şartlarda kullanılan malzemelerin radyasyon karşısındaki davranışlarının bilinmesi gerekli olmaktadır. Ayrıca, uzay teknolojisi uygulamalarında da malzeme kozmik şartlarda radyasyon dozuna maruz kalabileceklerdir. Bu bağlamda, malzemelerin radyasyon karşısındaki davranışının incelenmesi öne çıkmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, sanayide önemli bir kullanım yeri olan işlenik olarak nitelenen alüminyum alaşımlarının gama radyasyonu karşısında gama radyasyonunu tutma özelliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Alüminyum, birçok endüstri dalında tercih edilerek kullanılan bir malzeme durumundadır. Hafif olması ve alaşımlandırmayla istenen özelliklerin kazandırılabilmesi nedeniyle söz konusu bu malzemenin birçok sanayi dalında kullanılması tercih edilmektedir.

Alüminyum alaşımlarının öncelikle kullanıldığı sektörlerin başında havacılık ve uzay sektörü sayılmaktadır. Ayrıca alüminyum günlük yaşantımızda da sıkça kullanılan bir malzeme haline gelmiş bulunmaktadır. Bununla beraber nükleer teknoloji gibi ileri teknolojilerde de kullanılabilir. Böylelikle, bu çalışmayla, sanayide rutin kullanımı olan alüminyum alaşımlarının nükleer teknoloji ve nükleer uygulamalarda kullanılmaları halindeki durumun değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Gama radyasyon kaynağı olarak Cs-137 gama radyoizotop kaynağı kullanılmıştır. Bu gama kaynağının kullanılmasının nedeni monokromatik bir gama kaynağı kullanılmış olmasıdır. Dolayısıyla orta enerjili olarak nitelenebilecek tek enerjili bir gama kaynağı ile değerlendirmenin daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Çalışılan alüminyum alaşımları ticari olarak kullanılmakta olan işlenik alüminyum alaşımlarından en çok kullanılan alaşımlardır. Bu bağlamda, alüminyum alaşımlarından önemli olanları ve yaygın olarak kullanılanları 1xxx, 3xxx, 5xxx, 6xxx 7xxx ve 8xxx alaşımlarının deneylerde kullanılması tercih edilmiştir. Çalışılan ticari kullanımlı alüminyum malzemeler; 1050, 3003, 5005, 6063, 7072, 8006 alüminyum malzemelerdir. 1xxx serisi (safsızlık elemanları dışında) alaşımsız alüminyum olduğundan bu seri ile çalışılmasıyla bu söz konusu bu seri alaşımın referans alaşım olarak kullanılabilmesi düşünülmüştür. Alüminyum alaşımlarının geliştirilmesinin önem arz etmektedir.

Gerçeklenen deneyler, transmisyon tekniği geometrisine uygun olarak oluşturulan deney düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Saçılma etkisinin düşürülmesi için kolimatör ve kurşun zırh malzemeler deney düzeneğinde kullanılmıştır. Böylelikle, saçılma etkisinin olmadığı kabulü ile zayıflatma katsayıları tayin edilmiştir.

Ayrıca gama deneylerinde kullanılan dedektör PM1401K model olup bir ölçümleme cihazıdır. Çok kanallı analizör içeren yapısı ile yapılması planlanan deneysel çalışmalar için uygun bir cihazdır.

Ayrıca deney esnasında HP IPAQ cep bilgisayarı ile çalışılmıştır. Söz konusu dedektör dedektör ile birlikte kullanılabilir. Böylelikle deneylerde radyasyon güvenliği sağlanmıştır.

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile yapılan deneylerde, çalışılan ticari alüminyum malzemelerle ulaşılan deneysel sonuçlardan hareketle çizilen zayıflatma eğrileri nispeten birbirine benzer sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin ulaşılan sonuçlarla çizilen radyasyon zayıflatma eğrileri; incelendiğinde 1050 katkısız alüminyum malzeme, diğerlerinden hayli farklı sonuç verdiği görülmüştür. Diğer katkılı alüminyum alaşım malzemelere ilişkin zayıflatma eğrilerinin birbirine hayli yakın olduğu görülmektedir.

1050 dışındaki ticari katkılı alüminyum malzemelerde gama radyasyonunu zayıflatma etkisinin daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bu husus beklenti doğrultusunda olup, alüminyuma % 0,5 ve üzerindeki katkılanan magnezyum, manganez, çinko, silisyum ve demir gibi katkılama elementlerinin radyasyonu zayıflatmada etkin olduğunu göstermektedir.

Çalışılan alüminyum malzemeler için deneysel olarak elde edilen sonuçların irdelenmesi de bu Yüksek Lisans Tezi kapsamında amaçlanmıştır. Bu bağlamda, uluslararası güvenilirlikle tercih edilen XCOM Bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu bağlamda, kütle soğurma katsayıları önce, deneysel çalışmalardan hareketle hesaplanmış daha sonra XCOM Bilgisayar programı ile de teorik olarak hesaplanmıştır. Deneysel ve teorik olarak bulunan kütle soğurma katsayılarının karşılaştırmalı değerlendirmeleriyle elde edilen sonuçların birbirine hayli yakın olduğu görülmüştür.

Deneysel ve teorik olarak bulunan kütle soğurma katsayıları arasındaki farklılığın % 6'nın altında kaldığı tespit edilmiştir. 1050 serisi alüminyum malzeme dışında ise bu farklılık % 2,5'un altında kalmıştır. Bu bağlamda, deneylerimizle ulaşılan sonuçların güvenilir olduğu söylenebilir.

Ayrıca, çalışılan alüminyum alaşımları için yarı-kalınlık ve ondabir kalınlık tayinleri de yapılmıştır. 1050 katkısız olarak kabul edilen malzeme dışındaki alüminyum alaşımları için birbirine hayli yakın yarı-kalınlık ve ondabir kalınlık değerleri elde edilmiştir. Ancak, 1050 malzemesi için yarı-kalınlık ve ondabir kalınlık değerleri diğer alüminyum alaşımlarından hayli yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç önceki sonuçlarla uyumlu olup beklenti doğrultusunda bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarla alüminyuma katkılanan yüksek atom numaralı elementlerin katkılanması gama radyasyonu zayıflatması önem arz etmektedir. Bu husus, girici elektromanyetik radyasyonunun madde ile etkileşim olayları ilişkili olup yüksek atom numaralı elementlerin gama zırhlaması için öneminden kaynaklanmaktadır.

Öz olarak; bu yüksek lisans çalışmasıyla, ticari kullanımlı alüminyum malzemelerin nükleer teknolojide kullanılması halinde 0,662 MeV enerjili gama radyasyonu

karşısındaki davranışları yapılan deneylerle gözlenmiş ve XCOM Bilgisayar programı ile sınıanmış ve uyumlu sonuçlara ulaşılabilđi görülmüştür.

INVESTIGATION AND EXAMINATION OF THE BEHAVIOR OF DIFFERENT ALUMINUM ALLOYS AGAINST Cs-137 GAMMA RADIOZOTOPIC RESOURCE

SUMMARY

Materials that have always been important in engineering should naturally know their properties and their behavior under various conditions. In this context, the investigation of materials properties, the examination of them and the development of new materials suitable for the purpose constitute the issues that need to be emphasized.

On the other hand, it is necessary to know the behaviors of the materials used in these conditions against the radiation even in the conditions of working with nuclear radiation reactors such as the development of nuclear reactors and radiation sterilization. Also, in space technology applications, materials may be exposed to radiation dose in cosmic conditions. In this context, the examination of the behavior of materials against radiation is at the forefront.

In this master thesis study, it is aimed to investigate the holding ability of gamma radiation against gamma radiation of aluminum alloys, which are considered as an important usage place in the industry. Aluminum is a preferably used material for many industry branches is also sometimes in nuclear technology. It is preferred that this material is used in many industrial fields because it is light and it can be given properties desired by alloying.

Aerospace sector is considered as one of the most used sectors of aluminum alloys. In addition, aluminum has become a frequently used material in our daily lives also. However, it can be used in advanced technologies such as nuclear technology he others.

Therefore, it is aimed to evaluate the situation in which aluminum alloys, which are routinely used in the industry, are used in nuclear technology and nuclear applications.

Cs-137 gamma radioisotope source was used as a gamma radiation source in this study. The use of this gamma source is due to the use of a monochromatic gamma source and having long half-life. Therefore, it is thought to be more appropriate to evaluate it with a single energetic gamma source that could be described as medium energized.

Working aluminum alloys are the most commonly used alloys from commercially used aluminum alloys. In this context, it is preferred to use alloys of 3xxx, 5xxx, 6xxx and 7xxx which are important and important ones of aluminum alloys in experiments.

Working commercial use aluminum materials; 1050, 3003, 5005, 6063, 7072, 8006 aluminum materials. Since 1xxx series (except impurity elements) are unalloyed

aluminum, it is thought that this series alloy can be used as reference alloy by working with this series. Aging of aluminum alloys is significant.

The realized experiments were carried out with an experimental setup which was constructed in accordance with the transmission technique geometry. Collimator and armor materials were used in the experiment to reduce the scattering effect. Thus, attenuation coefficients have been determined with the assumption that there is no scattering effect.

The detector used in gama experiments is PM1401K model and it is a radiation level measurement which measure device. With its multichannel configuration it is suitable for experimental uses to be planned.

Also during experiments HP IPAQ pocket pc is used. It is suitable for use along the detector. Radiation safety during experiments is maintained using these tools.

Experiments with the Cs-137 gamma radioisotope source showed that the attenuation curves plotted on the basis of the experimental results obtained with commercially available commercial aluminum materials gave relatively similar results.

The radiation attenuation curves plotted with the results obtained for the Cs-137 gamma radioisotope source; when examined, it was seen that 1050 pure aluminum material gave a very different result than the others. It is seen that the attenuation curves for the other doped aluminum alloy materials are very close to each other.

It has been observed that the gamma radiation attenuation effect is better in commercially doped aluminum materials outside 1050. This is in line with expectations, suggesting that doping elements such as magnesium, manganese, zinc, silicon and iron, which are doped with 0.5% or more of aluminum, are effective in attenuating the radiation.

Examination of the experimental results for the working aluminum materials is also aimed at in the scope of this Master's thesis. In this context, XCOM Computer program which is preferred with international reliability is used. In this context, the mass absorption coefficients are first calculated from the empirical studies and then theoretically calculated by the XCOM computer program. It has been found that the results obtained by comparative evaluations of experimental and theoretical mass absorption coefficients are very close to each other.

It has been found that the difference between the experimental and theoretical mass absorption coefficients is less than 6%. If the 1050 series is not aluminum, this difference is less than 2,5%. In this context, it can be said that the results achieved with our experiments are reliable.

Also, half-thickness values and tenth thickness values were determined for the aluminum alloys studied. For aluminum alloys other than the 1050 unadulterated material, very close half-thickness values and tenth thickness values were obtained.

However, it has been found that the half-thickness and the tenth thickness values of 1050 material are considerably higher than other aluminum alloys. This result is in fitting line with the previous results and is in line with expectations.

Studies have shown that doping of elements with high atomic number, which are doped with alumina, is important for attenuating gamma radiation. This is due to the fact that the electromagnetic radiation of the entrant is related to the interaction

phenomena with matter and is important for gamma shielding of elements with high atomic number.

It can be summarised that, with this study of MSc thesis, the behaviors of 0.662 MeV energetic gamma radiation (Cs-137) in the case of commercial use of aluminum materials in nuclear technology have been observed with experiments and the experimental results were tested with XCOM Computer program and it has been seen that compatible results can be achieved.

1. GİRİŞ

Mühendisliğin önemli konusu malzeme seçimi ve uygulamaları olmaktadır. Mühendislik uygulamalarında, çoğu kez demir-çelik öne çıkmakla beraber ikinci dünya savaşından sonra demir dışı metaller de kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde gelişen farklı teknoloji alanlarında ile demir dışı metallerin ve de polimerlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Bilim ve teknolojinin gelişimi kimi kez malzeme bağlantılı olabilmektedir. Hatta malzeme ile anılan teknoloji ve sistem nitelermeleri öne çıkabilmektedir. Bu alanlardan biri nükleer teknolojidir. Nitekim reaktör teknolojisiyle geliştirilmiş pek çok nükleer reaktör tipi malzeme isimleriyle anılmaktadır. Örneğin; hafif su reaktörleri, ağır su reaktörleri, gaz-grafit reaktörleri vb. önemli reaktör tipleri olarak soğutucu, moderatör gibi elemanların isimleriyle ifade edilmektedir.

Mühendislik içinde böylesi önemli yeri olan malzemelerin, doğal olarak özelliklerinin ve çeşitli şartlarda davranışlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, malzeme özelliklerinin araştırılması, incelenmesi ve amaca uygun yeni malzemelerin geliştirilmesi giderek üzerinde durulması gereken konuları oluşturmaktadır (Çevikbaş, 2014).

Öte yandan, günümüzde yeni bir ileri teknoloji de hızla gelişmektedir. Nanoteknoloji olarak ifade edilen bu ileri teknoloji alanında nano boyutlarda içyapıya sahip malzemelerin üretilmesi kalite kontrolunun yapılması ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Nano boyutlardaki malzeme özelliklerinin takibi ve izlenmesi için nükleer tekniklerin kullanımı öne çıkmaktadır. Bir başka deyişle, çeşitli malzemelerin incelenmesinde kullanılacak yöntemler çoğunlukla nükleer teknikler olmaktadır. Bu nedenle de, radyasyon ile çeşitli malzemelerin etkileşiminin bilinmesi ve bu bilgiler çerçevesinde uygulamaların yapılması önemli olmaktadır. (Smith, 1996).

Nükleer uygulama teknikleri ile başka hiçbir teknikle ulaşılamayacak maddeye ilişkin nano boyutlu yapılarına ilişkin bilgiler edinilebilmektedir. Bir başka deyişle, nükleer tekniklerde kullanılan radyasyonun madde ile etkileşimi ve bu etkileşim sonucu olabilecek değişimlerin bilinmesi elzem olmaktadır.

Öte yandan, nükleer reaktörlerin gelişimi ve radyasyonla sterilizasyon gibi büyük radyasyon dozu ile çalışma şartlarında da bu şartlarda kullanılan malzemelerin radyasyon karşısındaki davranışlarının bilinmesi gereklidir. Ayrıca, uzay teknolojisi uygulamalarında da malzeme kozmik şartlarda radyasyon dozuna maruz kalabileceklerdir. Bu bağlamda, malzemelerin radyasyon karşısındaki davranışının incelenmesi öne çıkmaktadır.

Nükleer tekniklerin uygulamaları ile malzeme hakkında mikro ve nano boyutlarda özelliklerinin bilinmesiyle söz konusu malzemelerin farklı alanlarda kullanımının önü açılmış olmaktadır. Farklı olarak, malzemelerin özelliklerinin geliştirilebilmesi ve değiştirilebilmesi de yine nükleer tekniklerin uygulanmasıyla mümkün olabilmektedir. Elde edilen bilgi birikimlerin kullanılarak hayata geçirildiği alanlar arasında uçak uzay sanayi, enerji sektörü, nükleer teknoloji, elektronik-bilgisayar uygulamaları, inşaat, maden, tıp yer almaktadır (Choo, 1990).

Nükleer ve radyasyon teknolojisi, günümüzde endüstri, tıp, tarım-hayvancılık, bilimsel araştırmalar ve arkeometri farklı alanlarda uygulanabilmektedir (Tuğrul, 1986). Tüm bu uygulamalar, ülkelerin hayat standartlarının yükseltilmesine hizmet etmekte olup giderek kullanımları yaygınlaşmaktadır. Ancak, malzeme sorunlarının bilinmesi, takip edilmesi ve kullanım şartlarındaki durumunun bilinmesi istenmektedir (Akkaş, 2015).

Yaşanan teknolojik gelişmelerle çeşitli sanayi sektörlerinde ileri, yeni ve gelişkin alaşım ve kompozit malzemelerin kullanımları artmış bulunmaktadır. Bu bağlamda, çeşitli alaşım ve malzemelerin farklı amaçlarla uygulamalarda radyasyona maruz kalmaları halinde radyasyon karşısındaki davranışlarının incelenmesi bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Demir dışı metal olarak kullanılan önemli bir malzeme grubu alüminyum ve alüminyum alaşımları olan Alüminyum, günlük yaşantımızda olduğu kadar, uçak-uzay teknolojisi, nanoteknoloji ve nükleer teknoloji gibi ileri teknolojilerde sıkça

kullanılmaktadır. Bu bağlamda, alüminyum ve alaşımlarının radyasyon karşısındaki davranışlarının bilinmesi önem arz etmektedir.

Bu Yüksek Lisans tezinde, farklı sektörlerde sıkça kullanılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoaktif kaynağı karşısındaki davranışının incelenmesi ve bu bağlamda zırhlama özelliklerinin araştırılması ve irdelenmesi amaçlanmıştır.

2. RADYASYON ve MADDE İLE ETKİLEŞİMİ

2.1 Radyasyon

Tanım olarak “Radyasyon; partikül akımı ile veya dalga tabiatına uygun olarak bir maddeye veya ortama enerji transfer edilişi” olarak betimlenmektedir (Tuğrul, 2012). Bu tanımlamaya giren birçok radyasyon tipi bulunmaktadır. Öncelikle, radyasyon kaynağının doğada olup olmadığına bakılarak radyasyon sınıflanabilir.

2.2 Doğal ve Yapay Radyasyon

Gerçekte, radyasyon doğada var olan etkidir. Bu bağlamda doğal radyasyondan bahsedilebilir. Bir başka deyişle, dünyada tüm varlıklar, dolayısı ile tüm canlılar için de radyasyon etkisi söz konusu olmaktadır. En büyük radyasyon kaynağı yıldızlar olup, dünyamıza en yakın yıldız olan güneş önemli bir radyasyon kaynağıdır. Dünyamızda da birçok radyasyon kaynağı bulunmaktadır. Söz konusu bu radyasyon kaynakları atmosferde, kayalarda, suda ve toprakta bulunmaktadır.

Doğal radyasyondan ayrı olarak, insanlar tarafından üretilen ve geliştirilen radyasyon kaynakları da var olup endüstri ve tıp başta olmak üzere farklı alanlarda kullanılmaktadırlar. Bu tip kaynaklar yapay radyasyon kaynakları olarak nitelenmektedir.

2.3 Radyasyon Tipleri

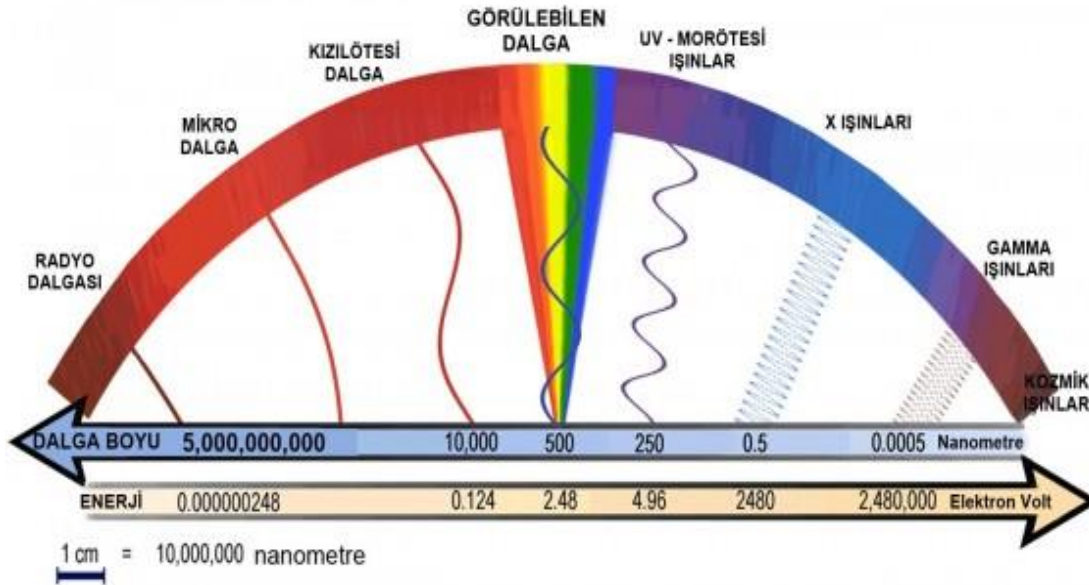
Radyasyonun farklı şekillerde sınıflandırılması mümkündür. Bir sınıflama radyasyonun tanımından hareketle “partiküler (veya parçacık) radyasyon” ve “elektromanyetik radyasyon” olarak yapılabilmektedir.

Partiküler radyasyon veya parçacık radyasyonu olarak alfa parçacıkları, elektronlar, beta parçacıkları, nötronlar, protonlar, ağır parçacıklar ve atom altı parçacıklar sayılabilir.

Alfa parçacıkları, 2 proton ve 2 nötrondan oluşan yüksek hızlı helyum çekirdekleridir. Protonlar atom çekirdeğinde bulunan 1 akb kütleli +1 elektrik yüklü parçacıklardır. Nötronlar yine atom çekirdeğinde yer alan 1 akb kütleli elektrik yükü olmayan parçacıklardır. Ağır parçacıklar, hızlandırılmış atom çekirdekleri, atom altı parçacıklar ise atom çekirdeğinin parçalanmasıyla ortaya çıkan parçacıklar olmaktadır. Elektronlar, atom uzayında yer alan -1 elektrik yüklü, kütlesi (proton ve nötrona göre) çok küçük olan parçacıklardır. Beta parçacıkları ise negatron ve pozitron olarak ele alınabilir. Negatron radyoaktif bozunum sonucu çekirdekten atılan enerjilik elektronlar olup dolayısıyla -1 elektrik yüklüdürler. Pozitronlar ise elektronun anti maddesi olup +1 yüklüdürler.

Elektromanyetik radyasyon ise elektromanyetik spektrumda yer alan dalga tabiatına uygun olarak fotonla yayımlanmaktadır. Şekil 2.1’de elektromanyetik spektrum görülmektedir. Nükleer teknoloji bağlamında girici radyasyon dolayısıyla X ve Gama ışınları önemlidir.

ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM



Şekil 2.1 : Elektromanyetik spektrum (Url-1,2018).

Bir diğer sınıflama ise radyasyonun maddeye etkileşmesine göre “iyonlaştırıcı” ve “iyonlaştırıcı olmayan radyasyon” olarak yapılabilir. Buna göre; enerjisi, madde ile etkileştiğinde atomu iyonlaştırabilenler “iyonlaştırıcı radyasyon” iyonlaştıramayanlar ise “iyonlaştırıcı olmayan radyasyon” olarak nitelenmektedir.

Bir başka deyişle, elektronun atoma bağlanma enerjisi üzerinde enerjiye sahip olan radyasyon, atomdan elektron kopararak iyonizasyona sebep olmaktadır. Elektronun atoma bağlanma enerjisinden düşük radyasyon ise atomun iyonize olmasını sağlayamaz. Dolayısıyla, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak da nitelenmektedir.

Ayrıca, radyasyon; partiküler radyasyon ve elektromanyetik radyasyon olarak sınıflandırılabilir. Partiküler radyasyon olarak; alfa partikülleri, beta partikülleri, nötronlar, ağır partiküller, atom altı partiküller sayılabilir (L'Annunziata, 2003).

Alfa partikülleri enerjistik helyum çekirdekleridir. Dolayısıyla iki proton ve iki nötron içermektedir. Alfa partikülleri ağır olduklarından maddeyle etkileşmelerinde enerjilerini hızla kaybetmekte olup madde içinde menzilleri hayli kısa olmaktadır.

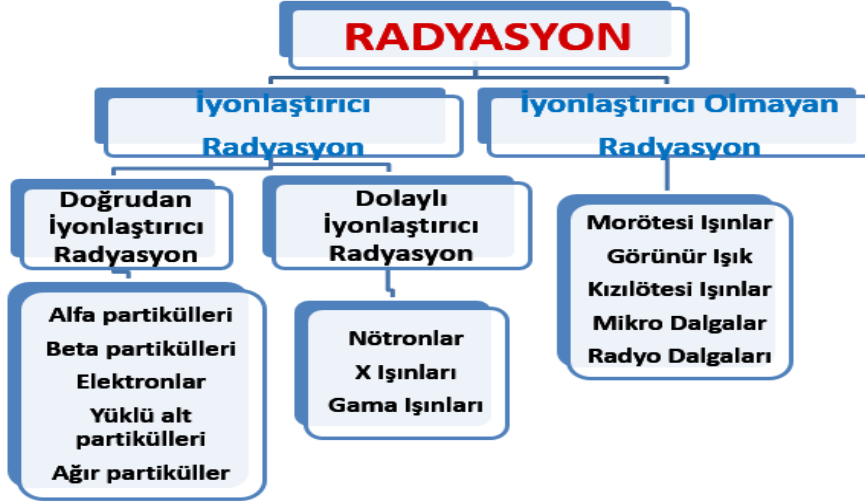
Beta partikülleri ise çekirdekten atılan enerjistik elektronlar (negatronlar) veya anti elektronlar (pozitronlar) olmaktadır. Madde içindeki menzilleri alfa partiküllerine göre daha fazladır. Keza atomdan koparılan enerjistik elektronlar da negatif yüklü partiküller olup, radyasyon etkisine sahip olmaktadır.

Ağır partiküller hızlandırılmış element çekirdekleri olmaktadır. Atom altı partiküller ise atom çekirdeğinin parçalanması ile ortaya çıkan partiküller olup yarı ömürleri hayli kısadır. Bütün enerjistik elektrik yüklü partiküller “Doğrudan İyonlaştırıcı Radyasyon” olarak nitelenmektedir.

Nötronlar, protonla hemen aynı kütlede olup, yüksüzdürler. Atom çekirdeği ile etkileşmekte olup menzilleri görece olarak daha uzundur ve dolaylı olarak maddeyi iyonlaştırmaktadırlar (L'Annunziata, 2003).

Enerjistik elektromanyetik radyasyon ailesi üyeleri olan X-ışınları ve Gama ışınları girici radyasyon olup, dolaylı olarak etkileştikleri atomu iyonlaştırmaktadırlar. Şekil 2.2.'de radyasyonun sınıflandırılması şematik olarak görülmektedir.

Elektromanyetik radyasyonun X ve gama ışınları dışındaki elemanları atomu iyonlaştırmaya yetecek enerjiye sahip olmadıklarından “İyonlaştırıcı Olmayan Elektromanyetik Radyasyon” olarak adlandırılmaktadır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar olarak; morötesi ışınlar, görünür ışık, kızılötesi ışınlar, mikro dalgalar ve radyo dalgaları sayılabilir. Söz konusu bu ışınlar, atomu iyonlaştırabilecek yeterli enerjiye sahip olmamaktadırlar.



Şekil 2.2 : Radyasyonun sınıflandırılması.

2.4 Radyasyonun Madde ile Etkileşim Mekanizmaları

Radyasyonun madde üzerindeki etkisi madde ile etkileşimi bağlamında olmaktadır. Bir başka deyişle, radyasyonun algılanması, zırhlanması ve ölçülmesi madde ile etkileşim olayları ile radyasyon güvenliği ve radyasyonun biyolojik etkilerinin incelenmesi radyasyonun madde ile etkileşimi ile ilişkili olmaktadır. Radyasyon madde ile etkileştiğinde malzemede değişikliklere neden olabilir. Fazla olarak radyasyonun enerjisi de değişebilmektedir. Bu bağlamda, Radyasyonun madde ile etkileşimi neticesinde radyasyonun enerjisindeki kayıp, malzemenin özelliği ile ilişkili olmaktadır (Knoll, 2002). Bu ise, aynı zamanda malzemenin radyasyonu zırhlama özelliği , etkileşime giren radyasyon türüne göre farklılıklar göstermektedir.

Değişik radyasyon tiplerinin maddeyle etkileşimleri farklı olabilmektedir. Bir başka deyişle, yüklü ve yüksüz partiküllerin maddeyle etkileşimleri farklı olmaktadır. Yüklü ve yüksüz parçacıkların madde ile etkileşimlerinin ayrı ayrı incelenmesi yerinde olacaktır.

2.4.1 Yüklü partiküllerin madde ile etkileşimi

Yüklü partiküllerin madde ile etkileşimleri, Coulomb etkileşimi bağlamında olmaktadır. Bu bağlamda, alfa, beta, elektron, yüklü ağır partikülleri ve yüklü atom altı partiküller madde ile elektriksel etkileşim şeklinde etkileşmektedir. Dolayısıyla, enerjilik yüklü parçacıklar atom uzayında yer alan elektronlarla elektriksel kuvvetler çerçevesinde etkileşmektedirler.

Gelen elektrik yüklü parçacıkların sahip olduğu kinetik enerji, atom uzayında yer alan elektronların bağ enerjisinden büyük ise, enerjisinin yeteri kadarını elektrona aktararak elektronun atom yörüngesinden ayrılmasına neden olur. Böylelikle, atom iyonlaşmış olmaktadır (L'Annunziata, 2003).

$(-dE/dx)$ ifadesi, radyasyonun kinetik enerjisinin birim yol boyunca kaybını ifade etmektedir. Yüklü parçacıklar madde içinde ilerlerken madde ile etkileşimleri sonucunda başlıca iki durum gözlenmektedir. Bunlar; enerji kaybı ve geliş doğrultularından sapmalar olmaktadır. Radyasyonun tipi ve enerjisine ve de malzemeyi oluşturan atomların durumuna bağlı olarak bu iki durumun etkisi farklılık gösterebilmektedir.

2.4.2 Yüksüz partiküllerin madde ile etkileşimi

Yüksüz partiküllerin madde ile etkileşimleri, elektrik yüküne sahip olmadıklarından farklılık göstermektedir. Doğrudan elektrik yükleri nedeniyle maddeyle etkileşmeseler de farklı olayların meydana gelmesi sonucunda elektrik yüküne sahip partiküllerin serbest kalmasına neden olmaktadır. Üreyen bu elektrik yüklü partiküller, madde atomları ile etkileşerek yine iyonlaşmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, “Dolaylı İyonlaştırıcı Radyasyon” olarak nitelenmektedirler. Dolaylı iyonlaştırıcı yüksüz partiküller nötronlar, X ışınları ve gama ışınları olmaktadır. Bu tip radyasyonların etkileşimleri aşağıdaki alt bölümlerde açıklanmaktadır (L'Annunziata, 2003).

Nötronların madde ile etkileşimi

Nötronlar yüksüz olmaları nedeniyle malzeme içinde santimetreler mertebesinde yol alabilmektedirler. Nötronlar atomların çekirdeği ile etkileşmektedir.

Nötronların çekirdek ile etkileşimleri iki ana grupta sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Saçılma Etkileşimleri
- Absorbsiyon Etkileşimleridir.

Saçılma etkileşimleri

Çekirdek ile nötronun yaptığı saçılma olayları iki grupta toplanmaktadır. Bunlar;

- Esnek (Elastik)
- Esnek olmayan (İnelastik) saçılmalar olmaktadır.

Esnek (elastik) saçılmada nötron atom çekirdeği ile çarpışmakta ve kinetik enerjisinin bir bölümünü çekirdeğe aktardıktan sonra, geliş doğrultusundan farklı bir doğrultuda yoluna devam etmektedir. Esnek saçılmada enerji ve momentum korunmakta ve çekirdeğin fiziksel durumu değişmemektedir (Hüyük, 2009).

Esnek saçılma, özellikle hızlı nötronların yavaşlatılması için önemli olmaktadır. Bu husus, reaktör mühendisliği açısından önem taşımaktadır. Zira, fisyon olayı sonucunda doğan nötronlar hızlı nötronlar olup, termal reaktörlerde nötronların yavaşlatılması gerekmektedir. Bu da esas itibariyle esnek saçılma olayı ile mümkün olmaktadır .

Esnek olmayan saçılmada nötron, hedef çekirdek tarafından önce absorplanmakta ve bileşik çekirdek meydana gelmektedir. Burada, nötron enerjisinin bir bölümünü çekirdeğe aktararak, nötron geliş doğrultusundan farklı bir doğrultuda yol almaktadır. İnelastik çarpışmada çekirdek uyarılmış olarak kalmakta ve daha sonra çoğu kez gama ışınları yayılmakta veya daha düşük olasılıkla diğer radyasyon çeşitlerini yayabilmektedir (Hüyük, 2009).

Absorbsiyon Etkileşimleri

Nötron, absorpsiyon etkileşimlerinde hedef çekirdek tarafından absorplanarak birleşik çekirdek oluşturmaktadır. Absorpsiyon sonucunda oluşan yeni çekirdek uyarılmış durumda olur ve ya partiküler bir eleman veya foton yayınlamaya çalışır.

Nötronların çekirdek tarafından yakalanmasından sonra çekirdekten başka partikül veya fotonların atılması olayı “soğurma etkileşimi” olarak nitelenmektedir (L'Annunziata, 2003).

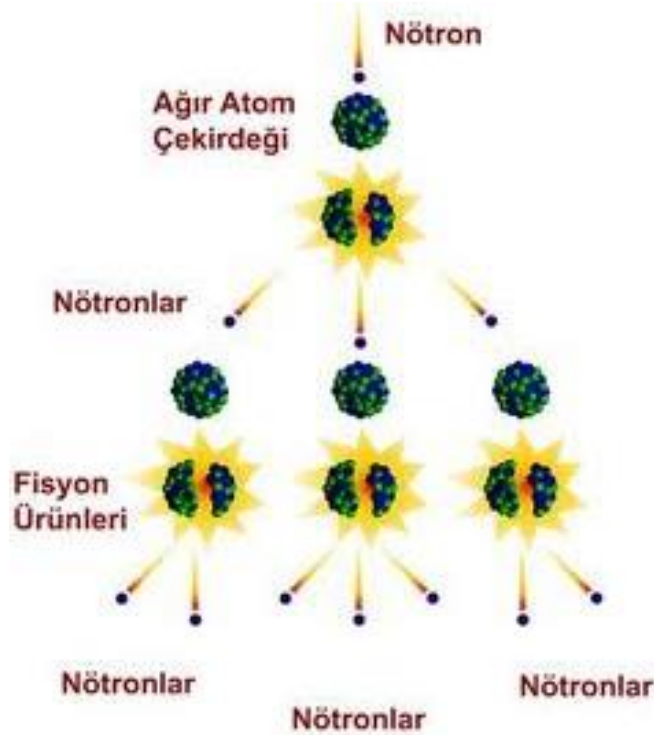
Nötron absorpsiyonu olayları;

- (n,γ) reaksiyonu
- (n,α) reaksiyonu
- $(n,2n)$ reaksiyonu
- (n,p) reaksiyonu
- Fisyon

olmaktadır.

Bu nötron absorpsiyonları arasında en yüksek olasılıkla meydana gelen reaksiyon (n,γ) reaksiyonu olmaktadır. Burada, nötron hedef atom çekirdeği tarafından absorblanmakta ve çekirdek uyarılmaktadır. Uyarılan çekirdek fazla enerjisini gama fotonu olarak atmaktadır. Nötron aktivasyon analizinin de esasını oluşturan reaksiyon olmaktadır.

Bir diğer önemli olay fisyon olayı olmaktadır. Reaktör mühendisliği açısından önemli olan bu olay, uranyum gibi ağır ve kararsız bir elementin atomunun nötron bombardımanı altında nötronu absorblaması ve sonuçta kararsız hale gelerek iki farklı (küçük) çekirdeğe bölünmesi ve iki veya daha fazla nötronun ve 200 MeV mertebesinde bir enerjinin ortama bırakılması olmaktadır. Şekil 2.3'te fisyon olayı şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2.3 : Fisyon olayı (Url-2, 2018).

Girici elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşimi

Girici elektromanyetik radyasyon olan X- ışınlarının ve gama ışınlarının madde ile etkileşimleri, yüksüz olduklarından farklı olmaktadır. Bir başka deyişle X ve gama ışınlarının madde ile etkileşimleri Coulomb etkileşimi şeklinde olmamaktadır. Girici elektromanyetik radyasyonun enerjisi madde ile etkileşimlerinde de etkin olmaktadır.

Girici elektromanyetik radyasyon madde ile başlıca 3 şekilde etkileşmektedir(Knoll, 2002).

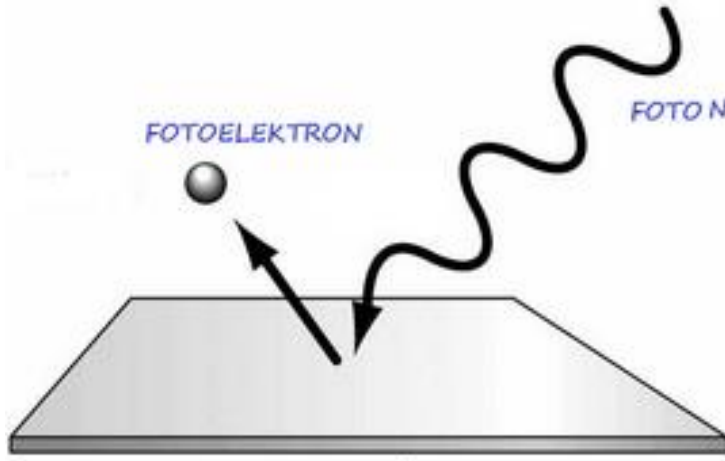
Bunlar;

- Fotoelektrik olay
- Compton saçılması
- Çift oluşumu

olmaktadır.

Fotoelektrik olay

Girici elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde önemli bir olay“Fotoelektrik olay” olmaktadır. Bu olay sırasında, gelen foton, atomun yörüngesinde yer alan elektronlarından birine tüm enerjisini aktararak foton yok olmaktadır. Enerji aktarılan elektron ise yörüngesinden ayrılmaktadır. Söz konusu bu enerjilik elektron “Fotoelektron” olarak adlandırılmaktadır (Knoll, 2002). Foton, bu olay sırasında çoğu kez iç yörünge elektronları ile etkileşmektedir. Şekil 2.4’te fotoelektrik olay şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.4 : Fotoelektrik olay (Url-3)

Fotoelektronun enerjisi;

$$E_e = h\nu - E_b \quad (2.1)$$

olarak ifade edilebilmektedir (Seyrek, 2007).

Denklem 2.1’de;

$h\nu$: Gelen fotonun enerjisini

E_b : Elektronunun bağlanma enerjisini

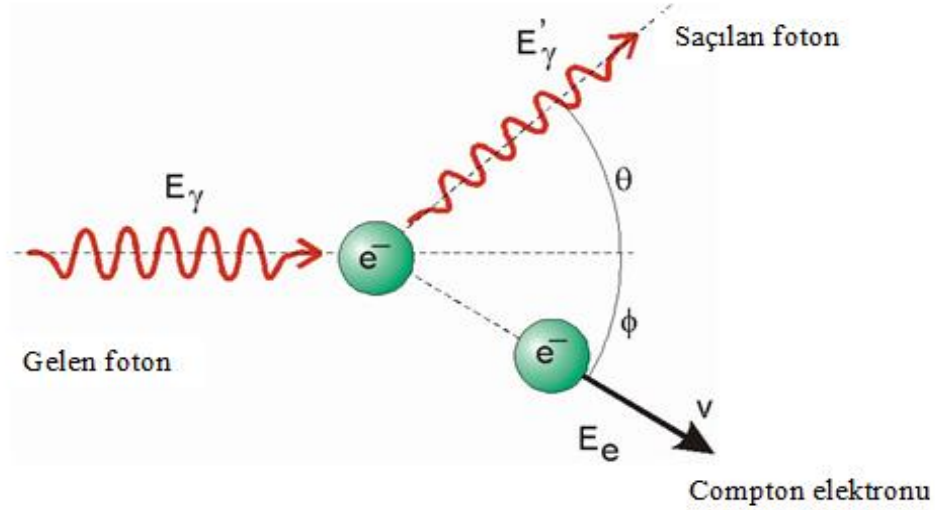
temsil etmektedir.

Fotoelektron iç yörüngelerden yayınlanması halinde, oluşan boşluk üst yörüngelerden bir elektron tarafından doldurulmaktadır. Bu durumda, yörüngeler arasındaki fark kadar enerjiye sahip X-ışını yayınlanmaktadır.

Compton Saçılması

Girici elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde bir başka olay, "Compton saçılması"dır. Gelen foton, etkileştiği atomun elektronuna enerjisinin bir kısmını aktarmakta kendisi de farklı bir yöne enerjisini kaybetmiş olarak saçılmaktadır. Bu olay daha çok atomun dış elektronu ile foton arasında olmaktadır.

Compton olayı sonucunda atom yörüngesinden ayrılan elektron, "Compton elektronu" olarak nitelenmektedir. Gelen foton, geliş doğrultusundan θ açısı kadar saparak yoluna devam etmektedir (Seyrek, 2007). Şekil 2.5'de Compton saçılması olayı şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.5 : Compton saçılması (Url-4).

Compton saçılmasında;

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \gamma(1 - \cos \theta)} \quad (2.2)$$

olarak yazılabilir (Bilge ve Tuğrul, 1990). Burada,

$$\gamma \equiv hv / m_e c^2 \quad (2.3)$$

olmaktadır.

Burada:

hv' : Saçılan foton enerjisini,

$m_e c^2$: Elektronun durağan kütle enerjisini

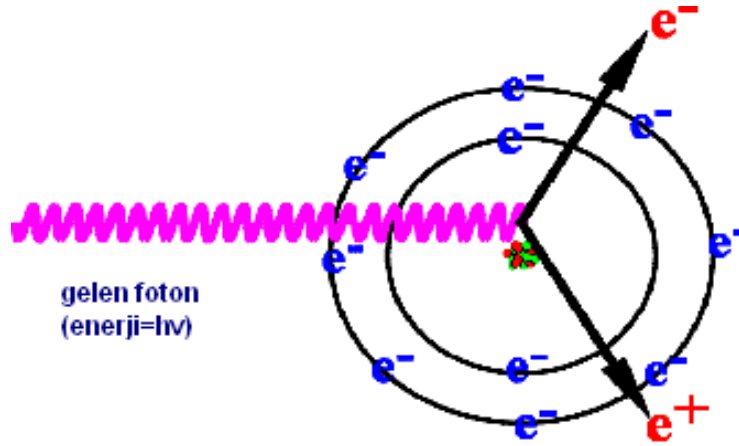
θ : Saçılma açısını

ifade etmektedir.

θ saçılma açısı küçük olması halinde, saçılan elektrona aktarılan enerji de küçük olmaktadır. Maksimum enerji değeri ise θ açısının 90° derece olması halinde olmaktadır.

Çift oluşumu

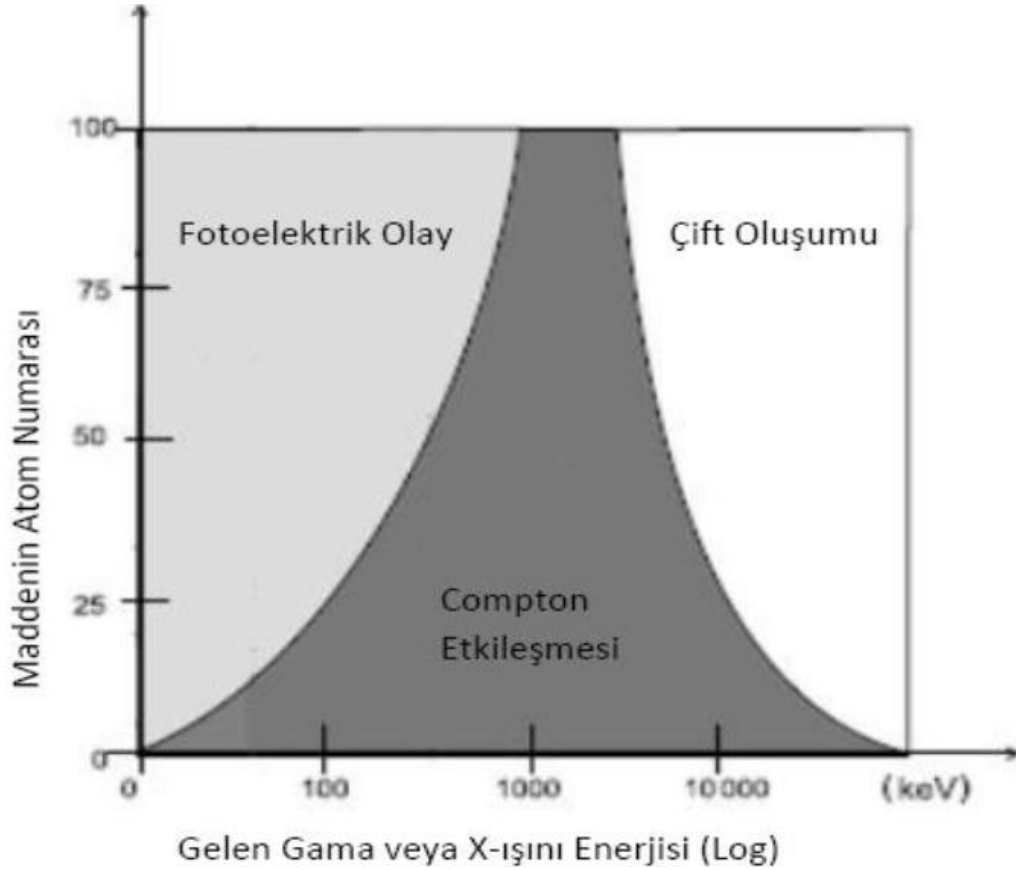
1,02 MeV üzerinde yüksek enerjiye sahip bir foton, atom çekirdeğinin yakınından geçerken kendisi soğurulurken zıt elektrik yüklü partüküller olan elektron ve pozitron çiftinin oluşabilmektedir. Bu etkileşime “Çift oluşumu”denmektedir. Bu etkileşim için eşik enerji 1,02 MeV olmaktadır (Seyrek, 2007). Şekil 2.6’da çift oluşumu etkileşimi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2.6 : Çift oluşumu.

Çift oluşumu olayından sonra foton yok olurken pozitron elektron çifti oluşmaktadır. Dolayısıyla, çift oluşumu sonucunda anihilasyon radyasyonu oluşmaktadır. Anihilasyon radyasyonunun oluşmasıyla 0,511 MeV’lik iki foton zıt yönlerde yayımlanmaktadır. Bu olayın oluşma olasılığı, atom numarasının karesiyle orantılıdır.

Girici elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde hangi olayın baskın olacağı fotonun enerjisi ve fotonun etkileştiği malzemenin atom numarası ile ilgili olmaktadır. Bu bağlamda, fotoelektrik olay daha çok düşük enerjili fotonlar için 1,02 Mev üzerinde ise çift oluşumunun baskın olduğu söylenebilir. Compton etkileşmesi de ara enerji bölgesi için etkin olmaktadır. Şekil 2.7’de de girici elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşiminde etkin olduğu enerji bölgeleri görülmektedir.



Şekil 2.7 : Fotonların maddeyle etkileşimi (Powsner ve Powsner, 2006) (Çevikbaş, 2014).

Girici elektromanyetik radyasyonun Zayıflatılması

Bölüm 2.3.2.2 içinde tanıtilan fotoelektrik olay, Compton saçılması ve çift oluşumu olayları sonucunda girici elektromanyetik radyasyon zayıflatılmış olmaktadır. Ancak, girici elektromanyetik radyasyon olan X ışınları ve gama ışınları madde içine nüfuz ediyor olmaktadır. Bu bağlamda, radyasyonun zırhlaması için söz konusu bu radyasyonların maddeye nüfuziyet kabiliyetleri ve uygun zırhlama için ne nitelikte malzeme kullanılması gerektiğinin bilinmesi gerekmektedir.

Girici elektromanyetik radyasyonun zayıflatılması Beer Lambert Kanunu çerçevesinde olmaktadır. Bir başka deyişle, X ve gama ışınlarının zayıflatılması ve nihayet durdurulması Beer Lambert Kanunu ile yapılacak hesaplamalarla uygun zırhlama şartları sağlanabilecektir (Şekil 2.8).

Beer Lambert Kanunu:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.4)$$

olarak yazılabilmektedir.

Burada;

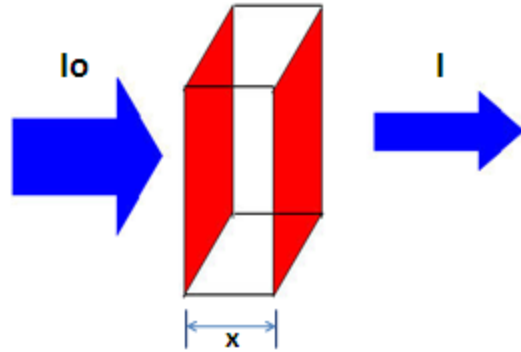
I_0 : Gelen ışınların şiddeti

I : Malzemeyi geçen ışınların şiddeti

x : Malzeme kalınlığı

μ : Lineer (toplam) zayıflatma katsayısı
(fotoelektrik olay, Compton saçılması ve çift oluşumuna ilişkin lineer zayıflatma katsayılarının toplamı)

ifade etmektedir (Bilge ve Tuğrul, 1990).



Şekil 2.8 : Girici elektromanyetik radyasyonun zayıflatılması.

Denklem 2.4. dar demet geometrisi (iyi geometri) için geçerli olmaktadır. Bir başka deyişle, çevreden saçılan radyasyonun algılanmadığı düşünülmektedir. Aksi takdirde Denklem 2.4'te “Büyütme faktörü (Build-up factor)” bulunması gerekmektedir.

Beer Lambert Kanunu’nda yer alan lineer zayıflatma katsayısı tanım olarak; birim uzunluk için fotonun madde ile etkileşme olasılığını ifade etmektedir. Dolayısıyla, lineer zayıflatma katsayısı, girici radyasyonun nüfuz ettiği maddenin yoğunluğu ile ve radyasyonun enerjisinin fonksiyonu olarak değişmektedir. Malzemelerin yoğunluk değerleri faz durumlarına göre değişiklik arz edebilmektedir.

Öte yandan, malzemelerin birbiri ile karşılaştırmalı değerlendirmesi için kütle zayıflatma katsayısının kullanılması esas olmaktadır. Kütle zayıflatma katsayısı ise;

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.5)$$

olarak tanımlanmaktadır (Knoll, 2002). Burada, ρ ilgilenilen malzemenin yoğunluğunu temsil etmektedir.

3. ALÜMİNYUM ve İŞLENİK ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI

3.1 Alüminyum

Alüminyum, yirminci yüzyılda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış bir metaldir. Birçok endüstri dalında tercih edilerek kullanılan bir malzeme durumundadır. Hafif olması ve alaşımlandırmayla istenen özelliklerin kazandırılabilirdiği söz konusu bu malzeme birçok sanayi dalında tercih edilmektedir.

Alüminyum alaşımlarının öncelikle kullanıldığı sektörlerin başında havacılık ve uzay sektörü sayılmaktadır. Ayrıca, alüminyum günlük yaşantımızda da sıkça kullanılan bir malzeme haline gelmiş bulunmaktadır. Bununla beraber nükleer teknoloji gibi ileri teknolojilerde de kullanılmaktadır. İleri teknoloji uygulamalarında çoğu kez alüminyumun özel alüminyum alaşımlarının yer aldığı görülmektedir (Cobden ve Banbury, 1994).

Alüminyum doğada bol bulunan bir element olmasına karşın doğal yapıdan ayrıştırılması zor olduğundan kullanımı bir asır gibi bir süredir önem taşımaktadır. Alüminyumun eldesi elektroliz yoluyla mümkün olmaktadır. Bir başka deyişle, elektriğin keşfi ve kullanımıyla birlikte alüminyumun kullanımı da yaygınlaşmıştır. Çizelge 3.1'de alüminyumun özellikleri görülmektedir.

Çizelge 3.1 : Alüminyum özellikleri (Deschams, vd., 2001, Url-5).

Özellik	Açıklama
Yoğunluğu (g/cm ³)	2.70
Ergime Sıcaklığı (°C)	660
Isı iletkenliği, (cal/cm ² /cm °C)	0,52
Isıl Genleşme Katsayısı (mm/mm°C) 10 ⁻⁶	24
Sertlik (BHN)	19
Elektrik Direnci (Ohm.mm ² /2).10 ²	2,66
Yanma Isısı (kcal/kg)	6970
Uzama (%)	43

Alüminyum korozif ortamlarda oksit tabakası ile kaplanmakta ve alüminyumun korozyona dayanıklılığını sağlamaktadır. Bu özellik alüminyumun birçok korozif ortamda kullanılabilmesine olanak vermektedir. Ancak, alüminyum alaşımlarında yer alan diğer elementler korozyon açısından sorun yaratabilmektedir. Bu bağlamda, alüminyumun olabildiğince saf olarak kullanılması önerilmektedir. Buna karşın, saf alüminyumun mekanik özellikleri yeterli bulunmadığından saf olarak kullanımı tercih edilmemektedir (Akdoğan Eker, 2008).

3.2 İşlenik Alüminyum Alaşımları

Alüminyum, alaşım elementlerinin katkılanmasıyla mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri değişebilmektedir. Alüminyuma katkılanan önemli alaşım elementleri bakır, mangan, silisyum, magnezyum ve çinko olabilmektedir. Ticari olarak da kullanılan bu alüminyum alaşımları “işlenik alüminyum alaşımları” olarak da anılmaktadır (Burgucu, 2011).

İşlenik alüminyum alaşımlarına ilişkin bir simgeleme dizini bulunmaktadır. Söz konusu simgeleme, Amerikan Standartlar Birliği (ASA) tarafından geliştirilmiştir. Simgelemede dört rakam kullanılmakta olup Çizelge 3.2’de betimlenmektedir. Bu simgelemede ilk rakam temel alaşım elementini ifade etmektedir (Burgucu,2011)

Çizelge 3.2 : İşlenik alüminyum alaşımları (Burgucu,2011).

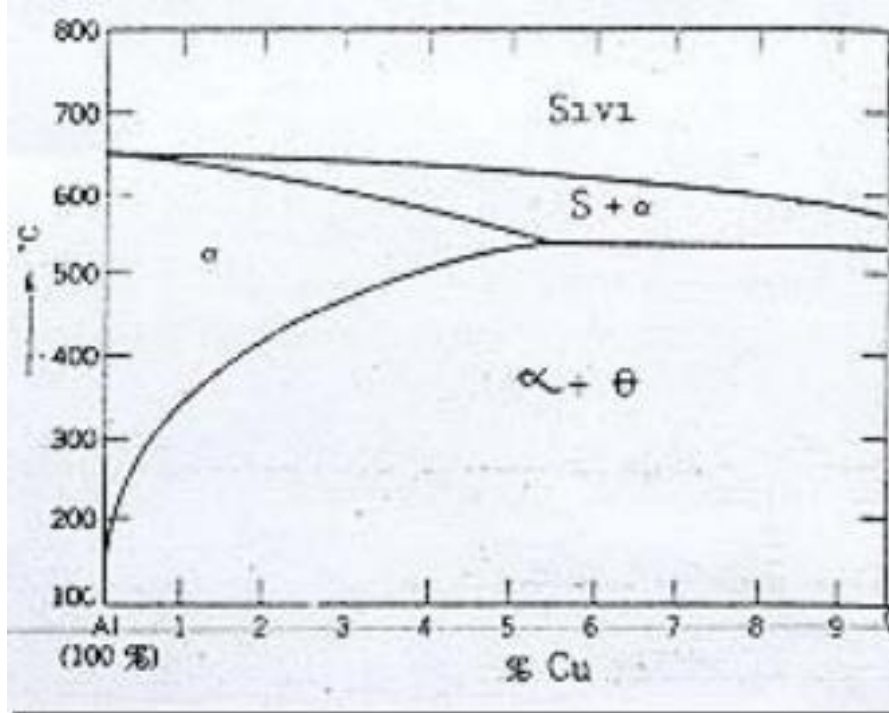
Simge	Temel Alaşım Elementi
1xxx	Alaşımsız alüminyum
2xxx	Bakır alaşımlı alüminyum
3xxx	Manganez alaşımlı alüminyum
4xxx	Silisyum alaşımlı alüminyum
5xxx	Magnezyum alaşımlı alüminyum
6xxx	Magnezyum ve Silisyum alaşımlı alüminyum
7xxx	Çinko alaşımlı alüminyum
8xxx	Diğer elementler alaşımlı alüminyum
9xxx	Kullanılmayan dizi

1xxx dizisi, % 99 mertebesinde alüminyum (% 99,00) içeren alüminyumu ifade etmektedir. Simgelemede son iki rakam % 99 değerinin noktadan sonraki rakamını ve en az aralık değerini belirtir. 1xxx dizisindeki rakamlardan soldan ikinci rakam,impuriti element sayısını ifade etmekte olup 1 ile 9 arasında olabilir.

1xxx dizisi yumuşak olduğundan her zaman tercih edilmeyebilmektedir. Ancak elektrik iletkenliği yüksek istenen şartlarda kullanılmaktadır. 2xxx dizisi ve 4xxx dizisi alaşımlar özel şartlarda kullanılan alaşımlar olmaktadır. 9xxx dizisi ise özel simgelenmiş ancak kullanılmayan olarak nitelenen işlenik alüminyum dizileri olarak nitelenmektedir.

3.3 Alaşım Elementlerinin Etkisi

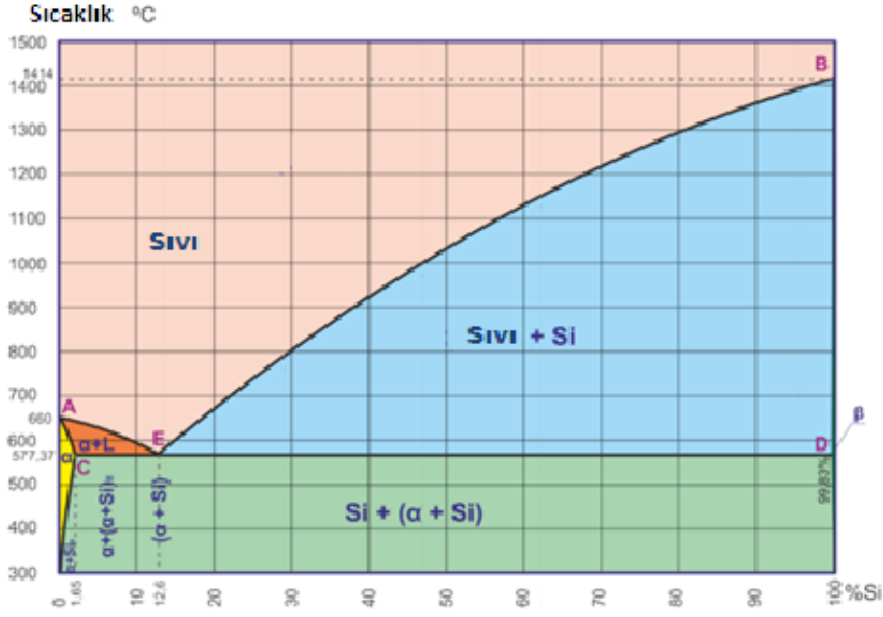
Bakır alüminyum alaşımı içinde % 12'ye kadar olması halinde mukavemeti arttırmaktadır. Ancak, % 12'den daha fazla değerlerde olması durumunda yapı gevrekleşmektedir. Alüminyum içinde bakırın çözünürlüğü % 5,65 mertebesindedir. Şekil 3.1'de alüminyum-bakır faz diyagramı verilmektedir (Burgucu, 2011).



Şekil 3.1 : Alüminyum-bakır faz diyagramı.

Alaşım içinde mangan dökülebilirliği artırmaktadır. Ayrıca, alaşımların süneklik ve tokluk özelliklerini de etkilemektedir (Deschams, vd., 2001).

Alüminyum alaşımında silisyumun varlığı akışkanlığı artırmakta ve sıcak çatlamayı azaltmaktadır. Ancak silisyum içeriği % 3'den fazla olması halinde alaşımın işlenmesi zorlaşmaktadır. Ayrıca silisyum alaşımının korozyon direncini artırmaktadır (Deschams, vd.,2001). Şekil 3.2'de alüminyum-silisyum faz diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.2 : Alüminyum-silisyum faz diyagramı.

Magnezyum katkısı alaşıma yaşlanmaya uygun bir yapı kazandırmaktadır. Magnezyumun % 6'dan fazla olması halinde çökelme sertleşmesi oluşmaktadır. Bu bağlamda, magnezyumlu alaşımların döküm işlemi zor olmaktadır. (Deschams, vd.,2001).

Çinkonun alaşımdaki varlığı ise dökülebilirliği azaltmakta olup yüksek çinko bulunması halinde sıcak çatlama ve soğuma çekmesine neden olmaktadır. Çinkonun % 10'dan fazla alaşımlar gerilim çatlama göstermektedir. (Deschams, vd.,2001).

Alüminyum alaşımları yüksek sıcaklıklarda yüksek katı çözünürlüğü, oda sıcaklığında ise düşük katı çözünürlüğü göstermektedirler. Bunların önemli olanları Çizelge 3.3' de gösterilmiştir (Deschams, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009).

Çizelge 3.3 : Alaşım elementlerinin katılaşma sıcaklığı üzerine etkisi (Deschams vd., 2001).

Alaşım Elementi	Katılaşma Sıcaklığı (°C)	Katılaşma Sıcaklığında Çözünürlük	Oda Sıcaklığında Çözünürlük
Cu	548	5,65	0,02
Mg	450	14,90	2,50
Mn	659	1,80	0,30
Si	577	1,65	0,10
Zn	382	82	2,00

4. DENEYLERİN TANITIMI

Bu yüksek lisans tezinde, işlenik olarak nitelenen alüminyum alaşımlarından en çok kullanılanlarla gama radyasyonu karşısındaki davranışının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bir başka deyişle, rutin kullanımı olarak ticari olarak temin edilebilen alüminyum alaşımları ile çalışılması hedeflenmiştir. Söz konusu alüminyum alaşımlarının gama radyasyonu karşısındaki davranışının incelenmesi için bir seri deneysel çalışmalar hayata geçirilmiştir (Yıldırım ve vd.,2016).

4.1 Deneyleerde Kullanılan Malzemelerin Tanıtımı

Deneyleerde kullanılan alüminyum alaşımları ticari olarak kullanılmakta olan işlenik alüminyum alaşımlarından en çok kullanılan alaşımlardır. Alüminyum alaşımlarından önemli olanları ve yaygın olarak kullanılanları 3xxx, 5xxx, 6xxx ve 7xxx alaşımları olup bu tip işlenik alüminyum alaşımları ile çalışılmıştır. Ayrıca, Alüminyum alaşımlarının yaşlandırılabilmesi kullanım uygunluğu açısından önem arz etmektedir. Bu bağlamda yaşlandırılabilir olanlar genellikle kullanım için tercih edilmektedir (Avşar,2011). Deneyleerde çalışılan işlenik alüminyum alaşımları ve yaşlandırılabilirlikleri genel olarak Çizelge 4.1’de tanıtılmaktadır.

Çizelge 4.1 : Çalışılan işlenik alüminyum alaşımları.

Simge	Temel Alaşım Elementi	Yaşlandırılabilirlik
1xxx	Alaşımsız alüminyum	Yaşlandırılmaz
3xxx	Manganez alaşımlı alüminyum	Yaşlandırılmaz
5xxx	Magnezyum alaşımlı alüminyum	Yaşlandırılmaz
6xxx	Magnezyum&Silisyum alaşımlı alüminyum	Yaşlandırılabilir
7xxx	Çinko alaşımlı alüminyum	Yaşlandırılabilir
8xxx	Diğer elementler alaşımlı alüminyum	(Alaşım elementine bağlı)

Çalışılan alüminyum alaşımları sanayi piyasasından temin edilmiş olup, kimyasal bileşimleri Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.2 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının kimyasal özellikleri (%)

Alaşım	Fe	Si	Zn	Cr	Ti	Mg	Mn	Cu	Diğer
1050	0.4	0.25	0.07	-	0.05	0.05	0.05	0.05	-
3003	0.7	0.6	0.1	-	-	-	1.0-1.15	0.05-0.2	0.15
5005	0.7	0.3	0.25	0.10	-	0.50-1.1	0.2	0.2	0.15
6063	0.35	0.20-0.6	0.1	0.1	0.1	0.45-0.9	0.10	0.1	0.15
7072	0.7	Fe+Si	-	-	0.15	-	0.10	0.10	0.05
8006	1.2-2.0	0.40	0.10	-	-	0.10	0.3-1.0	0.30	0.05

4.2 Kullanılan Gama Radyoizotop Kaynak

Bu Yüksek Lisans çalışması için Bölüm 4.1’de tanıtılan alüminyum alaşımları ile çalışılabilmesi için Cs-137 gama radyasyon kaynağı karşısında davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışılan gama radyoizotop kaynağının özellikleri Çizelge 4.3’te görülmektedir.

Çizelge 4.3 : Cs-137 Radyoizotop Kaynaklarının Özellikleri (Knoll, 2002).

Gama Radyoizotop Kaynağı	Yarı Ömür	Gama Enerjisi (MeV)	Çalışılan Aktivite
Cs-137	30,1 yıl	0,662	8,89 μ Ci

Deneylerde Cs-137 gama radyoizotop kaynağının kullanımı tercih edilmiştir. Cs-137 gama radyoizotop kaynağının kullanımı ile monokromatik bir gama kaynağı kullanılmış olmaktadır. Şekil 4.1’de çalışılan Cs-137 gama radyoizotop kaynak görülmektedir (Büyük, 2014).



Şekil 4.1 : Deneylerde kullanılan Cs-137 gama radyoizotop kaynağı.

4.3 Gama Detektörü

Gama deneylerinde kullanılan detektör kompakt bir detektör olup, PM1401K model bir ölçümlene cihazdır. Çok amaçlı kullanılabilme özelliği taşıyan gama ölçümü için sintilasyon detektörü de bulunduran gelişkin bir alettir. Çok kanallı analizör içeren yapısı ile yapılması planlanan deneysel çalışmalar için uygun bir cihazdır (Büyük, 2014, Demir 2014).

Şekil 4.2’de deneylerde kullanılan PM1401K cihazı görülmektedir.



Şekil 4.2 : PM1401K model cihaz.

Çizelge 4.4’te. PM1401K model sintilasyon detektörünün genel özellikleri verilmektedir (Büyük, 2014).

Çizelge 4.4 : PM1401K Model Sintilasyon Detektörünün Genel Özellikleri.

Standartlara Uygunluk	IEC 846, ANSI N42.33(2), ANSI N42.34, IEC 62327
Ölçümlene Parametreleri	
Detektör	CsI(Tl)
Cs-137 için hassasiyet	200 s ⁻¹ / (µSv/h) (2 s ⁻¹ / (µR/h))
Am-241 için hassasiyet	200 s ⁻¹ / (µSv/h) (2 s ⁻¹ / (µR/h))
Enerji aralığı	0.06 – 3.0 MeV
Sintilasyon spektrumu için kanal sayısı	1024
Kalıcı hafızada tutulabilen spektrum sayısı	100’den fazla
Fiziksel Parametreleri	
Boyutlar	242 x 58x 57 mm
Ağırlık	650 g
Çevresel Karakteristikleri	
Sıcaklık	-30 – 50 °C
Nem	%95 (35 °C ‘de)
Güç	
Piller	1 adet AA pil
Pil ömrü	600 sa
PC bağlantısı	IRDA, Bluetooth

PM1401K model cihaz çerçevesinde çok kanallı analizör ile uyumlu ve cihaz özel yazılımlı HP IPAQ cep bilgisayarı ile çalışılmıştır. Söz konusu bu cep bilgisayarı uzaktan kumanda ile detektörle birlikte kullanılabilir. Böylelikle, deneylerde radyasyon güvenliği hassasiyetle sağlanabilmiştir.

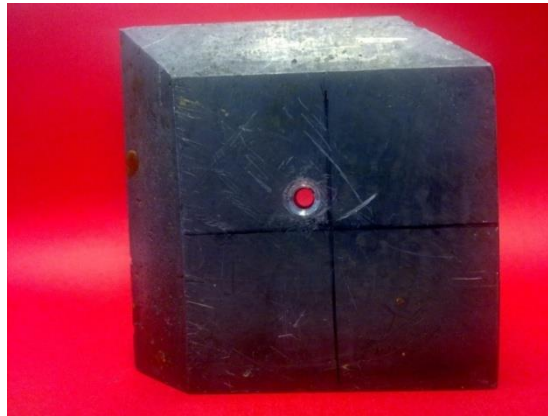
Şekil 4.3’de cihazla uyumlu çalışabilen cihaza özel cep bilgisayarının fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 4.3 : Cihazla uyumlu cep bilgisayarı.

4.4 Kolimatör

Deneyel çalışmalarda, saçılma etkisini bertaraf etmek amacıyla kurşun bir kolimatör kullanılmıştır. Söz konusu kolimatör, 7 mm çaplı ve 5 cm uzunluğa sahip bir kolimatördür. Şekil 4.4’de deneylerde kullanılan kolimatör görülmektedir. Kolimatör kullanımı ile dar demet geometrisi sağlanmış olmaktadır.



Şekil 4.4 : Deneylerde kullanılan kolimatör.

4.5 Zırh Elemanlar

Radyasyon güvenliğini sağlamak üzere deney düzeneği laboratuvarında var olan koruma elemanlarıyla çevrelenmiştir (Büyük, 2013). Kurşun tuğlalar ve kurşun koruganlar kullanılmıştır. Kurşun koruganlar ile gama radyoizotop kaynak ve detektör çevrelenmiştir. Ayrıca, deney düzeneği için kurşun bir hücre oluşturulmuştur. Böylelikle nükleer güvenlik şartları oluşturulmuştur. Şekil 4.5’de zırh elemanlarla oluşturulan hücre görülmektedir.

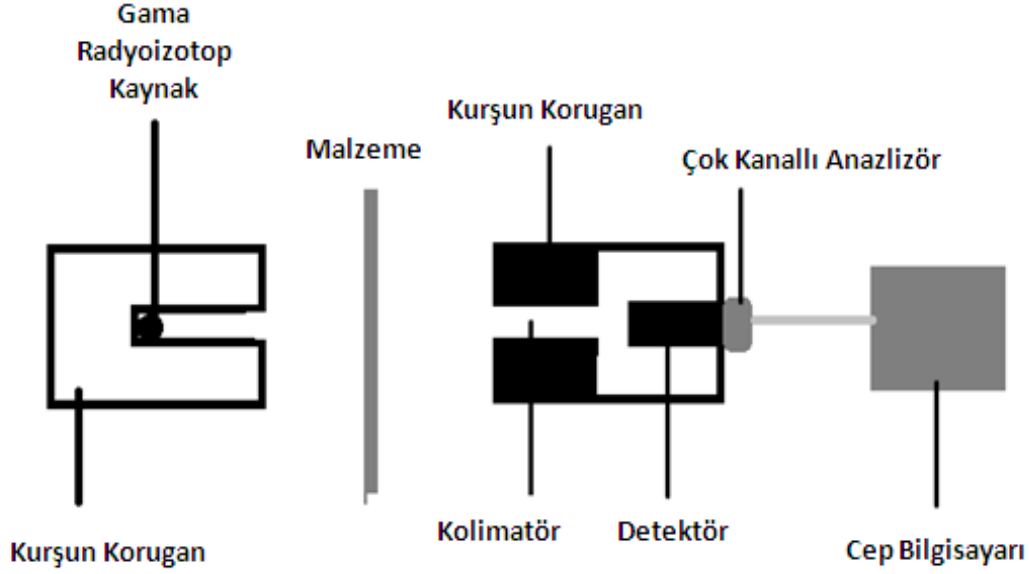


Şekil 4.5 : Zırh elemanlarla oluşturulan hücre.

4.6 yDüzeneği

Deneyleerin Deneypılması için gama transmisyon tekniği prensibine göre deney düzeneği oluşturulmuştur. Bu bağlamda, gama radyoizotop kaynak, malzeme ve detektör aynı eksen üzerine yerleştirilmiştir (Büyük ve ark. 2012). Bir başka deyişle, gama kaynağından yayımlanan radyasyonun numuneyi nüfuz ederek malzemenin öbür tarafındaki detektöre ulaşması mümkün olmuştur. Detektöre ulaşan radyasyon ölçülmüştür.

Deneysel çalışmalarda kullanılan gama deney düzeneği şematik olarak Şekil 4.6’ da görülmektedir.



Şekil 4.6 : Gama Deney Düzenegi Şeması.

4.7 Deneyin Yapılışı

Oluşturulan gama deney düzenegi ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneylere başlanırken, alüminyum alaşımlarının kalınlıkları mikrometre ile ölçülmüş kaydedilmiştir. Her deneyden önce standart kaynak kullanılarak kalibrasyon yapılmıştır. Ayrıca, gama radyasyon kaynağı yok iken ve numune de konmamışken doğal radyasyon sayımları (background), alınmıştır.

Takiben, deney düzenegine gama radyoizotop kaynak konarak malzeme henüz yokken başlangıç sayım (I_0) değerleri alınmıştır. Her bir ölçüm 300 sn'lik zaman süreci için alınmış olup en az 3 defa tekrarlanmıştır.

Alınan sayımlardan doğal radyasyon sayım değerleri çıkarılarak net sayımlar bulunmuştur. Ortalama sayım değerleri alınmıştır. Net sayımlar (doğal radyasyon sayımı çıkarılarak bulunmuş) başlangıç sayımlarına oranlanarak bağıl sayım değerleri hesaplanmıştır. Ulaşılan sonuçlar tablolara işlenmiştir.

Tüm bu deneysel işlemler farklı alaşımlar için aynen tekrarlanmış ve tablolar oluşturulmuştur. Sonuçlar grafik halinde de sunulmuştur.

Standart sapma hesaplamaları için Eşitlik 4.1 kullanılmıştır (Knoll, 2002).

$$\sigma_u^2 = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2 + \dots \quad (4.1)$$

Burada μ , x, y, z, \dots değişkenleri için elde edilen bileşik sonucu ifade etmektedir. σ_x , $\sigma_y, \sigma_z, \dots$ sırasıyla x, y, z, \dots değişkenlerinin standart sapmasını betimlemektedir. Standart sapma hesaplaması Windows Exel Bilgisayar programları bağlamında hesaplanmıştır.

.

5. DENEYLERLE ULAŞILAN SONUÇLAR

Bu bölüm içinde, bu yüksek lisans tezi çalışmasında, işlenik alüminyum alaşımlı malzemelerin gama radyasyonu karşısındaki davranışlarının incelenmesiyle elde edilen sonuçlar verilmektedir. Daha önce, Bölüm 4 içinde açıklanan deney düzeneği ve deney elemanları ile ilgili ölçümler yapılmıştır.

Alüminyum alaşımlarının gama radyasyon karşısındaki davranışlarının incelenmesine ilişkin olarak Cs-137 gama radyoizotop kaynağı kullanılmıştır. Bu bölüm içindeki alt bölümlerde yapılan deneyler sonucunda elde edilen deneysel sonuçlar, çalışılan gama radyoizotop kaynak için her alüminyum alaşım tipi için ayrı ayrı çizelgeler halinde verilmektedir. Çizelgede verilen değerler kullanılarak alüminyum alaşımlara ilişkin bağıl sayım – kalınlık grafikleri Microsoft-Excel programı yardımıyla çizilmiştir.

5.1 Cs-137 Gama Radyoizotop Kaynağı ile Yapılan Deneylerin Sonuçları

Cs-137 gama kaynağıyla yapılan deneylerle ulaşılan sayım değerleri, çizelgelerle verilmiştir. 1xxx, 3xxx, 5xxx, 6xxx, 7xxx, 8xxxx serisi alüminyum alaşımlarına ait kalınlık-bağıl sayım değerlerinden hareketle çalışılan alüminyum alaşımlarının radyasyon zayıflatma değerleri tayin edilmiş ve ilgili grafikler çizilmiştir. Alüminyum serilerine ilişkin deneysel sonuçlar aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.1 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 1050 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylerin sonuçları

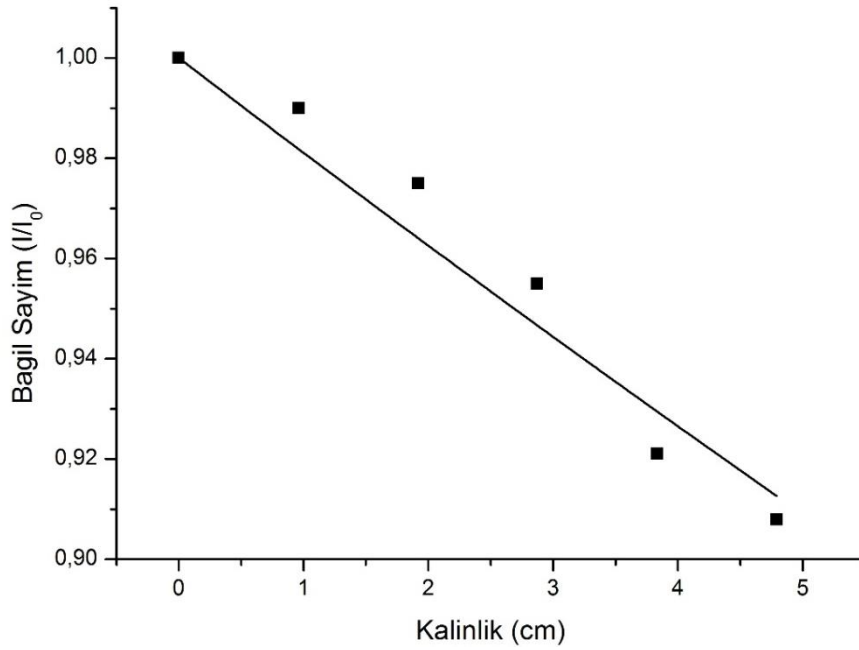
1050 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı karşısındaki davranışının araştırılması amacıyla alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım değerleri ölçümlenmiştir. 1050 alüminyum alaşımına ilişkin ulaşılan deneysel sonuçları Çizelge 5.1’ de görülmektedir.

Çizelge 5.1’deki değerler göz önüne alınarak Cs-137 gama kaynağına ait alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım grafiği çizilmiş ve 1050 alüminyum alaşımının Cs-

137 gama kaynağı için zayıflatma grafiği elde edilmiştir. 1050 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağına ait zayıflatma grafiği Şekil 5.1’de verilmektedir.

Çizelge 5.1 : 1050 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları.

Kalınlık (cm)	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	Ort. Sayım	Std. Sapma	Bağıl Sayım
0	7914	7969	7947	7943	28	1,000
0,959	7871	7832	7883	7862	26	0,990
1,917	7721	7761	7761	7748	23	0,975
2,872	7516	7633	7614	7588	62	0,955
3,832	7299	7321	7325	7315	14	0,921
4,792	7203	7219	7222	7214	11	0,908



Şekil 5.1 : 1050 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.

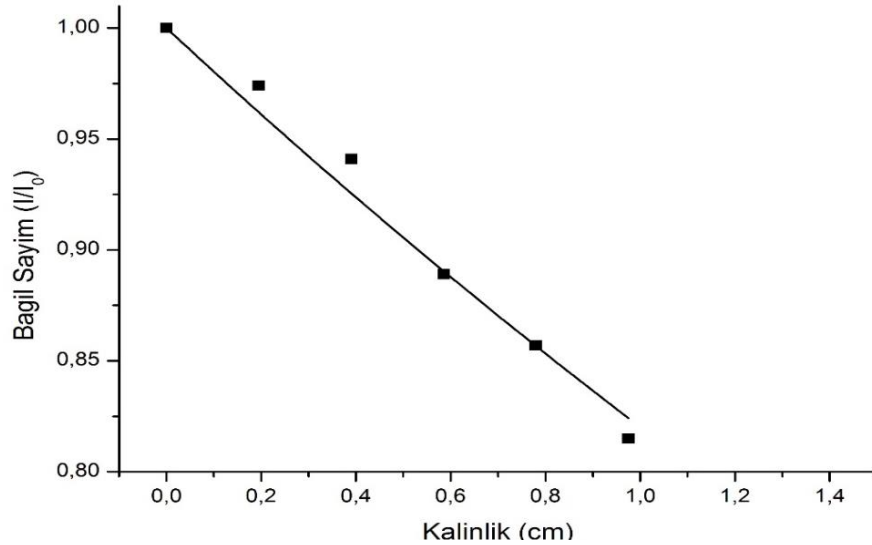
5.1.2 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 3003 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylerin sonuçları

3003 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı karşısındaki davranışının araştırılması amacıyla alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım değerleri ölçümlenmiştir. 3003 alüminyum alaşımına ilişkin ulaşılan deneysel sonuçları Çizelge 5.2’ de görülmektedir.

Çizelge 5.2 : 3003 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları.

Kalınlık (cm)	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	Ort. Sayım	Std. Sapma	Bağıl Sayım
0	8107	8123	8291	8174	102	1,000
0,1949	8079	7816	7983	7959	133	0,974
0,3907	7707	7752	7609	7689	73	0,941
0,5856	7208	7320	7282	7270	57	0,889
0,7800	7021	7088	6920	7009	86	0,857
0,9750	6655	6651	6668	6658	9	0,815

Çizelge 5.2'deki değerler göz önüne alınarak Cs-137 gama kaynağına ait ailişkin alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım grafiği çizilmiş ve 3003 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı için zayıflatma grafiği elde edilmiştir. 3003 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağına ait zayıflatma grafiği Şekil 5.2'de verilmektedir.



Şekil 5.2 : 3003 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.

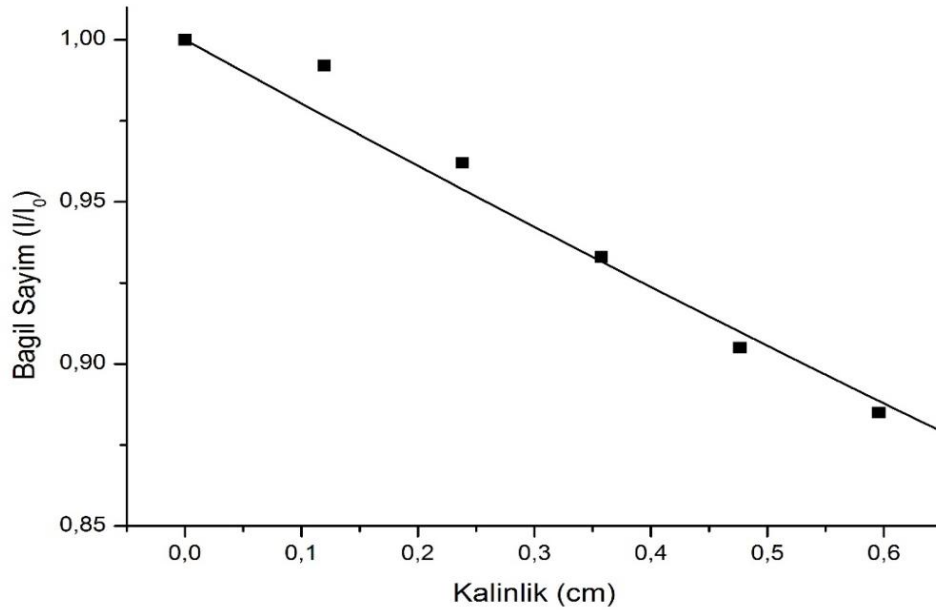
5.1.3 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 5005 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylerin sonuçları

5005 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı karşısındaki davranışının araştırılması amacıyla alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım değerleri ölçümlenmiştir. 5005 alüminyum alaşımına ilişkin ulaşılan deneysel sonuçları Çizelge 5.3' de görülmektedir.

Çizelge 5.3 : 5005 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları.

Kalınlık (cm)	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	Ort. Sayım	Std. Sapma	Bağıl Sayım
0	8088	8067	8070	8075	13	1,000
0,1197	8020	7950	8061	8010	52	0,992
0,2382	7712	7771	7812	7765	46	0,962
0,3575	7544	7502	7565	7537	30	0,933
0,4765	7399	7281	7247	7309	76	0,905
0,5958	7197	7148	7102	7149	19	0,885

Çizelge 5.3'deki değerler göz önüne alınarak Cs-137 gama kaynağına ait ilişkin alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım grafiği çizilmiş ve 5005 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı için zayıflatma grafiği elde edilmiştir. 5005 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağına ait zayıflatma grafiği Şekil 5.3'de verilmektedir.



Şekil 5.3 : 5005 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.

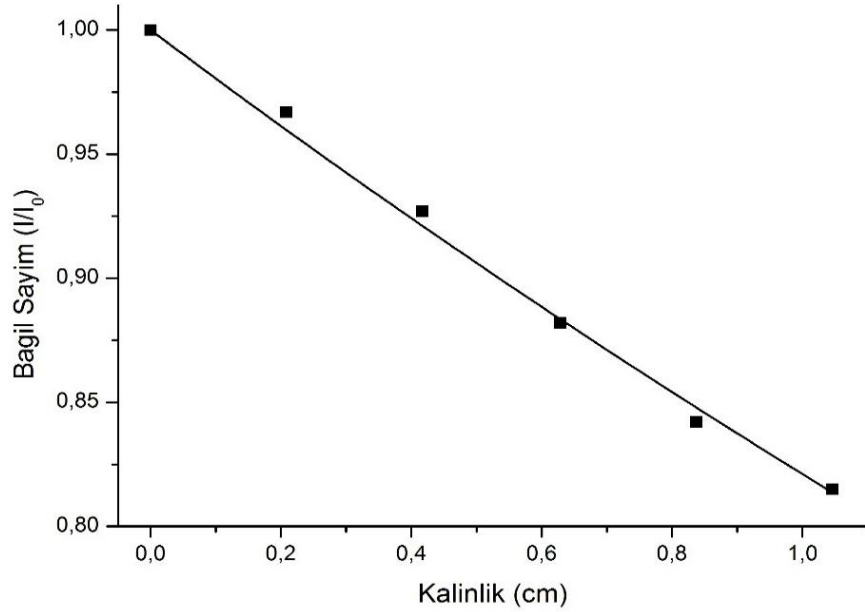
5.1.4 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 6063 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylerin sonuçları

6063 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı karşısındaki davranışının araştırılması amacıyla alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım değerleri ölçümlenmiştir. 6063 alüminyum alaşımına ilişkin ulaşılan deneysel sonuçları Çizelge 5.4' de görülmektedir.

Çizelge 5.4 : 6063 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları.

Kalınlık (cm)	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	Ort. Sayım	Std. Sapma	Bağıl Sayım
0	8165	8104	8042	8103	62	1,000
0,2085	7872	7831	7793	7832	40	0,967
0,4174	7462	7566	7513	7514	52	0,927
0,6289	7151	7147	7153	7150	3	0,882
0,8374	6925	6725	6823	6824	100	0,842
1,0466	6599	6610	6601	6603	6	0,815

Çizelge 5.4'deki değerler göz önüne alınarak Cs-137 gama kaynağına ait ailişkin alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım grafiğı çizilmiş ve 6063 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı için zayıflatma grafiğı elde edilmiştir. 6063 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağına ait zayıflatma grafiğı Şekil 5.4'de verilmektedir.



Şekil 5.4 : 6063 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiğı.

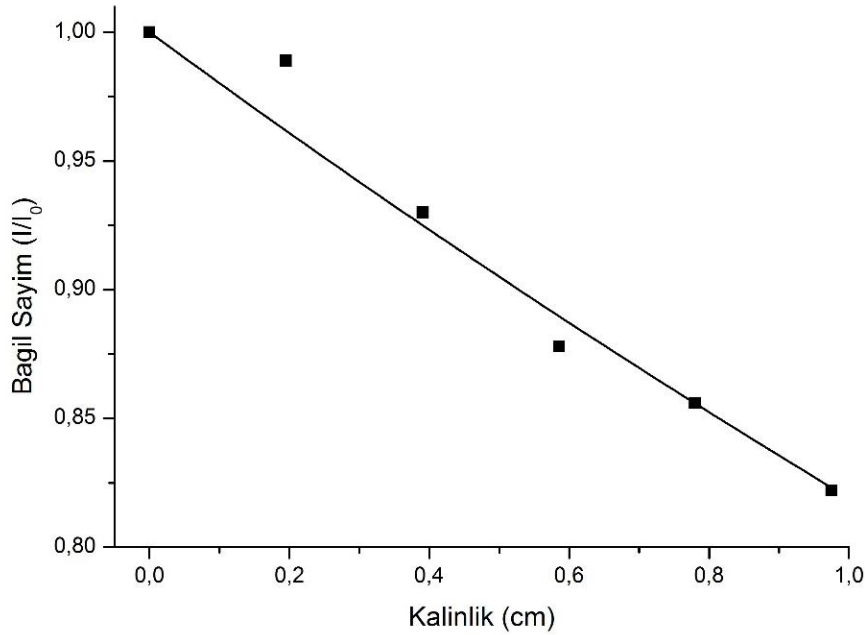
5.1.5 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 7072 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylerin sonuçları

7072 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı karşısındaki davranışının araştırılması amacıyla alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım değerleri ölçümlenmiştir. 7072 alüminyum alaşımına ilişkin ulaşılan deneysel sonuçları Çizelge 5.5' de görülmektedir.

Çizelge 5.5 : 7072 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları.

Kalınlık (cm)	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	Ort. Sayım	Std. Sapma	Bağıl Sayım
0	7556	7656	7605	7606	50	1,000
0,1949	7486	7521	7565	7524	40	0,989
0,3907	7099	7047	7074	7073	26	0,930
0,5856	6643	6680	6721	6681	39	0,878
0,78	6566	6458	6509	6511	54	0,856
0,975	6377	6252	6129	6253	124	0,822

Çizelge 5.5'deki değerler göz önüne alınarak Cs-137 gama kaynağına ait ilişkin alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım grafiği çizilmiş ve 7072 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı için zayıflatma grafiği elde edilmiştir. 7072 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağına ait zayıflatma grafiği Şekil 5.5'de verilmektedir.



Şekil 5.5 : 7072 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.

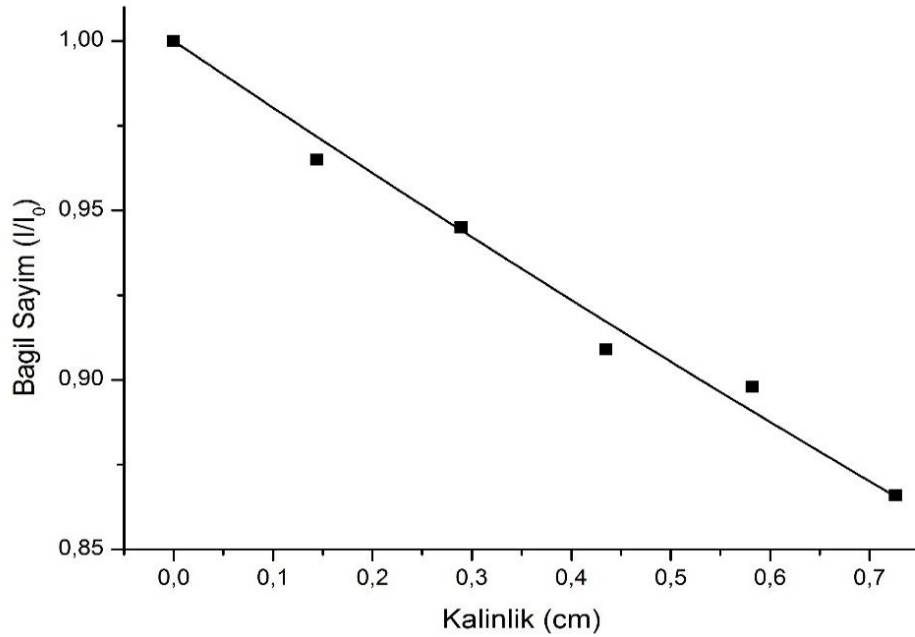
5.1.6 Cs-137 Gama radyoizotop kaynağı ile 8006 alüminyum alaşımı ile yapılan deneylerin sonuçları

8006 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı karşısındaki davranışının araştırılması amacıyla alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım değerleri ölçümlenmiştir. 7072 alüminyum alaşımına ilişkin ulaşılan deneysel sonuçları Çizelge 5.6' de görülmektedir.

Çizelge 5.6 : 8006 alüminyum alaşımının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları.

Kalınlık (cm)	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	Ort. Sayım	Std. Sapma	Bağıl Sayım
0	7613	7547	7683	7614	68	1,000
0,144	7215	7485	7348	7349	135	0,965
0,289	7155	7195	7237	7196	41	0,945
0,435	6902	6926	6948	6925	23	0,909
0,582	6842	6914	6768	6841	73	0,898
0,726	6416	6596	6778	6597	181	0,866

Çizelge 5.6'daki değerler göz önüne alınarak Cs-137 gama kaynağına ait ailişkin alüminyum alaşımının kalınlık-bağıl sayım grafiği çizilmiş ve 8006 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağı için zayıflatma grafiği elde edilmiştir. 8006 alüminyum alaşımının Cs-137 gama kaynağına ait zayıflatma grafiği Şekil 5.6'da verilmektedir.



Şekil 5.6 : 8006 alüminyum alaşımının Cs-137 zayıflatma grafiği.

5.2 Karşılaştırmalı Deney Sonuçları

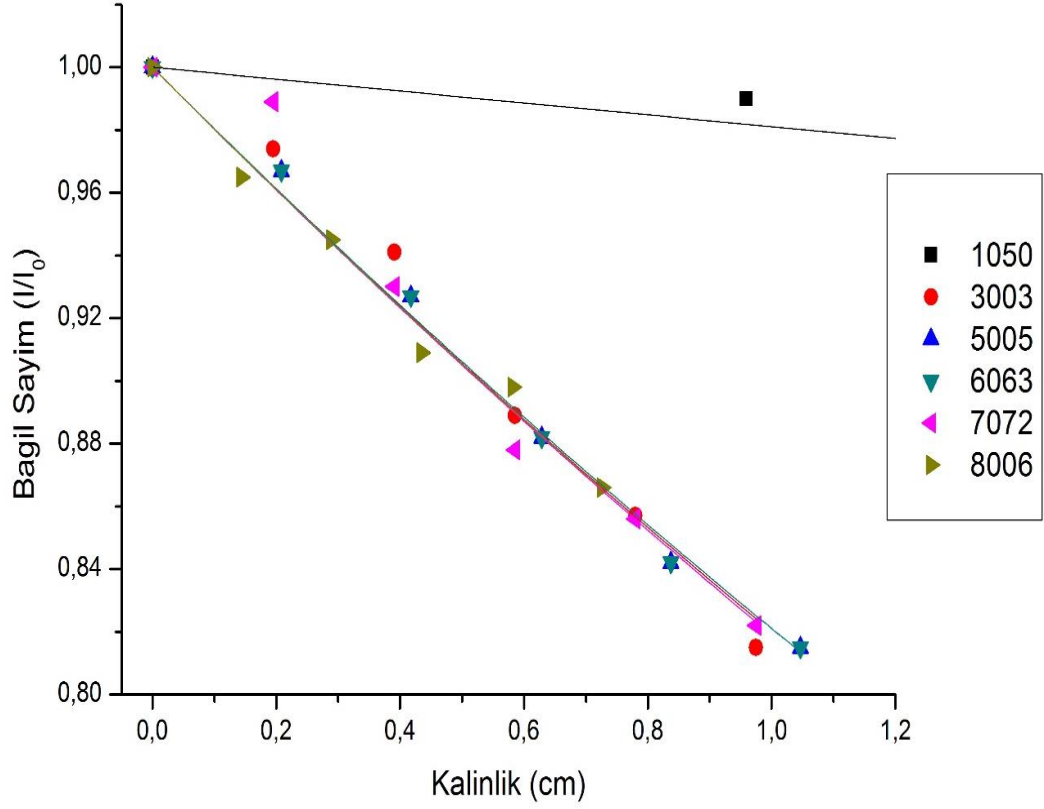
Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile yapılan deneylerin sonuçları, alüminyum alaşımlarının kendi aralarında karşılaştırmalı değerlendirmesi bu alt bölümde verilmektedir. Bu amaçla deney sonuçları Çizelge 5.7'de bir arada verilmektedir.

Çizelge 5.7 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deney sonuçları.

Alüminyum Alaşımı	Kalınlık	Ortalama Sayım	Bağlı Sayım
1050	0	7943	1,000
	0.959	7862	0,990
	1.917	7748	0,975
	2.872	7588	0,955
	3.832	7315	0,921
	4.792	7214	0,908
3003	0	8174	1,000
	1.949	7959	0,974
	3.907	7689	0,941
	5.856	7270	0,889
	7.8	7009	0,857
	9.75	6658	0,815
5005	0	8075	1,000
	1.197	8010	0,992
	2.382	7765	0,962
	3.575	7537	0,933
	4.765	7309	0,905
	5.958	7149	0,885
6063	0	8103	1,000
	2,085	7832	0,967
	4,174	7514	0,927
	6,289	7150	0,882
	8,374	6824	0,842
	10,466	6603	0,815
7072	0	7606	1,000
	2,103	7524	0,989
	3,935	7073	0,930
	6,038	6681	0,878
	7,870	6511	0,856
	8,876	6253	0,822
8006	0	7614	1,000
	1,44	7349	0,965
	2,89	7196	0,945
	4,35	6925	0,909
	5,82	6841	0,898
	7,26	6597	0,866

Böylelikle, her biri için ayrı grafikler oluşturulan 1050, 3003, 5005, 6063, 7072, 8006 alüminyum alaşımları için radyasyon zayıflatması bir arada incelenmiş olmaktadır.

Çizelge 5.7 göz önüne alınarak, 1050, 3003, 5005, 6063, 7072, 8006 alüminyum alaşımları için Cs-137 gama radyasyon kaynağına ilişkin karşılaştırmalı radyasyon zayıflatma eğrileri Şekil 5.7’de verilmektedir.



Şekil 5.7 : 1050, 3003, 5005, 6063, 7072, 8006 alüminyum alaşımları için Cs-137 gama radyasyon kaynağına ilişkin karşılaştırmalı radyasyon zayıflatma eğrileri.

6. XCOM BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu Yüksek Lisans tezinde, çalışılan alüminyum alaşımları için deneysel olarak elde edilen sonuçların sınanması için XCOM Bilgisayar programı kullanılması yoluna gidilmiştir. Bir başka deyişle kütle soğurma katsayısı bağlamında deneysel ve teorik olarak hesaplanan değerlerin karşılaştırılması ile çalışmanın irdelenmesi sağlanmış olacaktır.

6.1 XCOM Bilgisayar Programı

XCOM bilgisayar programı, uluslararası kabul gören bir bilgisayar programı olduğundan bu programın kullanılması tercih edilmiştir. Söz konusu bilgisayar programı, element veya bileşik veyahut karışım ya da alaşım şeklindeki malzemeler için uygulanabilmektedir. Ayrıca, XCOM programı farklı enerjiler için (1 keV-100GeV) kullanılabilir.

XCOM Bilgisayar programı geniş bir veri kütüphanesine sahip olup, gama radyasyonu karşısında farklı maddeyle etkileşim olayları için tesir kesitlerini hesaplayabilmekte ve buradan hareketle söz konusu malzemelerin teorik kütle soğurma katsayılarını belirleyebilmektedir (Buyuk, 2013). Bu bağlamda, gelişkin ve güvenilir bilgisayar programı olarak nitelenmektedir.

6.2 XCOM Bilgisayar Programı ile Uygulama

Bu bağlamda, çalışılan alüminyum alaşımlarına ilişkin olarak XCOM bilgisayar programı kullanılarak kütle soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Öte yandan, Bölüm 5 içinde verilen deneysel verilerden hareketle alüminyum alaşımları için hesaplanan kütle soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Böylelikle, deneysel verilerden hareketle belirlenen kütle soğurma katsayıları ile XCOM bilgisayar programı kullanılarak hesaplanan soğurma katsayılarının karşılaştırması yapılarak irdelenebilir.

Alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı monokromatik gama enerjisine sahip olduğundan XCOM radyasyonuna 0,662 MeV enerji girilmiştir.

Çalışılan alüminyum alaşımların içerikleri ağırlıkça yüzde oranları olarak XCOM bilgisayar programına veri olarak verilmiştir.

6.3 XCOM Bilgisayar Programı İle Alınan Sonuçlar

Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağı için deneysel olarak lineer soğurma katsayıları bulunmuştur. Lineer soğurma katsayılarından hareketle deneysel kütle soğurma katsayıları hesaplanmıştır.

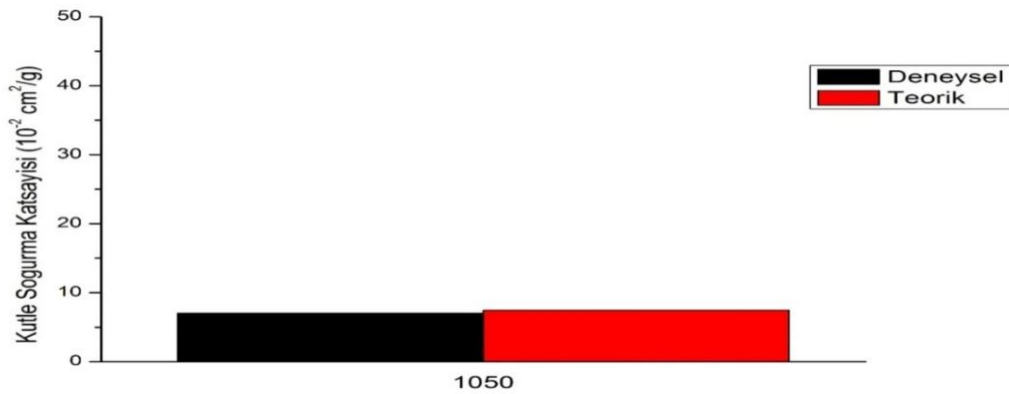
XCOM bilgisayar programına Çizelge 4.2'deki veriler bağlamında data girişi yapılmıştır. Bu bağlamda, hesaplanan kütle soğurma katsayıları ile deneysel olarak ulaşılan kütle soğurma katsayıları karşılaştırarak aradaki farklar belirlenmiştir. Aşağıdaki alt bölümlerde çalışılan her bir alüminyum alaşımı için söz konusu değerler ayrı ayrı verilmektedir.

6.3.1 1050 Alüminyumu için kütle soğurma katsayıları

1050 Alüminyumu için bulunan lineer soğurma katsayısı ile birlikte deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları Çizelge 6.1'de görülmektedir. Şekil 6.1'de ise deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları arasındaki fark grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 6.1 : 1050 Alüminyumu için bulunan kütle soğurma katsayıları.

Alüminyum Alaşımı	Lineer Soğurma Katsayısı μ (cm^{-1})	Kütle Soğurma Katsayısı μ/ρ ($10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g}$)		Fark (%)
		Deneysel	Teorik	
1050	0,190	7,011	7,433	5,676



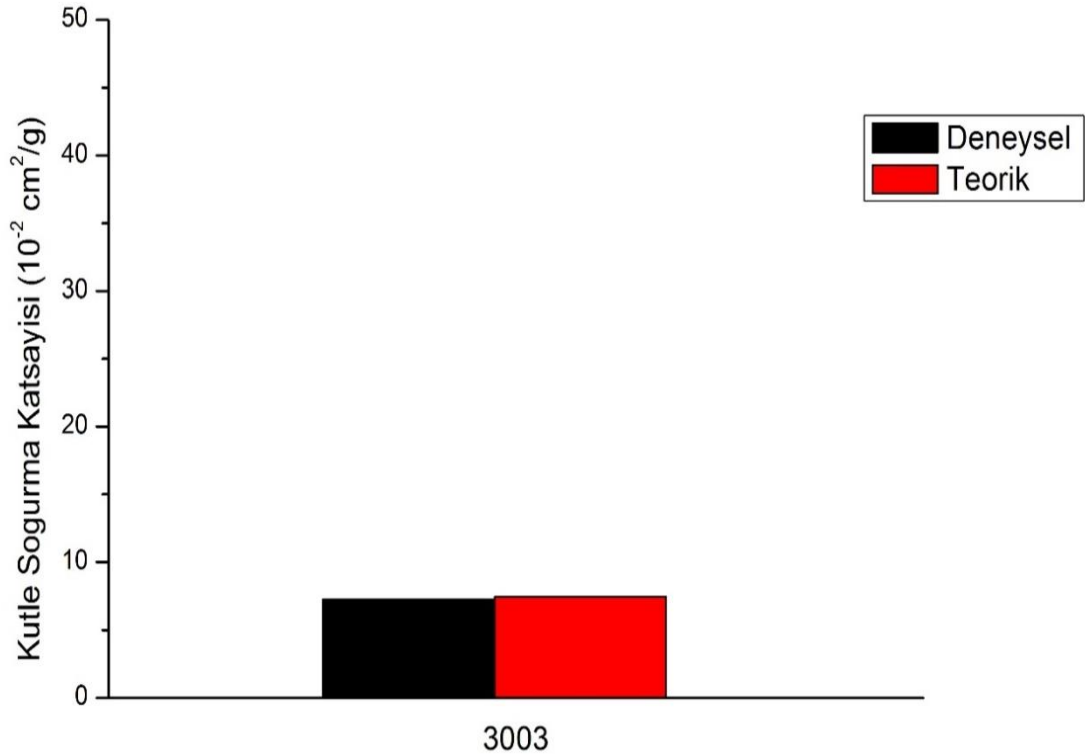
Şekil 6.1 : 1050 Alüminyumu için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.

6.3.2 3003 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları

3003 Alüminyum alaşımı için bulunan lineer soğurma katsayısı ile birlikte deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları Çizelge 6.2’de görülmektedir. Şekil 6.2’de ise deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları arasındaki fark grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 6.2 : 3003 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları.

Alüminyum Alaşımı	Lineer Soğurma Katsayısı μ (cm^{-1})	Kütle Soğurma Katsayısı μ/ρ ($10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g}$)		Fark (%)
		Deneysel	Teorik	
3003	0,198	7,253	7,429	2,372



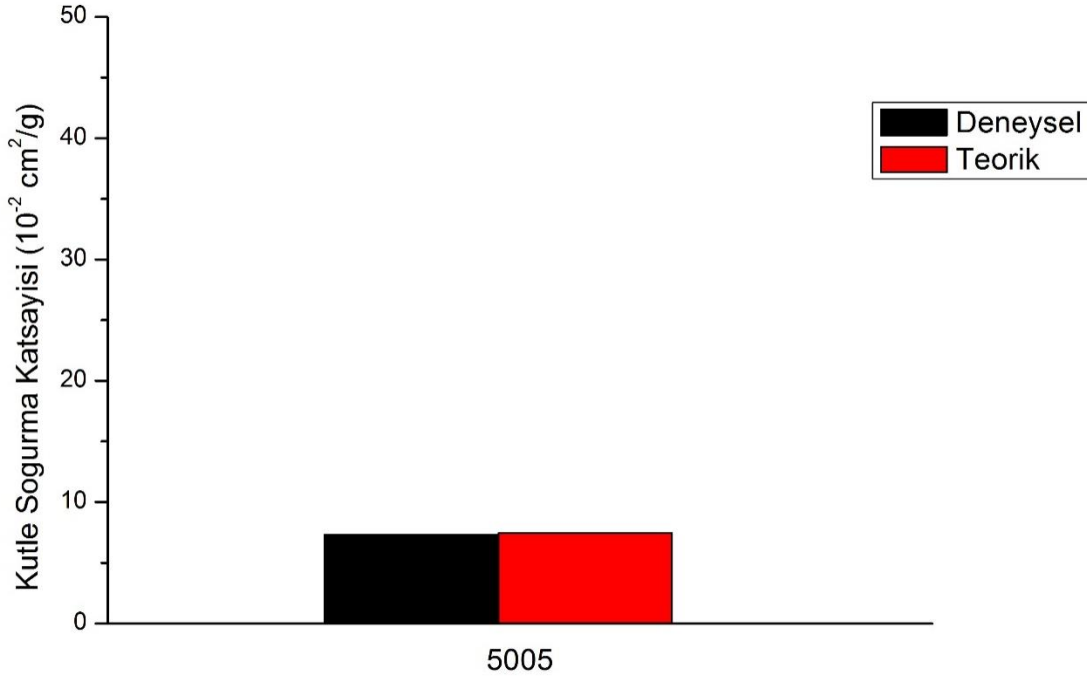
Şekil 6.2 : 3003 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.

6.3.3 5005 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları

5005 Alüminyum alaşımı için bulunan lineer soğurma katsayısı ile birlikte deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları Çizelge 6.3’de görülmektedir. Şekil 6.3’de ise deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları arasındaki fark grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 6.3 : 5005 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları.

Alüminyum Alaşımı	Lineer Soğurma Katsayısı μ (cm^{-1})	Kütle Soğurma Katsayısı μ/ρ ($10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g}$)		Fark (%)
		Deneysel	Teorik	
5005	0,198	7,333	7,432	1,328



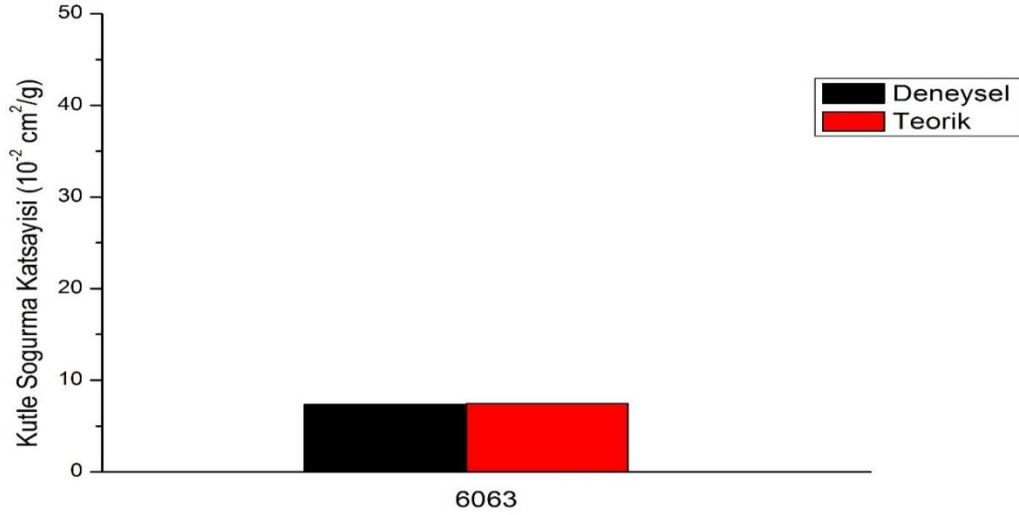
Şekil 6.3 : 5005 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.

6.3.4 6063 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları

6063 Alüminyum alaşımı için bulunan lineer soğurma katsayısı ile birlikte deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları Çizelge 6.4'de görülmektedir. Şekil 6.4'de ise deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları arasındaki fark grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 6.4 : 6063 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları.

Alüminyum Alaşımı	Lineer Soğurma Katsayısı μ (cm^{-1})	Kütle Soğurma Katsayısı μ/ρ ($10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g}$)		Fark (%)
		Deneysel	Teorik	
6063	0,197	7,351	7,444	1,253



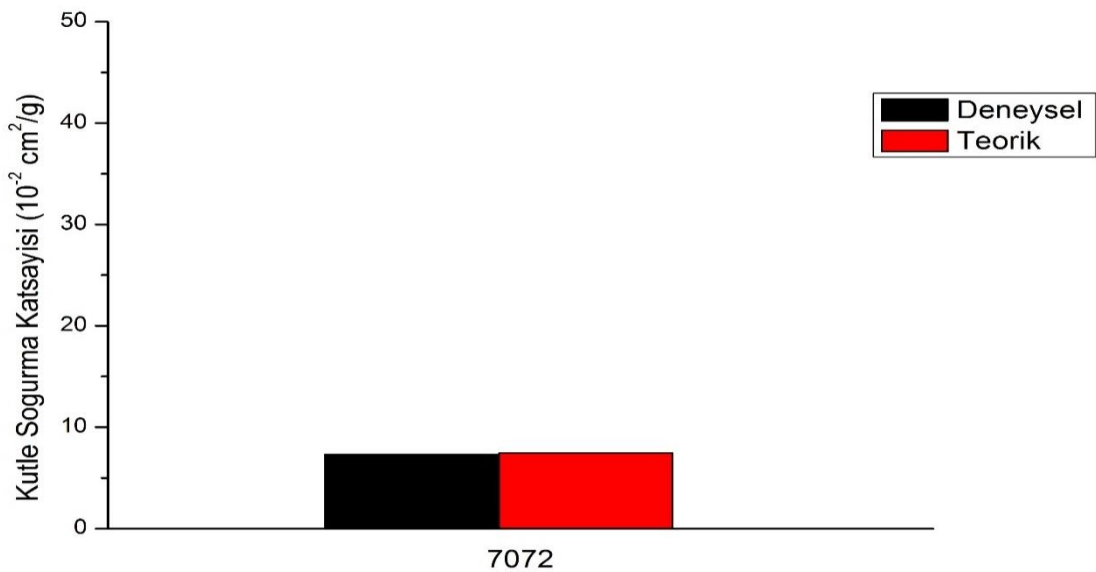
Şekil 6.4 : 6063 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.

6.3.5 7072 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları

7072 Alüminyum alaşımı için bulunan lineer soğurma katsayısı ile birlikte deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları Çizelge 6.5’de görülmektedir. Şekil 6.5’de ise deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları arasındaki fark grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 6.5 : 7072 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları.

Alüminyum Alaşımı	Lineer Soğurma Katsayısı μ (cm ⁻¹)	Kütle Soğurma Katsayısı $\frac{\mu}{\rho}$ (10 ⁻² cm ² /g)		Fark (%)
		Deneysel	Teorik	
7072	0,199	7,316	7,428	1,505



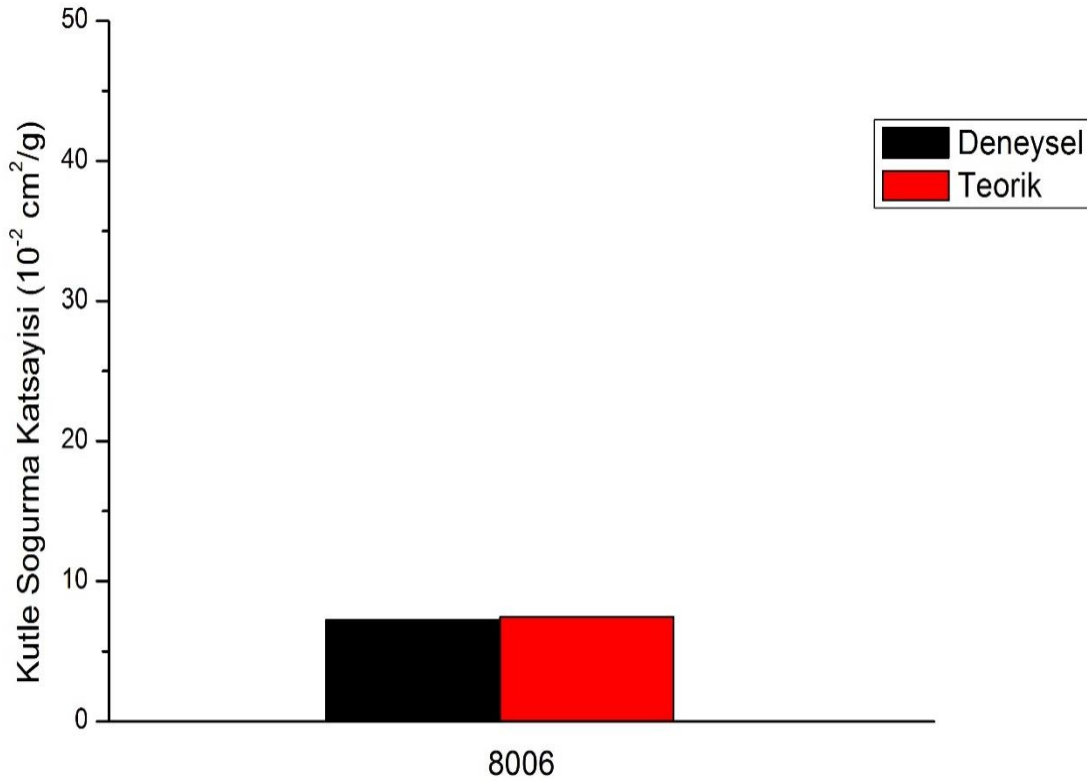
Şekil 6.5 : 7072 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.

6.3.6 8006 Alüminyum alaşımı için kütle soğurma katsayıları

8006 Alüminyum alaşımı için bulunan lineer soğurma katsayısı ile birlikte deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları Çizelge 6.6'da görülmektedir. Şekil 6.6'da ise deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları arasındaki fark grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 6.6 : 8006 Alüminyum alaşımı için bulunan kütle soğurma katsayıları.

Alüminyum Alaşımı	Lineer Soğurma Katsayısı μ (cm^{-1})	Kütle Soğurma Katsayısı μ/ρ ($10^{-2} \text{ cm}^2/\text{g}$)		Fark (%)
		Deneysel	Teorik	
8006	0,198	7,226	7,426	2,690



Şekil 6.6 : 6063 Alüminyum alaşımı için bulunan deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları farkı.

6.4 Karşılaştırmalı Değerlendirmeler

Bu alt bölümde kütle soğurma katsayıları ile ve de malzemelerin radyasyon karşısındaki davranışının irdelenmesi için önemli iki parametre olan yarı-kalınlık ve ondabir kalınlık değerleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır.

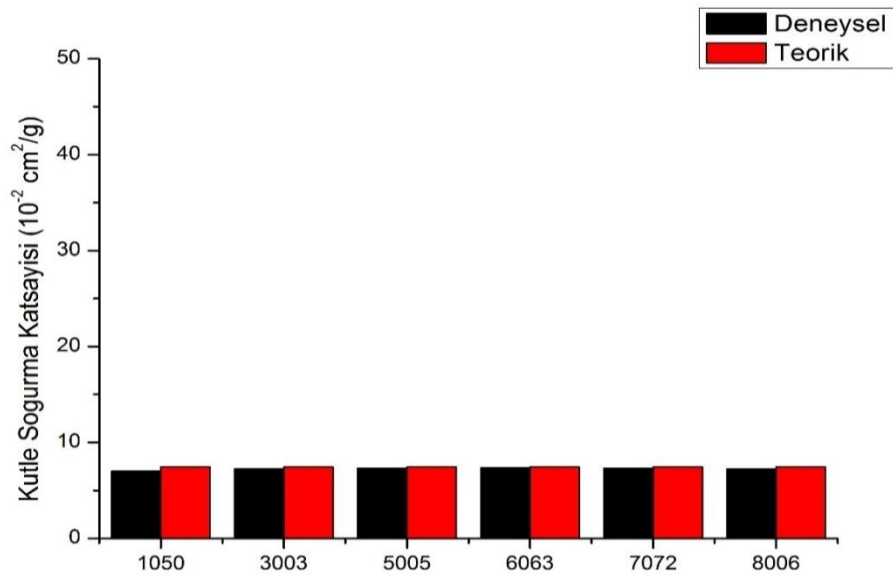
6.4.1 Alüminyum alaşımlarının kütle soğurma katsayılarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi

Çalışılan her bir alüminyum alaşımına ilişkin olarak Bölüm 6.3 içinde kütle soğurma katsayılarına ilişkin verilen sonuçlar bu alt bölümde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. Bu amaçla kütle soğurma katsayılarına ilişkin toplu sonuçlar Çizelge 6.7’de verilmektedir.

Çizelge 6.7 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin kütle soğurma katsayıları.

Alüminyum Alaşımı	Kütle Soğurma Katsayısı μ/ρ (10^{-2} cm ² /g)		Fark (%)
	DeneySEL	Teorik	
1050	7.011	7.433	5.676
3003	7.253	7.429	2.372
5005	7.333	7.432	1.328
6063	7.351	7.444	1.253
7072	7.316	7.428	1.505
8006	7.226	7.426	2.690

Şekil 6.7’de çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin kütle soğurma katsayıları deneysel ve teorik değerlerle grafik olarak görülmektedir.



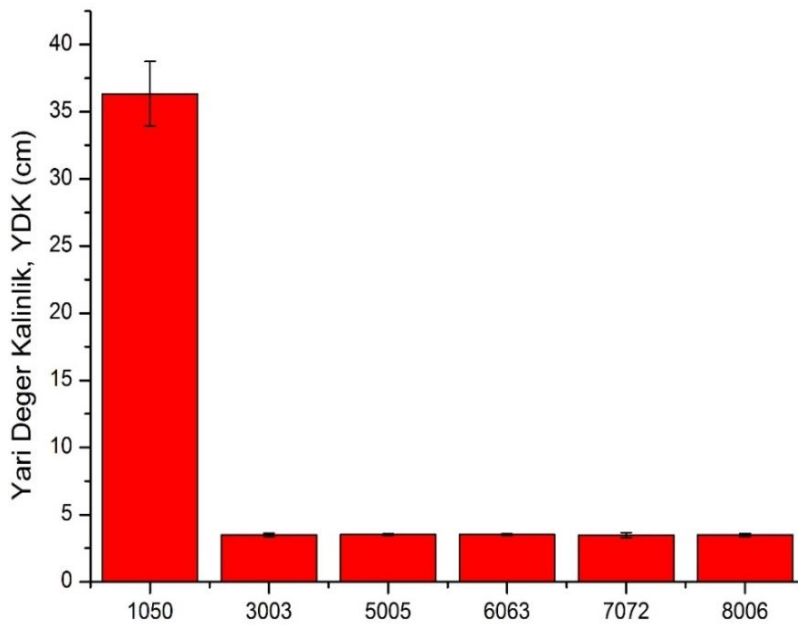
Şekil 6.7 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin deneysel ve teorik kütle soğurma katsayıları.

6.4.2 Alüminyum alaşımlarına ilişkin yarı- kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi

Malzemelerin radyasyon karşısındaki davranışlarının belirlenmesi için yarı-kalınlık tayini önemli olmaktadır. Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin yarı-kalınlık değerleri Çizelge 6.8’de verilmektedir. Şekil 6.8’de ise çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin yarı-kalınlık değerleri karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Çizelge 6.8 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin yarı-kalınlık değerleri.

Alüminyum Alaşımı	Yarı-kalınlık Değeri (cm)	Standart Sapma (\pm cm)
1050	36,328	2,399
3003	3,495	0,138
5005	3,517	0,068
6063	3,517	0,068
7072	3,473	0,189
8006	3,487	0,106



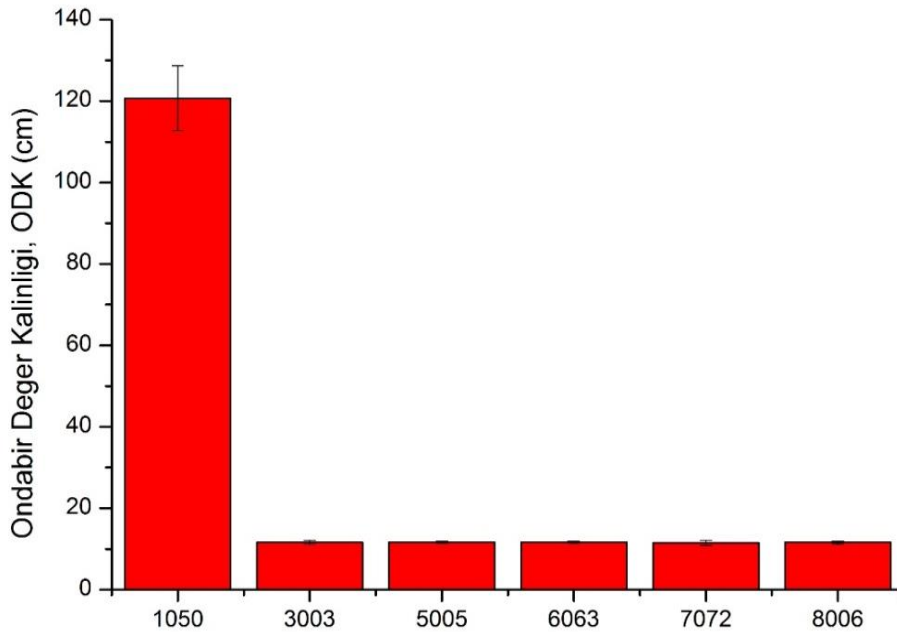
Şekil 6.8 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağa ilişkin yarı-kalınlık değerleri karşılaştırması.

6.4.3 Alüminyum alaşımlarına ilişkin ondabir kalınlık değerlerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi

Malzemelerin radyasyon karşısındaki davranışlarının belirlenmesi için ondabir kalınlık tayini de önemli olmaktadır. Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin ondabir kalınlık değerleri Çizelge 6.9'da verilmektedir. Şekil 6.9'da ise çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin ondabir değerleri karşılaştırmalı olarak görülmektedir.

Çizelge 6.9 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin ondabir kalınlık değerleri.

Alüminyum Alaşımı	Ondabir kalınlık Değeri (cm)	Standart Sapma (\pm cm)
1050	120,681	7,969
3003	11,610	0,459
5005	11,682	0,227
6063	11,682	0,227
7072	11,536	0,628
8006	11,585	0,351



Şekil 6.9 : Çalışılan alüminyum alaşımlarının Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin onda bir kalınlık değerleri karşılaştırması.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tezinde, konvansiyonel olarak kullanımda olan alüminyum malzemelerin Cs-137 radyoizotopu karşısındaki davranışının incelenmesine çalışılmıştır. Bir başka deyişle, ticari kullanımda olan alüminyum alaşımlarının nükleer teknoloji amaçlı kullanımına ilişkin bir çalışma yapılmış monokromatik gama ışınlarıyla etkileşimi sonucunda zayıflatmasına ilişkin bir araştırma gerçekleştirilmiştir.

Gerçeklenen deneyler, transmisyon tekniği geometrisine uygun olarak oluşturulan deney düzeneği ile yapılmıştır. Saçılma etkisinin düşürülmesi için kolimatör ve zırh malzemeler kullanılmış olup, saçılma etkisinin olmadığı kabulü ile zayıflatma katsayıları tayin edilmiştir.

Gama radyasyonu ile çalışılırken, deneysel bağlamda tek enerji piki olan ve 30 yıl gibi uzun yarı ömrü olan Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile çalışılması tercih edilmiştir. Böylelikle ticari alüminyum alaşımlarının monokromatik gama enerjisi karşısındaki davranışlarının incelenmesi mümkün olmuştur.

Çalışılan ticari kullanımlı alüminyum malzemeler; 1050, 3003, 5005, 6063, 7072, 8006 alüminyum malzemelerdir. Bu malzemelerden 1050 alüminyum malzeme, alüminyumdan (impurity elementlerden) başka katkı alaşım malzemesi içermeyen malzemedir. (Burada katkı malzemesi kabulü ile genellikle % 0,5 üzerinde olan element kastedilmektedir.) Çalışılan alüminyum alaşım malzemelerinde; 3003'de manganez, 5005'de magnezyum, 6063'te magnezyum-silisyum, 7072'de çinko ve 8006'da demir ve manganez katkısı bulunmaktadır.

Cs-137 gama radyoizotop kaynağı ile yapılan deneylerde, çalışılan ticari alüminyum malzemelerle ulaşılan deneysel sonuçlardan hareketle çizilen zayıflatma eğrileri nispeten birbirine benzer sonuçlar verdiği gözlenmektedir (Çizelge 5.1- Çizelge 5.6 ve Şekil 5.1 – Şekil 5.6).

Cs-137 gama radyoizotop kaynağına ilişkin ulaşılan sonuçlarla çizilen radyasyon zayıflatma eğrileri; incelendiğinde 1050 katkısız alüminyum malzeme, diğerlerinden

hayli farklı sonuç verdiği görülmektedir (Şekil 5.7). Diğer katkılı alüminyum alaşım malzemelere ilişkin zayıflatma eğrilerinin birbirine hayli yakın olduğu hatta üst üste düştüğü görülmektedir (Şekil 5.7).

1050 dışındaki ticari katkılı alüminyum malzemelerde gama radyasyonunu zayıflatma etkisi, katkısız olarak kabul edilebilecek 1050 malzemeye göre daha iyi zayıflatma yaptığı gözlenmektedir. Bu husus beklenti doğrultusunda olup, alüminyuma % 0,5 ve üzerindeki katkılanan magnezyum, manganez, çinko, silisyum ve demir gibi katkılama elementlerinin radyasyonu zayıflatmadaki önemini göstermektedir (Şekil 5.7).

Çalışılan alüminyum malzemeler için deneysel olarak elde edilen sonuçların irdelenmesine yönelik olarak XCOM Bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu bağlamda, kütle soğurma katsayıları önce, deneysel çalışmalardan hareketle hesaplanmış, XCOM Bilgisayar programı ile de teorik olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6.1-Çizelge 6.6). Deneysel ve teorik olarak bulunan kütle soğurma katsayılarının birbirine hayli yakın olduğu görülmektedir (Çizelge 6.1-Çizelge 6.6 ve Şekil 6.1-Şekil 6.6).

Deneysel ve teorik olarak bulunan kütle soğurma katsayıları arasındaki fark % 6'nın altında kalmıştır. 1050 dışında ise % 2,5'un altında kalmıştır (Çizelge 6.7). Bu bağlamda, deneylerimizle ulaşılan sonuçların güvenilir olduğu söylenebilir (Şekil 6.7).

Tayin edilen kütle soğurma katsayılarından hareketle hesaplanan yarı-kalınlık değerleri 1050 katkısız olarak kabul edilen malzeme dışındaki alüminyum alaşımları için birbirine hayli yakın kalınlık değerlerde olduğu belirlenmiştir. Buna karşın 1050 malzemesi için yarı-kalınlık değeri için ise hayli yüksek olduğu gözlenmektedir (Çizelge 6.8 ve Şekil 6.8). Bu durum keza ondabir kalınlık değerleri için de aynen benzer şekilde görülmektedir (Çizelge 6.9 ve Şekil 6.9).

Alaşımsız alüminyum olarak kabul edilen 1050 malzemesi için zayıflatma eğrilerinde de yarı-kalınlık ve onda bir kalınlık değerleri için de ulaşılan sonuçlar paralellik göstermektedir. Bir başka deyişle gama radyasyonu zayıflatması için alüminyuma katkılanan alüminyuma göre daha yüksek atom numaralı elementlerin bulunmasının önemi kendini göstermektedir.

Öz olarak; bu yüksek lisans çalışmasıyla, ticari kullanımlı alüminyum malzemelerin nükleer teknolojide kullanılması halinde 0,662 MeV enerjili gama radyasyonu karşısındaki davranışları yapılan deneylerle gözlenmiş ve XCOM Bilgisayar programı ile sınıanmış ve uyumlu sonuçlara ulaşılabilirdiği görülmüştür.

Bu Yüksek Lisans teziyle yapılan çalışmalar bağlamında yapılabilecek öneri; işlenik alüminyum alaşımlarından ayrı olarak özel alaşım ve/veya özel alüminyum kompozit malzemelerle de çalışılabilir. Ancak, bu tip malzemelerin üretimi veya temininin ekonomik açıdan uygunluğunun da irdelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akdoğan Eker, A.**, 2008, Alüminyum ve Alaşımları (Ders Notları)
- Akkas,A., A.B. Tuğrul, B. Büyük, A.O. Addemir, M. Marsoglu, B.Agacan,** Shielding Effect of Boron Carbide Aluminium Metal Matrix Composite against Gamma and Neutron Radiation, Acta Physica Polonica A, Vol.128, No.2-B, pp B-176-B179, 2015. RM
- Berger M.J.,** Hubbell J.H., Seltzer S.M.,Chang J., Coursey J.S., Sukumar R., Zucker D.S., Olsen K.(t.y).“XCOM: photon crosssection database. <http://www.nist.gov/pml/data/xcom/index.cfm>,”A.B.D. Alındığı Tarih (12.04.2013)
- Bilge A.N.,** Tuğrul A.B., (1990). “*Endüstriyel Radyografinin Esasları*” İTÜ Rektörlük Ofset Atölyesi, İstanbul
- Burgucu, S.,** (2011), 7075 Alüminyum Alaşımlarının Üretimi ve Karakterizasyonu , YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Büyük, B.,** (2013), Tungsten, Titanyum, Bor İçeren Bazı Malzemelerin Gama ve NötronRadyasyonu Karşısındaki Davranışının İncelenmesi, XCom Bilgisayar Programı İle İrdelenmesi ve Yeni Bir Radyasyon Zırh Malzeme Önerisi, İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Büyük, B.,** Tuğrul,A.B., Akarsu A.C, ve Addemir A.O. (2012), “Investigation of Behaviour of Titanium DiborideReinforced Boron Carbide–Silicon Carbide Compositesagainst Co-60 Gamma Radioisotope Sourceby Using Gamma Transmission Technique” Acta Physica Polonica A, Vol.121, No.1, pp.135-138.
- Choo V.K.S.**(1990). *Fundamentals of Composite Materials*. Knowen Academic Press Inc. Delaware, ABD.
- Cobden, R. Banbury, A.** Aluminum Physical Properties, Characteristics and Alloys, Training in Aluminum Technologies, TALAT, EAA, 1994.
- Çevikbaş, G.** (2014), Alüminyum Titanat/Spinel’in Radyasyon Karşısındaki Davranışının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, İTÜ Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çevikbaş, G.** A. B.Tuğrul, U. Onen, T. Boyraz, B. Büyük, “An investigation of aluminum titanate-spinel composites behavior in radiation”, , APMAS-2014, 24-27 April 2014 Fethiye-Turkey, AIP Conference Proceedings 1653, 020029 1-7 (2015); DOI: 10.1063/1.4914220
- Demir, E.,** (2014), Radyoaktif İzleme Tekniği İle Rubidyumun Topraktaki İlerleyişinin İncelenmesi, Sodyum ve Potasyuma Göre Değerlendirilmesi, İTÜ Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Deschams, A.,** Dumont, D., Brechet, Y., Siğli, C. ve Dubost, B. (2001), Process modeling of age-hardening aluminum alloys : from microstructure evolution to mechanical and fracture properties, ASM International, Materials Park, OH, 298-305
- Durmuş, S.,** Akgün, S. ve Şahin, S. (2009), Çökeltme Sertleştirilmesi uygulanmış AA 7012, Alüminyum Alaşımlarında Sertliğin Mikro yapı ile değişiminin incelenmesi, 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük
- Hüyük, T.,** (2009). Yeni Bir Nötron Detektörü Tasarımı İçin Simülasyon Çalışmaları – NEDA, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Knoll G.F.,** (2002). Radiation Detection and Measurement. University of Michigan, John Wiley & Sons, Inc.
- L'Annunziata M.F.**(2003). Handbook of Radioactivity Analysis. Elsevier Science, 2nd Ed, ABD.
- Powsner R.A.,** Powsner E.R., (2006). Essential Nuclear Medicine Physics. Blackwell Publishing, 2nd Ed, ISBN 1-4051-0484-8, Massachusetts.
- Seyrek, E.,** (2007). Radyoizotopların Üretimi ve Radyoterapide Kullanılması, Gazi Üniversitesi Fizik Eğitimi Anabilim Dalı.
- Smith W.F.,** (1996). “ Materials science and engineering”. Mcgraw-Hill, ABD.
- Tuğrul, A.B.,** (1986). Arkeometride Nükleer Tekniklerin Kullanımı, TÜBİTAK Arkeometri Ünitesi, VI. Ulusal Arkeometri Kolokiyumu, TÜBİTAK Yayınları 622, 12-29.
- Url-1, (2018),** <http://www.bilgimanya.com/elektromanyetik-spektrum-nedir-kisaca/>
- Url-2, (2018),** <http://www.nkfu.com/fisyon-tepkimesi-nedir/>
- Url-3 (2017),** <http://bilgioloji.com/pages/fen/fizik/elektrik/fotoelektrik-olay-etnedir/>
- Url-4 (2018),** <http://www.zamandayolculuk.com/comptonolayi.HTM>
- Url-5 (2018),** <https://www.yalitimli-alüminyum.com/alüminyumun-fiziksel-kimyasal-ozellikleri>

ÖZGEÇMİŞ



AdSoyad : Selahattin YILDIRIM
DoğumYeriveTarihi : Ankara 19/10/1987
E-Posta : selahattin.yildirim@turkpatent.gov.tr
Lisans : İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2010 – 2011 Pedagojik Formasyon Eğitim Sertifikası, İÜ

2013 – C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanlığı, ÇSGB

2015 – Halen, Türk Patent ve Marka Kurumu, Sınai Mülkiyet Uzman Yardımcısı

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

S. Yıldırım, A.B. Tugrul, B. Buyuk, E. Demir, (2016), Gamma Attenuation Properties of Some Aluminum Alloys, Acta Physica Polonica A, Vol 129 , No 4 , pp. 724-727 ,

