

**EDXRF SPEKTROMETRE İLE BAZI ELEMENTLERİN
K TABAKASI ve L_{III} ALTTABAKASI SOĞURMA
SIÇRAMA FAKTÖRLERİNİN DOĞRUDAN UYARMA ve
GEÇİŞ GEOMETRİLERİYLE ve
BAZI Ce, Sm ve Gd BİLEŞİKLERİNİN SOĞURMA
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Ferdi AKMAN

**Doktora Tezi
Fizik Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Rıdvan DURAK
2013
Her Hakkı Saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

EDXRF SPEKTROMETRE İLE BAZI ELEMENTLERİN K
TABAKASI ve L_{III} ALTTABAKASI SOĞURMA SIÇRAMA
FAKTÖRLERİNİN DOĞRUDAN UYARMA ve GEÇİŞ
GEOMETRİLERİYLE ve BAZI Ce, Sm ve Gd BİLEŞİKLERİNİN
SOĞURMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Ferdi AKMAN

FİZİK ANA BİLİM DALI

ERZURUM
2013

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

EDXRF spektrometre ile bazı elementlerin K Tabakası ve L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörlerinin doğrudan uyarma ve geçiş geometrileriyle ve bazı Ce, Sm ve Gd bileşiklerinin soğurma parametrelerinin belirlenmesi

Prof. Dr. Rıdvan DURAK danışmanlığında, Ferdi AKMAN tarafından hazırlanan bu çalışma 28/08/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Rıdvan DURAK

İmza :

Üye : Prof. Dr. Engin TIRAŞOĞLU

İmza :

Üye : Prof. Dr. Abdulhalik KARABULUT

İmza :

Üye : Prof. Dr. Yüksel ÖZDEMİR

İmza :

Üye : Doç. Dr. Refik DİLBER

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: AÜBAP 2011/82

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

ÖZET

Doktora Tezi

EDXRF SPEKTROMETRE İLE BAZI ELEMENTLERİN K TABAKASI ve L_{III} ALTTABAKASI SOĞURMA SIÇRAMA FAKTÖRLERİNİN DOĞRUDAN UYARMA ve GEÇİŞ GEOMETRİLERİYLE ve BAZI Ce, Sm ve Gd BİLEŞİKLERİNİN SOĞURMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Ferdi AKMAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rıdvan DURAK

Bu tezde, bazı elementlerin K tabakası ve L_{III} alttabakası soğurma sıçrama oranları, sıçrama faktörleri ve bazı Ce, Sm ve Gd bileşiklerinin soğurma parametreleri belirlenmiştir. Bu tez iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda, direkt uyarma geometrisi ile atom numarası $56 \leq Z \leq 68$ arasında olan bazı elementlerin K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ve atom numarası $70 \leq Z \leq 92$ arasında olan bazı elementlerin L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı deneysel değerleri belirlenmiştir. Ölçümler, uyarma geometrisinde Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Geçiş geometrisi kullanılarak La₂O₃, Ce, Pr, Nd₂O₃, Sm ve Gd numunelerinin K tabakası soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri belirlenmiştir. Ölçümler, geçiş geometrisinde birincil kaynak olarak Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisi ve ikincil kaynak olarak bazı elementlerin K α_2 , K α_1 , K β_1 ve K β_2 karakteristik X-ışınları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin, direkt uyarma geometrisine göre daha güvenilir bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, direkt uyarma geometrisine göre daha zaman alıcı ve daha maliyetli olduğu belirlenmiştir.

İkinci kısımda, Ce, Sm ve Gd elementlerinin bazı bileşiklerinin K soğurma kıyıları yakınlarındaki enerjilerde toplam kütle soğurma katsayıları, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri ve bu parametrelere ait soğurma sıçrama faktörleri belirlenmiştir. Ayrıca, aynı enerjilerde etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunlukları belirlenmiştir. Ölçümler, geçiş geometrisinde, birincil kaynak olarak Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisi ve ikincil kaynak olarak bazı elementlerin K α_2 , K α_1 , K β_1 ve K β_2 karakteristik X-ışınları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2013, 146 sayfa

Anahtar Kelimeler: Soğurma sıçrama oranı, Soğurma sıçrama faktörü, Kütle soğurma katsayısı, Moleküler, Atomik ve Elektronik tesir kesiti, Etkin atom numarası, Etkin elektron yoğunluğu

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

**DETERMINATION of K SHELL and L_{III} SUBSHELL ABSORPTION JUMP FACTORS
with DIRECT EXCITATION and TRANSITION GEOMETRY of SOME ELEMENTS
with EDXRF SPECTROMETER and ABSORPTION PARAMETERS SOME
COMPOUNDS of Ce, Sm and Gd**

Ferdi AKMAN

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

Supervisor: Prof. Dr. Rıdvan DURAK

In this thesis, the K shell and the L_{III} subshell absorption jump ratio and jump factor of some elements and the absorption parameters of some compounds of Ce, Sm and Gd have been determined. This thesis consists of two parts. In the first section, K shell absorption jump factors of some elements in the between $56 \leq Z \leq 68$ and L_{III} subshell absorption jump factor and jump ratio experimental values of some elements in the $70 \leq Z \leq 92$ have been determined with direct excitation geometry. Measurements have been carried out using 59,54 keV photon energy which emitted from Am-241 annular source at the excitation geometry.

K shell absorption jump ratio and jump factor values of La₂O₃, Ce, Pr, Nd₂O₃, Sm and Gd samples have been determined utilizing transition geometry. Measurements have been carried out using as the primary source 59,54 keV photon energy which emitted from Am-241 annular source and using as the secondary source K α_2 , K α_1 , K β_1 and K β_2 characteristic X-rays some elements. It has been observed that transition geometry values are more reliable than direct excitation geometry values. However, it has been determined that transition geometry method is more costly and more time consuming than direct excitation method.

In the second section, total mass attenuation coefficients, molecular, atomic and electronic cross sections and absorption jump factors for these parameters have been determined some compounds of Ce, Sm and Gd at the around K shell absorption edge energies. Also, effective atomic numbers and effective electron densities have been determined at the same energies. Measurements have been carried out using as the primary source 59,54 keV photon energy which emitted from Am-241 annular source and using as the secondary source K α_2 , K α_1 , K β_1 and K β_2 characteristic some elements.

2013, 146 pages

Keywords: Absorption jump ratio, Absorption jump factor, Mass attenuation coefficient, Molecular, atomic and electronic cross section, Effective atomic number, Effective electron density

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışma Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde yapılmıştır. Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde tecrübelerini ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen çok değerli danışman hocam ve Fizik Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Rıdvan DURAK'a en içten şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında yapmış oldukları katkılarından dolayı kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Gökhan BUDAK'ı rahmetle anıyor ve Sayın Prof. Dr. Yavuz ONGANER'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, "EDXRF, Compton azaltma ve X-ışını azaltma metotlarını kullanarak atom numarası $40 \leq Z \leq 92$ arasındaki bazı elementlerin K tabakası ve L3 alttabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranlarının ölçülmesi ve aynı aralıktaki bazı elementlerin bileşiklerinin etkin atom numarasının ve etkin elektron yoğunluğunun soğurma sıçrama faktörlerinin ölçülmesi" isimli ve AÜBAP 2011/82 nolu projeden desteklendiğinden dolayı Atatürk Üniversitesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında teşvik ve desteklerinden dolayı çok değerli aileme, Atatürk Üniversitesi tüm Fizik Bölümü elemanlarına ve araştırma görevlisi olarak çalıştığım Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümüne izin konusunda sağladığı kolaylıklardan dolayı teşekkür ederim.

Ferdi AKMAN

Temmuz 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	11
2.1. X-ışını Floresans Analiz Tekniği	11
2.2. Tesir Kesiti	13
2.3. Karakteristik X-ışınları.....	15
2.4. Fotoelektrik Olay.....	18
2.5. Compton Saçılması.....	21
2.6. Çift Oluşum	25
2.7. Floresans Verim ve Auger Olayı.....	28
2.8. Soğurucu İle Foton Etkileşiminin Genel Özellikleri.....	31
2.9. X-ışını Soğurma Katsayıları.....	33
2.10. X-ışını Soğurma Olayı.....	37
2.11. X-ışını Soğurma Kıyıları	38
2.12. Sıçrama Oranı ve Sıçrama Faktörü	38
2.13. μ/ρ , λ ve Z Arasındaki İlişki.....	39
2.14. Etkin Atom Numarası ve Önemi	41
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	43
3.1. Si(Li) Detektör	43
3.2. Numunelerin Hazırlanması.....	45
3.3 Deney Geometripleri	47
3.4. K Tabakası Soğurma Sıçrama Faktörünün Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Belirlenmesi.....	50

3.5. L ₃ Alttabakası Soğurma Sıçrama Faktörünün Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Belirlenmesi	52
3.6. Geçiş Geometrisiyle K tabakası Soğurma Sıçrama Oranının Belirlenmesi	55
3.7. Moleküler, Atomik ve Elektronik Tesir Kesitinin Soğurma Sıçrama Faktörü ve Etkin Atom Numarası ve Etkin Elektron Yoğunluğunun Belirlenmesi	56
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	59
4.1. Detektör Veriminin Araştırma Bulguları	59
4.2. Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Bulunan Sonuçların Araştırma Bulguları	61
4.2.1. K Tabakası soğurma sıçrama faktörü araştırma bulguları	61
4.2.2. L ₃ Alttabakası soğurma sıçrama faktörleri ve sıçrama oranlarının araştırma bulguları	64
4.3. Geçiş Geometrisiyle Bulunan Sonuçların Araştırma Bulguları	67
4.4. Moleküler, Atomik ve Elektronik Tesir Kesiti Parametrelerine Ait Araştırma Bulguları	78
4.5. Etkin Atom Numarası ve Etkin Elektron Yoğunluğuna Ait Araştırma Bulguları	116
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	135
5.1. Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Elde Edilen Sonuçlar	135
5.1.1. K tabakası soğurma sıçrama faktörleri	135
5.1.2. L _{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörleri	136
5.2. Geçiş Geometrisiyle Elde Edilen Sonuçlar	138
5.3. Moleküler, Atomik ve Elektronik Tesir Kesiti Değerleri Sonuçları	139
5.4. Etkin Atom Numarası ve Etkin Elektron Yoğunluğuna Ait Sonuçlar	141
KAYNAKLAR	143
ÖZGEÇMİŞ	147

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

a	Auger Verimi
Å	Angström
c	Işık Hızı
E_B	Bağlanma Enerjisi
EDXRF	Enerji Ayrımlı X-ışını Floresans
E_K	Kinetik Enerji
F	X-ışını Emisyon Hızı
h	Planck Sabiti
I_0	Uyarıcı Radyasyon Şiddeti
J	Soğurma Sıçrama Faktörü
M	Atomik Ağırlık
m_e	Elektronun Durgun Kütlesi
N	Avogadro Sayısı
N_E	Etkin Elektron Yoğunluğu
p	Momentum
R	Soğurma Sıçrama Oranı
t	Numune Kalınlığı
W	Ağırlık Kesri
WDXRF	Dalgaboyu Ayrımlı X-ışını Floresans
Z_{eff}	Etkin Atom Numarası
β	Öz-soğurma Düzeltme Faktörü
Γ	Seviye Genişliği
E	Dedektör Verimi
η	Boşluk Sayısı
θ_1	Numune Yüzeyi ile Fotonların Gelme Doğrultusu Arasındaki Aç
θ_2	Numuneden Yayılan Karakteristik X-ışınlarının Dedektöre Gelme Doğrultusu ile Numune Yüzeyi Arasındaki Aç
λ	Dalgaboyu
ρ	Yoğunluk

σ	Tesir Kesiti
σ_t	Toplam Atomik Soğurma Tesir Kesiti
$\sigma_{t,A}$	Toplam Atomik Tesir Kesiti
$\sigma_{t,E}$	Toplam Elektronik Tesir Kesiti
$\sigma_{t,M}$	Toplam Moleküler Tesir Kesiti
σ_{ts}	Toplam Atomik Saçılma Tesir Kesiti
τ	Ortalama Ömür
ν	Frekans
Ω	Floresans Verim
μ	Lineer Azaltma Katsayısı
μ_a	Atomik Azaltma Katsayısı
μ_e	Numuneden Yayımlanan Fotonlar İçin Kütle Azaltma Katsayısı
μ_m	Toplam Kütle Soğurma Katsayısı
μ_{mol}	Molar Azaltma Katsayısı
μ_p	Numuneye Gelen Fotonlar İçin Kütle Azaltma Katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bir atomda ilgili elektron geçişleri sonucu yayımlanan karakteristik K , L ve M tabakaları X-ışınları	17
Şekil 2.2. Fotoelektrik olayın şematik gösterimi	18
Şekil 2.3. (a) Compton saçılmasının şematik diyagramı (b) Compton saçılmasının vektörel gösterimi	23
Şekil 2.4. Nükleer çift oluşum, elektronik çift oluşum	28
Şekil 2.5. Floresans ve Auger Olayları	31
Şekil 2.6. X-ışınlarının bir numune boyunca soğurulmasının şematik gösterimi	33
Şekil 2.7. Çinko, kalay ve kurşunun X-ışını soğurma eğrileri	40
Şekil 3.1. Si(Li) detector diyodunun şematik gösterimi	43
Şekil 3.2. Sayma Sistemi	44
Şekil 3.3. Geçiş geometrisi	48
Şekil 3.4. Uyarma geometrisi	49
Şekil 3.5. Uyarma geometrisinde 59,54 keV'de Pb için tipik bir spektrum gösterimi....	49
Şekil 3.6. Geçiş geometrisinde alınan $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ soğurucusu varlığında ve yokluğunda Nd'nin K X-ışınları için tipik bir spektrum gösterimi.....	50
Şekil 4.1. 59,54 keV uyarma enerjisinde a) K tabakası için b) L_3 alttabakası için $I_0G\epsilon$ 'nin enerjisinin fonksiyonu olarak değişimi.....	60
Şekil 4.2.a. $K\alpha$ üretim tesir kesitinin atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi	62
Şekil 4.2.b. $K\beta/K\alpha$ şiddet oranlarının atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi	63
Şekil 4.2.c. Toplam atomik soğurma tesir kesitinin atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi	63
Şekil 4.3. K tabakası soğurma sıçrama faktörünün atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi	64
Şekil 4.4. L_3 alttabakası üretim tesir kesitlerinin atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi	66

Şekil 4.5.a. L_3 alttabakası soğurma sıçrama faktörünün atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi	66
Şekil 4.5.b. L_3 alttabakası soğurma sıçrama oranlarının atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi	67
Şekil 4.6.a. La_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	74
Şekil 4.6.b. Ce için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	74
Şekil 4.6.c. Pr için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	75
Şekil 4.6.d. Nd_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	75
Şekil 4.6.e. Sm için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	76
Şekil 4.6.f. Gd için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	76
Şekil 4.7.a. Atom numarasına karşı soğurma sıçrama oranı grafiği	77
Şekil 4.7.b. Atom numarasına karşı soğurma sıçrama faktörü grafiği	77
Şekil 4.8.a. $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	92
Şekil 4.8.b. $Ce(SO_4)_2$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	92
Şekil 4.8.c. $Ce(OH)_4$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	93
Şekil 4.8.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	93
Şekil 4.8.e. Gd_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	94
Şekil 4.8.f. $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	94
Şekil 4.8.g. $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	95

Şekil 4.8.i. $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	96
Şekil 4.8.j. $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	96
Şekil 4.8.k. Sm_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	97
Şekil 4.9.a. $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	98
Şekil 4.9.b. $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	98
Şekil 4.9.c. $\text{Ce}(\text{OH})_4$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	99
Şekil 4.9.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	99
Şekil 4.9.e. Gd_2O_3 için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	100
Şekil 4.9.f. $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	100
Şekil 4.9.g. $\text{Gd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	101
Şekil 4.9.h. $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	101
Şekil 4.9.i. $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	102
Şekil 4.9.j. $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	102
Şekil 4.9.k. Sm_2O_3 için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	103
Şekil 4.9.l. $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	103
Şekil 4.10.a. $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	104

Şekil 4.10.b. Ce(SO ₄) ₂ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	104
Şekil 4.10.c. Ce(OH) ₄ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	105
Şekil 4.10.d. Ce ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	105
Şekil 4.10.e. Gd ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	106
Şekil 4.10.f. Gd ₂ (CO ₃) ₃ .H ₂ O için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	106
Şekil 4.10.g. Gd ₂ (C ₂ O ₄) ₃ .H ₂ O için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	107
Şekil 4.10.h. Gd ₂ (SO ₄) ₃ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	107
Şekil 4.10.i. SmCl ₃ .6H ₂ O için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	108
Şekil 4.10.j. Sm(NO ₃) ₃ .6H ₂ O için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	108
Şekil 4.10.k. Sm ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	109
Şekil 4.10.l. Sm ₂ (SO ₄) için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	109
Şekil 4.11.a. CeCl ₃ .7H ₂ O için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	110
Şekil 4.11.b. Ce(SO ₄) ₃ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	110
Şekil 4.11.c. Ce(OH) ₄ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	111
Şekil 4.11.d. Ce ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	111
Şekil 4.11.e. Gd ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	112

Şekil 4.11.f. $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	112
Şekil 4.11.g. $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	113
Şekil 4.11.h. $Gd_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	113
Şekil 4.11.i. $SmCl_3 \cdot 6H_2O$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	114
Şekil 4.11.j. $Sm(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	114
Şekil 4.11.k. Sm_2O_3 için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	115
Şekil 4.11.l. $Sm_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi	115
Şekil 4.12.a. $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	123
Şekil 4.12.b. $Ce(SO_4)_2$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	123
Şekil 4.12.c. $Ce(OH)_4$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	124
Şekil 4.12.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	124
Şekil 4.12.e. Gd_2O_3 için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	125
Şekil 4.12.f. $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	125
Şekil 4.12.g. $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	126
Şekil 4.12.h. $Gd_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	126
Şekil 4.12.i. $SmCl_3 \cdot 6H_2O$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	127

Şekil 4.12.j. Sm(NO ₃) ₃ .6H ₂ O için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	127
Şekil 4.12.k. Sm ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	128
Şekil 4.12.l. Sm ₂ (SO ₄) ₃ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	128
Şekil 4.13.a. CeCl ₃ .7H ₂ O için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	129
Şekil 4.13.b. Ce(SO ₄) ₂ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	129
Şekil 4.13.c. Ce(OH) ₄ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	130
Şekil 4.13.d. Ce ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	130
Şekil 4.13.e. Gd ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	131
Şekil 4.13.f. Gd ₂ (CO ₃) ₃ .H ₂ O için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	131
Şekil 4.13.g. Gd ₂ (C ₂ O ₄) ₃ .H ₂ O için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	132
Şekil 4.13.h. Gd ₂ (SO ₄) ₃ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	132
Şekil 4.13.i. SmCl ₃ .6H ₂ O için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	133
Şekil 4.13.j. Sm(NO ₃) ₃ .6H ₂ O için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	133
Şekil 4.13.k. Sm ₂ O ₃ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	134
Şekil 4.13.l. Sm ₂ (SO ₄) ₃ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi	134

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. X-ışını diyagram ve non-diyagram çizgilerinin Siegbahn ve IUPAC gösterimleri.....	16
Çizelge 2.2. Foton soğurma katsayıları çalışmalarında kullanılan soğurma katsayıları ve tesir kesitleri.....	36
Çizelge 3.1. Geçiş geometrisinde kullanılan numuneler ve özellikleri	45
Çizelge 3.2. Uyarma geometrisinde kullanılan numuneler ve özellikleri.....	46
Çizelge 4.1. 59,54 keV uyarma enerjisi için $K\alpha$ üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ şiddet oranları ve Toplam atomik soğurma tesir kesitleri değerleri.	61
Çizelge 4.2. 59,54 keV uyarma enerjisinde K tabakası soğurma sıçrama faktörleri değerleri.....	62
Çizelge 4.3. 59,54 keV'de L_3 alttabakası üretim kesir kesiti değerleri.	65
Çizelge 4.4. 59,54 keV'de L_3 alttabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı değerleri.....	65
Çizelge 4.5. K tabakası çevresinde La_2O_3 için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayı değerleri	68
Çizelge 4.6. K tabakası çevresinde Ce için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	69
Çizelge 4.7. K tabakası çevresinde Pr için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	70
Çizelge 4.8. K tabakası çevresinde Nd_2O_3 için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	71
Çizelge 4.9. K tabakası çevresinde Sm için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	72
Çizelge 4.10. K tabakası çevresinde Gd için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	73
Çizelge 4.11. Deneysel ve teorik soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri.	73
Çizelge 4.12. K tabakası çevresinde $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	79

Çizelge 4.13. K tabakası çevresinde $Ce(SO_4)_2$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	80
Çizelge 4.14. K tabakası çevresinde $Ce(OH)_4$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	81
Çizelge 4.15. K tabakası çevresinde Ce_2O_3 için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	82
Çizelge 4.16. K tabakası çevresinde Gd_2O_3 için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	83
Çizelge 4.17. K tabakası çevresinde $Gd_2(CO_3)_3.H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	84
Çizelge 4.18. K tabakası çevresinde $Gd_2(C_2O_4).H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	85
Çizelge 4.19. K tabakası çevresinde $Gd_2(SO_4)_3$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	86
Çizelge 4.20. K tabakası çevresinde $SmCl_3.6H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	87
Çizelge 4.21. K tabakası çevresinde $Sm(NO_3)_3.6H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	88
Çizelge 4.22. K tabakası çevresinde Sm_2O_3 için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	89
Çizelge 4.23. K tabakası çevresinde $Sm_2(SO_4)_3$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.	90
Çizelge 4.24. Deneysel ve teorik soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri.	91
Çizelge 4.25. Deneysel ve teorik moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin sıçrama faktörü değerleri.	91
Çizelge 4.26. K tabakası çevresinde $CeCl_3.7H_2O$ ve $Ce(SO_4)_2$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.	117
Çizelge 4.27. K tabakası çevresinde $Ce(OH)_4$ ve Ce_2O_3 için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.	118
Çizelge 4.28. K tabakası çevresinde Gd_2O_3 ve $Gd_2(CO_3)_3.H_2O$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.	119

Çizelge 4.29. K tabakası çevresinde $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ ve $Gd_2(SO_4)_3$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri	120
Çizelge 4.30. K tabakası çevresinde $SmCl_3 \cdot 6H_2O$ ve $Sm(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri	121
Çizelge 4.31. K tabakası çevresinde Sm_2O_3 ve $Sm_2(SO_4)_3$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri	122

1. GİRİŞ

X-ışını floresans (XRF) tekniği, periyodik tablodaki elementlerin hemen hemen hepsinin kalitatif ve kantitatif analizlerini tahribatsız olarak yapılmasına imkan sağlayan ve elementlerin miktarını milyarda bir oranında hassasiyet ile belirlemede kullanılan metotlardan biridir. Enerji Ayrımlı X-ışını Floresans Spektrometri (EDXRF) diğer spektrometri yöntemlerine göre daha kullanışlı ve maliyeti daha düşük olduğundan dolayı, yaygın olarak tercih edilen XRF metodudur. X-ışını floresans tesir kesiti, soğurma sızrama faktörü, soğurma sızrama oranı ve kütle soğurma katsayıları X-ışını floresans tekniğinde önemli parametrelerdir. K tabakası ve L_{III} alttabakası soğurma floresans parametrelerinin deneysel ve teorik doğru değerleri medikal fiziğinde (kanser terapisi, sağlık fiziği için dozimetrik hesaplamalar...), nükleer endüstride, malzeme biliminde, radyasyon zırlama gibi bilimin birçok alanında önemli parametrelerdir. Ayrıca, soğurma sızrama faktörü ve sızrama oranı, X-ışını şiddet oranları, flüoresans tesir kesiti ve flüoresans verim parametreleri, gama ve X-ışınlarının madde ile etkileşimi alanında oldukça önemli parametrelerdir.

Soğurma sızrama oranı ve sızrama faktörünün belirlenmesinde dört farklı yöntem vardır. Bunlar, gama ve X-ışını azaltma yöntemi, Compton azaltma yöntemi, enerji ayrımlı X-ışını floresans (EDXRF) yöntemi ve Bremsstrahlung yöntemidir. Ancak, bu yöntemlerde direkt uyarma ve geçiş geometrileri kullanıldığı için bu şekilde gruplamak daha uygundur. Bu yöntemlerden gama ve X-ışını azaltma yöntemi ile Compton azaltma yöntemi birbirine benzemektedir, fakat kullanılan ikincil kaynak enerjisinin elde edilme biçimleri farklıdır. Bu iki yöntemin temelinde soğurma sızrama oranı ve faktörü bulunacak tabakanın/alttabakanın soğurma kıyılarına yakın enerjilerdeki kütle soğurma katsayılarının elde edilmesi vardır. Kütle soğurma katsayısı maddenin yoğunluğuna ve gelen enerjinin miktarına göre değişir. Bu etkiler göz önüne alınarak yapılan birçok çalışma vardır (Da-Chun *et al.* 1995; Angelona *et al.* 2001; Turgut *et al.* 2002; Turgut *et al.* 2004; İçelli and Erzenoğlu 2004b; Turgut *et al.* 2005; Baltaş *et al.* 2005; Chitrlekha *et al.* 2005; Demir 2010). Bu çalışmalarda farklı enerjilerde farklı element ve bileşiklerin kütle soğurma katsayıları belirlenmiştir. Turgut *et al.* (2005)

ikincil uyarma metodunu kullanarak 4,508-17,443 keV enerji aralığında Fe elementi ve FeF_3 , Fe_2O_3 , $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ bileşikleri için toplam kütle soğurma katsayılarını belirlemişlerdir ve bileşikler için karışım kuralı metodunun özellikle soğurma kıyıları yakınlarında uygun olmadığını gözlemlemişlerdir. Da-Chun *et al.* (1995) proton uyarımıyla oluşturulan X-ışınları ile SiH_4 için 1,486-15,165 keV aralığında ve Si için 8,041-29,109 keV aralığında kütle soğurma katsayılarını ölçmüşlerdir. Bu çalışmayla hem gazlı bileşiklerde Bragg Kanununun geçerliliğini doğrulamışlardır hem de Si için 1,4 keV ile 8 keV enerji aralığında kütle soğurma katsayılarını elde etmişlerdir. Angelone *et al.* (2001) değişken bir X-ışını kaynağı ile ve ince (50 μm) Be pencereye sahip yüksek çözünürlüklü bir germanyum detektör kullanarak 13 ile 50 keV enerji aralığında 22 yüksek saflıklı elementler için kütle soğurma katsayılarını ölçmüşlerdir. Baltaş *et al.* (2005) bir NaI(Tl) detektör yardımıyla Cs-137 ve Na-22 radyoaktif kaynaklarından yayımlanan 511, 611 ve 1274 keV foton enerjilerinde YBaCuO ve BiPbSrCaCuO süper iletkenleri için kütle soğurma katsayılarını tayin etmişlerdir. Chitrlekha *et al.* (2005) 5,947, 6,460 ve 14,413 keV foton enerjilerinde mono ve disakkarit numuneler için kütle soğurma katsayılarını tayin etmişlerdir ve teori ile deneysel sonuçlar arasında yaklaşık %5 uyum olduğunu gözlemlemişlerdir. Demir (2010) bir sintilasyon detektör ile deneysel olarak tinkal, üleksit ve kelemonit gibi bor cevherlerinin kütle soğurma katsayılarını Am-241 radyoaktif nokta kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisinde belirlemiştir. Turgut *et al.* (2002) ikincil uyarma metoduyla Co, Mn elementleri ve Co_2O_3 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, CoSO_4 , $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, MnCO_3 , KMnO_4 , MnCl_2 , $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ bileşikleri için 4,508-11,210 keV enerji aralığında kütle soğurma katsayılarını belirlemişlerdir ve özellikle uyarma kıyısı yakınlarındaki enerjilerde bileşikler için karışım kuralı metodunun uygun olmadığını gözlemlemişlerdir. Turgut *et al.* (2004) ikincil uyarma metodunu kullanarak 4,508-13,375 keV arasındaki enerjilerde saf Cu, Cr ve Cu_2O , CuC_2O_4 , $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Cr_2O_3 , $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_3(\text{CH}_3\text{CO}_7)(\text{OH})_2$ bileşiklerinin kütle soğurma katsayılarını bularak karışım kuralının geçerliliğini araştırmışlardır. İçelli and Erzeneoğlu (2004b) bir Si(Li) detektör kullanarak 15,746-40,930 keV enerji bölgesinde V_2O_3 , VO_2 , VF_3 , NH_4VO_3 , VF_4 , NiF_2 , NiCl_2 , $\text{NiCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NiF}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bileşikleri için kütle soğurma katsayılarını belirlemişlerdir.

Gama ve X-ışını azaltma yönteminde, tek enerjili gama ya da X-ışını fotonlarının, soğurma sıçrama katsayısı ölçülecek elemental hedef boyunca azaltılmasına izin verilir. Verilen bir numune için kütle soğurma katsayısının foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak grafiklendirildiğinde ilgili tabakanın/alttabakanın bağlanma enerjisi çevresinde testere dişine benzer bir yapı oluşur. Üst enerji dallanmasını K tabakası için, K, L, M ve daha üst tabakalardan, L_{III} alttabakası için L_{III} alttabakası, M, N ve daha üst tabakalardan katkı sağlayan soğurma katsayıları meydana getirir ve alt enerji dallanmasını, K tabakası için L, M ve daha üst tabakalardan, L_{III} alttabakası için M, N ve daha üst tabakalardan katkı sağlayan soğurma katsayıları meydana getirir. Üst enerji dallanmasındaki soğurma katsayıları ile alt enerji dallanmasındaki soğurma katsayılarının oranı K tabakası ve L_{III} alttabakası soğurma sıçrama oranını verir. Ayrıca, üst ve alt kıyı fotoelektrik tesir kesitleri arasındaki fark direkt olarak, başka kısmi tesir kesite gerek kalmadan ilgili tabakanın/alttabakanın fotoelektrik tesir kesitini verir. Daha sonra r sembolüyle gösterilen soğurma sıçrama oranı değeriyle, J sembolüyle gösterilen soğurma sıçrama faktörü değeri hesaplanır. Soğurma sıçrama faktörü, J, gelen fotonun K, L, M, ... enerji seviyelerinden elektron koparma olasılığının bir ölçüsüdür. Polat *et al.* (2005) deneysel K tabakası sıçrama faktörlerini Ag_2O_3 , $CsHCO_3$, $Ba[(OH)_2]$ ve La_2O_3 bileşikleri için soğurma kıyıları yakınlarındaki enerjilerde kütle soğurma katsayılarını ölçerek bulmuşlardır. Ölçümler, 25-40 keV enerji bölgesinde birincil kaynak olarak Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik enerjili fotonların farklı ikincil kaynakların (Sb, Pr, Nd ve Sm) $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışınlarını kullanarak geçiş geometrisinde yapmışlardır. Kaya *et al.* (2007) K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini ve sıçrama oranlarını Tm_2O_3 , Yb_2O_3 , Lu, Hf, Ta, W, Re ve Os için soğurma kıyıları yakınlarında kütle soğurma katsayılarını ölçerek türetmişlerdir. Ölçümler, 56-77 keV aralığında geçiş geometrisi kullanılarak, rezülasyonu 5,9 keV'de 150 eV olan bir Ultra-LeGe katihal detektörü ile Co-57 halka kaynağından yayımlanan 123,6 keV'lik gama fotonlarıyla farklı ikincil kaynakların (Yb, Ta, Os, W, Re ve Ir) $K\alpha_1$, $K\alpha_2$, $K\beta_1$ ve $K\beta_2$ X-ışınlarının uyarılmasıyla yapılmıştır. Mallikarjuna *et al.* (2002) nadir toprak elementlerinin toplam soğurma tesir kesitlerini 6-85 keV enerji bölgesinde yüksek çözünürlüklü bir germanyum detektör ile ölçmüşlerdir ve elde ettikleri sonuçlar ile K kıyısında τ_K K tabakası fotoelektrik tesir kesitlerini, g_K salınım tesir kesitini ve r_K K soğurma sıçrama oranlarını La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Ho ve Er için türetmişlerdir.

Kaya *et al.* (2008a) bizmut için ilk kez deneysel olarak L_{III} ($2P_{3/2}$) alttabakası sıçrama oranını ve sıçrama faktörü değerlerini EDXRF spektrometresi kullanarak L_{III} soğurma kıyısının üst ve alt enerji dallanmalarındaki kütle soğurma katsayılarını ölçerek bulmuşlardır. Cengiz *et al.* (2013) tantal için L_{III} soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörünü, birincil kaynak olarak Am-241 halka kaynağı ve ikincil kanak olarak Ni, Cu, Zn, Ga, As, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb ve Bi elementlerini kullanarak kütle soğurma katsayılarını dar geçiş geometrisini kullanarak hesaplamışlardır.

Compton azaltma yöntemi çalışmaları için hedef numunenin soğurma kıyısı etrafındaki enerji bölgesinde sürekli değişebilen enerjili fotonlar veren bir kaynağa ihtiyaç vardır. Herhangi bir kaynaktan yayımlanan enerjilerin Compton saçılımına uğratılarak bu tür yakın enerjileri elde etmek mümkündür. Bu teknikte, Compton saçılımına uğramış gama fotonlarının, soğurma sıçrama oranı ölçülecek olan elemental numune boyunca soğurulmasına izin verilir. Bilindiği gibi Compton saçılmış fotonların enerjisi saçılma açısının bir fonksiyonudur. Bu yüzden, saçılma açısının ayarlanmasıyla Compton saçılmış fotonların enerjisi değiştirilebilir ve hedef atomun ilgili tabaka bağlanma enerjisi çevresinde kütle soğurma katsayıları elde edilebilir. Foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak kütle soğurma katsayısının grafiğinden, ilgili tabakanın soğurma sıçrama oranı üst enerjideki dallanmanın alt enerjideki dallanmaya oranıyla elde edilir. Bu metottaki tek sakınca Compton saçılmış radyasyonun tamamen monokromatik olmayışıdır. Bu yöntemde saçıcı olarak genellikle alüminyum kullanılır. Alüminyum kullanılmasının sebebi, küçük atom numaralı elementlerde Rayleigh saçılmasının düşük olması ve alüminyumun iyi bir saçıcı olmasıdır. Polat *et al.* (2004) saçıcı olarak bir alüminyum kullanarak 59,54 keV'lik gama ışınlarından yayımlanan Compton saçılmış enerjilerde bir Si(Li) detektör kullanarak Gd, Tb, Dy, Ho ve Er elementleri için K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini bulmuşlardır. Budak *et al.* (2004) Gd, Dy, Ho ve Er elementleri için X-ışını soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranını ikincil uyarıcı olarak alüminyum kullanarak, 59,54 keV gama enerjisinden saçılarak üretilen Compton pikleri yardımıyla soğurma kıyıları yakınlarındaki enerjilerde kütle soğurma katsayılarını ölçerek elde etmişlerdir. Abdullah *et al.* (2008) bir alüminyum hedeften

59,54 keV'lik gama ışınlarını Compton saçılmasına uğratarak Sm, Eu, Gd, Tb, Dy ve Er nadir toprak elementlerinin K soğurma kıyılarında 49,38 keV ve 57,96 keV'lik enerji aralığında bazı enerjilerde foton soğurma katsayılarını ölçerek türetmişlerdir. Polat *et al.* (2013) bir alüminyum numuneden 59,5 keV gama ışınlarını saçılıma uğratarak Ce, Pr, Nd, Sm, Eu ve Tb numunelerinin K tabakaları soğurma kıyıları yakınlarındaki enerjilerde kütle soğurma katsayılarını ölçerek soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini türetmişlerdir. Ayala and Mainardi (1996) erbiyumun K tabakası soğurma sıçrama oranını bir Ge(Li) detektör ile Compton azaltma yöntemini kullanarak ölçmüşlerdir.

Bremsstrahlung yönteminde, zayıf bir beta kaynağından gelen sürekli bremsstrahlung radyasyonunun ince bir hedef numune boyunca geçmesine izin verilir. Geçen bremsstrahlung radyasyonu hedef atomun ilgili tabakasının bağlanma enerjisinde ani bir düşme gösterir. Bu ani düşmeden yüksek atom numaralı elementler için ilgili tabakanın soğurma sıçrama faktörü ölçülür. Nayak and Badiger (2006) ilk kez K tabakası soğurma sıçrama oranı r_K , soğurma sıçrama faktörü J_K ve K kıyısında τ_{PE}/τ_K oranını doğru olarak Hf, Ta, Au ve Pb elementleri için zayıf bir beta kaynağı kullanarak belirlemişlerdir. Hosur *et al.* (2011) Sr-90/ Y-90 bir zayıf beta kaynağından yayımlanan beta parçacıklarıyla düşük enerjili bremsstrahlung fotonlarını kullanarak Dy, Yb ve W elementleri için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitlerini, K tabakası bağlanma enerjilerini, K tabakası sıçrama oranlarını, K tabakası sıçrama faktörlerini, Davisson-Kirchner oranlarını ve K tabakası salınım tesir kesitini belirlemişlerdir.

Enerji ayrımlı X-ışını floresans (EDXRF) yönteminde, güçlü bir radyoaktif kaynaktan gelen gama radyasyonu öncelikle yüksek atom numaralı elementin ilgili tabakanın/ alttabakanın X-ışını fotonlarının üretilmesinde kullanılır. X-ışını fotonlarının hedef numune boyunca geçmesine izin verilir. İlgilenilen bir numunede gelen ve geçen X-ışını fotonlarının şiddetlerinin bilinmesiyle soğurma tesir kesiti ölçülür. Eğer uyarma modundaki güçlü kaynak numuneyi uyarırsa, ilgili tabakanın/alttabakanın X-ışını üretim tesir kesiti ve X-ışını şiddet oranları hesaplanır. Bu floresans parametreler yardımıyla ilgili tabakanın/alttabakanın soğurma sıçrama faktörü belirlenir. Kaya *et al.* (2008b) K

tabakası floresans verimlerini, $K\beta/K\alpha$ şiddet oranlarını, $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerini ve toplam atomik soğurma tesir kesitleri gibi K tabakası floresans parametrelerini ölçerek atom numarası $69 \leq Z \leq 76$ arasındaki elementlerin K tabakası soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini 123,6 keV foton enerjisinde belirlemişlerdir. Kaya *et al.* (2011) $K\alpha$ üretim tesir kesitlerini, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını ve toplam atomik soğurma tesir kesitlerini ölçerek $76 \leq Z \leq 92$ aralığındaki bazı elementler için EDXRF yöntemini kullanarak K tabakası soğurma sıçrama oranını ve sıçrama faktörlerini belirlemişlerdir. Ertuğrul *et al.* (2002) $40 \leq Z \leq 60$ arasındaki bazı elementlerin K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini, $K\alpha$ üretim tesir kesitlerini ve toplam atomik tesir kesitlerinin ölçülmesinden türetmişlerdir. Budak *et al.* (2003) K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini Nb, Tc, Ru, Rh, Cd, In, Sn, Te, Pr, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho ve Er elementleri için $K\alpha$ üretim tesir kesitlerini ve toplam atomik tesir kesitlerini ölçerek elde etmişlerdir ve K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini lineer fit ederek, teorik, fit edilen değerler ve XCOM değerleriyle karşılaştırmışlardır. Sidhu *et al.* (2011a) Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As ve Sr elementleri için K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini K tabakası üretim tesir kesitlerini, toplam atomik tesir kesitlerini ve $K\beta/K\alpha$ şiddet oranlarını deneysel ve toplam saçılma tesir kesitlerini ve floresans verimlerini teorik olarak alarak 59,54 keV'lik enerjili fotonlarla X-PIPS Si(Li) detektör kullanarak 90° 'lik geometride elde etmişlerdir. Bennal and Badiger (2007) floresans verim, floresans tesir kesiti ve soğurma sıçrama faktörü gibi K tabakası floresans parametrelerini 2 Π geometrik yapılandırmasını benimseyerek bir Co-57 kaynağından yayımlanan 123,6 keV'lik enerjileri kullanarak saf Mo, Ag, Cd, In ve Sn elementleri için belirlemişlerdir. Kahlon *et al.* (2011) ilk defa Pb, Th ve U elementleri için L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörlerini ve sıçrama oranlarını EDXRF tekniğini kullanarak ölçmüşlerdir. Sidhu *et al.* (2011b) W, Au ve Hg elementleri için L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörlerini ve sıçrama oranlarını deneysel olarak 90° 'lik yansıma geometrisinde ölçmüşlerdir.

Ayrıca, Broll (1986) atom numarası $11 \leq Z \leq 70$ aralığındaki elementlerin K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini McMaster *et al.* (1969)'dan aldığı kütle soğurma katsayıları değerleriyle teorik olarak hesaplayarak tablo halinde vermiştir ve yine

McMaster *et al.* (1969)'dan aldığı kütle soğurma katsayı değerleriyle $27 \leq Z \leq 96$ aralığındaki elementlerin L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörlerinin teorik olarak tablo halinde vermiştir.

Genellikle soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerlerinin doğruluğu yüksek bir derece ile bilinemez, çünkü; i) soğurma eğrileri ara sıra soğurma kıyısının üst enerji dallanmasında biçimini bozabilir, ii) saçılma, atom numarasının azalmasıyla daha az ihmal edilebilir hale gelebilir ve düşük atom numaralı elementler için fotoelektrik tesir kesitinin gerçek değerinin belirlenmesi zorlaşır (Kaya *et al.* 2011).

Alaşım, toprak, lastik, biyolojik materyal gibi karmaşık yapıdaki maddelerde foton etkileşimi için atom numarası, tek cins atomlu elementlerde olduğu gibi tek bir sayı ile belirtilemez. İnkoherent ve koherent saçılma, fotoelektrik soğurma ve çift oluşum gibi foton enerjisine bağlı farklı yollarla X-ışını ve gama ışınlarının madde ile etkileşimi süreçlerinin her biri için maddedeki farklı ağırlıklı elementlere bağlı olarak atom numarası değişir. Karmaşık yapılu maddelerdeki bu sayı etkin atom numarası ($Z_{\text{etk.}}$) olarak adlandırılır ve enerjiye bağlı olarak değişiklik gösterir. Etkin atom numarası çalışmaları molekülün radyasyonla etkileşimi hakkında kesin bilgiler verir. Etkin atom numarası, karmaşık X-ışını ve gama ışını soğurulmasının yorumlanmasında ve medikal radyasyon dozimetrelerinde yararlı bir parametredir. Etkin atom numarası parametresi bir maddenin birçok karakteristiğinin sayılarla ifade edilmesine izin verir. Karmaşık yapılu maddelerin etkin atom numarası teknoloji, nükleer endüstri, uzay araştırma programları, mühendislik ve bilimsel uygulamaların birçok alanında çok yararlı bir parametredir.

Kütle soğurma katsayısından yararlanılarak kütle enerji soğurma katsayısı, toplam etkileşim tesir kesiti, molar yok olma katsayısı, moleküler, atomik, elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu gibi bir dizi ilişkili parametreler türetilir. Herhangi bir bileşiğin etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu soğurulan X-ışınlarının enerjisiyle ya da dalga boyuyla değişir. Bir

maddenin etkin elektron sayısı ya da elektron yoğunluğu (N_E) birim kütle başına elektron sayısını belirtir ve etkin atom numarasından türetilir.

Özdemir and Kurudirek (2009) dar ışın geometrisini kullanarak 59,54 keV enerjide 21 farklı bileşik için toplam kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını belirlemiştir. Sidhu *et al.* (2012) dar ışın geometrisinde çalışarak Am-241 nokta kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjide $C_6H_5NH_2$, C_6H_{12} , $C_3H_5(OH)_3$, $N-(CH_4H_9OH)$, C_2H_6OS , C_4H_8O , C_8H_{10} , C_8H_8O ve $C_6H_{15}N$ bileşikleri için toplam kütle soğurma katsayılarını, toplam foton etkileşim tesir kesitlerini, etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını belirlemiştir ve sonuçların teoriyle uyum içinde olduğunu gözlemlemiştir. Gowda *et al.* (2005) farklı enerjilerde (30,8; 35,0; 81,0; 145; 276,4; 302,9; 356, 383,9; 661,6; 1173 ve 1332,5 keV) glisin, alanin, serin, valin, treanin, lösin, izolösin, aspartik asit, lizin, triptofon amino asitleri ve arabinoz, riboz, glikoz, galaktoz, mannoz, fruktoz, ramnoz, maltoz, melibiyoz, melezitoz ve rafinoz şekerleri için etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarını, toplam soğurma tesir kesitini ölçerek hesaplamışlardır. Han and Demir (2009) 5,9 keV'de rezülasyonu 160 eV olan bir Si(Li) detektör ile geçiş geometrisinde Am-241 ve Cd-109 kaynaklarından yayımlanan 22,1; 25,0; 59,5 ve 88,0 keV foton enerjilerinde saf Ti, Co, Cu ve Ti_xCo_{1-x} ve Co_xCu_{1-x} ($x=0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3$ ve $0,2$) alaşımları için toplam kütle soğurma katsayılarını ölçerek etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarını belirlemiştir. Önder *et al.* (2012) 5,9 keV'de 182 eV rezülasyona sahip bir HPGe detektör kullanarak 8,04; 8,91; 13,37; 14,97; 17,44; 19,63; 22,10; 24,90; 30,82; 32,06; 35,40; 36,39; 37,26; 43,74; 44,48; 50,38; 51,70; 53,16; 80,99; 276,40; 302,85; 356,01; 383,85 ve 661,66 keV foton enerjilerinde $MgSO_4$, $CdSO_4$, Al_2O_3 , Mg_2SiO_4 , $ZnSO_4$, $CaSO_4$, CaF_2 , $NaSO_4$, $Na_4P_2O_7$, $Ca_5F(PO_4)_3$, SiO_2 , $CaCO_3$ ve $BaSO_4$ gibi bazı termolüminesans dozimetrik bileşikler için kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını belirlemiştir. Singh *et al.* (1996) kısmi ve toplam foton etkileşimleri için bazı bileşiklerin etkin atom numaralarını ve kütle soğurma katsayılarını 10^2 - 10^5 MeV enerji aralığında teorik olarak hesaplamışlardır ve ayrıca geçiş geometrisini kullanarak 123-1132 keV enerji aralığında bu bileşiklerin etkin etkin atom numaralarını ve kütle soğurma katsayılarını deneysel

olarak hesaplamışlardır. Han and Demir (2010) 5,9 keV'de 160 eV rezülasyona sahip bir Si(Li) detektör ile 59,5 ve 88 keV foton enerjilerinde saf Au ve Au₉₉Be₁, Au₈₈Be₁₂ ve Au₉₅Zn₅ alaşımları için geçiş geometrisinde toplam atomik ve elektronik tesir kesitlerini, etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını toplam kütle soğurma katsayılarından türeterek elde etmişlerdir. El-Kateb *et al.* (2000) geçiş geometrisinde, 81, 356, 511, 662, 835, 1274 ve 1332 keV enerjilerinde pirinç, tunç, çelik, alümiyum-silisyum ve kurşun-antimon alaşımları için kütle soğurma katsayılarını ölçerek, toplam etkileşim tesir kesitlerini ve etkin atom numaralarını belirlemişlerdir. Çevik and Baltaş (2007) Co-57 nokta kaynağından yayımlanan 122-136 keV gama ışınları enerjisinde Bi, Pb, Sr, Co, Cu metalleri, Bi₂O₃, PbO, SrCO₃, CaO, CuO bileşikleri ve Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀ süperiletkeni için kütle soğurma katsayılarını hesaplamışlardır ve karmaşık süperiletken numunelerde elektron yoğunluğunun ve etkin atom numaralarının soğurma kıyılarındaki değişimleri gözlemlemişlerdir. İçelli and Erzeneoğlu (2004) Si(Li) detektör kullanarak 15,746-40,930 keV enerji aralığında V₂O₃, VO₂, VF₃, NH₄VO₃, VF₄, NiF₂, NiF₂.4H₂O, NiCl₂.6H₂O, Ni(ClO₄)₂.6H₂O bileşikleri için etkin atom numaralarını belirlemişlerdir. Pesen *et al.* (2012) bazı baryum bileşiklerinin moleküler, atomik, elektronik tesir kesitlerini ve toplam kütle soğurma katsayılarını soğurma kıyısı yakınlarındaki enerjilerde elde etmişlerdir ve moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerlerinin soğurma kıyısı yakınlarında teoriyle uyum içinde olmadığını gözlemlemişlerdir.

Yapılan deneysel çalışmaların birinci kısmında, doğrudan uyarma geometrisi ile BaCl₂, La₂O₃, CeCl₃.7H₂O, Gd, Tb(NO₃)₃.5H₂O, Dy, Ho₂O₃ ve Er numuneleri için K tabakası soğurma sıçrama faktörü değerleri ve Yb₂O₃, Hf, Ta, W, HgF₂, Tl₂O₃, Pb, Bi, Th(NO₃)₄.5H₂O ve UO₂(NO₃)₂ numuneleri için L_{III} alttabakası soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri ve geçiş geometrisi kullanarak La₂O₃, Ce, Pr, Nd₂O₃, Sm ve Gd numuneleri için K tabakası soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri değerleri elde edilmiştir. Literatür taramasından da görüldüğü gibi aynı elementler üzerinde farklı metotlar ile yapılan çalışmalar bulunmamaktadır. Çalışmanın bu kısmında iki metot birbiri ile kıyaslanmıştır.

Yapılan deneysel çalışmaların ikinci kısmında, $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$, $\text{Ce}(\text{OH})_4$, Ce_2O_3 , Gd_2O_3 , $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Gd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Sm_2O_3 ve $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ bileşikleri için soğurma kıyıları yakınlarındaki enerjilerde toplam kütle soğurma katsayılarını, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri ve bunların soğurma sıçrama faktörleri ile aynı enerjilerde etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunlukları belirlenmiştir. Çalışmanın bu bölümü, literatürde oldukça sınırlı sayıda bulunan moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti soğurma sıçrama faktörleri parametrelerine katkıda bulunmak için yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. X-ışını Floresans Analiz Tekniği

X-ışını floresans (XRF) analizi, bir numunede mevcut olan hemen hemen tüm elementlerin spektrokimyasal olarak belirlenmesinde güçlü analitik bir yöntemdir. Bir X-ışını kaynağından yayımlanan yeterince yüksek enerjili fotonlar, bir malzemeye çarptığında XRF radyasyonu yayımlanır. Bu birincil X-ışınları, analit atomlar ile etkileşime geçerler. Yüksek enerjili fotonlar, fotoelektrik etki yoluyla iç tabakadaki elektronları uyarırlar ve böylece iç tabakalarda (K, L, M, ...) elektron boşlukları yaratılır. Yaklaşık 100 pikosaniye içinde, bu boşluklara dış tabaka elektronlarının hızlı geçişleri, karakteristik floresans radyasyonun yayımlanmasına sebep olabilir. Dış tabakalar ya da alttabakalardan bütün geçişler izinli değildir, sadece bunlardan seçim kurallarına uyanlar izinlidir. Belirli bir tabakadaki bir boşluğun oluşturulması sonucu meydana gelen elektron geçişlerindeki yayımlanan fotonların enerjisi, atomik tabakalar arasındaki enerji farkıyla ilişkilidir. Bütün izinli geçişleri içeren her bir elementin karakteristik X-ışını takımı elementi tanımlar. Bu radyasyon biçimi yanında, Auger elektronlarının yayılımı da yer alabilir. Her iki süreçte atom numarasına bağlıdır ve olasılıkları birbirini tamamlayıcıdır; Auger verimi düşük atom numaralı elementler için yüksek ve floresans verim ağır elementler için olasılıkları yüksektir.

XRF analizinin çalışma prensibi, numuneden yayımlanan karakteristik fotonların dalgaboyu ya da enerjilerine göre şiddetlerinin ölçülmesidir. Bu, analit (bir numunedeki tayin edilecek bileşenlerin ortak adıdır) içindeki elementlerin tanımlanmasına ve onların kütle ya da konsantrasyonlarının belirlenmesine izin verir. Analiz için bütün bilgiler, belirli bir dalgalanan temel sayma (background) üzerine eklenmiş bütün karakteristik çizgiler ile bir çizgi spektrumu olan, ölçülmüş spektrumda depolanır. Diğer etkileşim süreçleri, başlıca, numuneden ve yüzeyinden birincil radyasyonun elastik ve inelastik saçılması temel sayıma sebep olur.

Yayımlanan floresans karakteristik radyasyonun spektrumunun ölçülmesinde dalgaboyu ayrımlı (WD) ve enerji ayrımlı (ED) spektrometreler kullanılır. Dalgaboyu Ayrımlı X-ışını Floresans (WDXRF) analizinde, ürün, bir Geiger-Müller, orantılı veya sintilasyon sayıcılarla sayılan fotonların, ayırım ortamı olarak bir Bragg tek kristali ile ölçülen dalgaboyuna karşı karakteristik çizgi spektrumlarının şiddetidir. Enerji Ayrımlı X-ışını Floresans (EDXRF) analizinde, fotonların sayımında, eş zamanlı olarak fotonları enerjisine göre sınıflandıran ve sonuçları çok kanallı bir belleğe depolayan bir katıhal dedektörü kullanılır. Ürün, X-ışını enerjisine karşı şiddet spektrumudur. Dedekte edilebilir element aralığı Be (Z=4) hafif elementinden U (Z=92) ağır elementine kadar gitmektedir. Standart WD ya da ED tipi spektrometrelerle konsantrasyonlar yüzde mg g^{-1} seviyelerine kadar belirlenebilir. Kütle olması durumunda ise, standart uyarma geometrisine sahip spektrometrelerle nanogram seviyelerine ulaşılır.

Özel uyarma geometrileri, en uygun kaynaklar ve dedektörler tarafından mutlak analit dedeksiyon kapasitesi pikogram hatta femtogram aralığına ulaşabilir; konsantrasyon durumunda, aynı gelişmiş faktörlere ulaşılabilir, yani aynı şartlar altında mg g^{-1} 'den pg g^{-1} seviyelerine ulaşılabilir.

Prensipite, XRF analizi bir çoklu element analiz tekniğidir ve özellikle, verilen numunedeki dedekte edilebilir elementlerin eşzamanlı belirlenmesi doğal olarak EDXRF ile mümkündür. WDXRF'de hem ardışık hem de eşzamanlı dedeksiyon modu mümkündür.

XRF analizinin en çarpıcı özelliği bilinmeyen bir numune içindeki hemen hemen bütün elementlerin (Be-U) nitel ve nicel analizlerine izin vermesidir. Prensipite analiz, tahribatsız, yüksek hassasiyet ve doğruluklu, eşzamanlı ve çok element kapasitesine sahiptir. Teknik, bilimin birçok alanında, araştırmalarda ve kalite kontrol uygulamalarında oldukça kullanışlıdır, düşük dedeksiyon limitine sahiptir ve 9. dereceden büyüklükleri kapsayan büyük bir konsantrasyon aralığı vardır (Gauglitz and Vo-Dinh 2003).

2.2. Tesir Kesiti

Radyasyonun madde ile etkileşiminde, gelen şüadaki parçacıkların maddenin elektronları, atomları veya çekirdekleriyle etkileştikleri zaman meydana gelecek olayların ihtimaliyeti ifade edilebilir. Böyle bir olayın meydana gelme ihtimaliyeti tesir kesiti kavramıyla açıklanabilir. Tesir kesiti, radyasyon şuası ile madde arasındaki meydana gelen etkileşmenin türüne göre isimlendirilir. Örneğin, radyasyon şuası madde tarafından soğuruluyorsa, soğurma tesir kesiti, madde tarafından saçılıyorsa saçılma tesir kesiti olarak adlandırılır.

A yüzeyine ve dt kalınlığına sahip ince bir levha üzerine I şiddetinde radyasyonun düştüğünü göz önüne alalım. Radyasyon şuasının ince levhadan geçerken bir miktarının madde atomları tarafından soğurulma ya da saçılma ihtimaliyeti vardır. Eğer σ , bir atomu kuşatan ve ilgilenilen herhangi bir olayın meydana gelmesi ile ilgili etkin alan olarak alırsak, gelen radyasyon şuası bu alana düştüğünde ilgili olay gerçekleşir. Levhanın birim hacminde n tane hedef atomun olduğunu ve hiçbir atomun üst üste binmediğini kabul edelim. Bu durumda her bir atomun gelen radyasyon parçacıklarıyla ilgili olayı gerçekleştirmesi mümkündür. Burada, ndt birim yüzey başına düşen atom sayısı ve A ise A alanındaki toplam atom sayısı olur. O halde, her bir atom, ilgili olaya σ etkin alanıyla katılacağından dolayı, toplam etkin alan $A\sigma$ olur. Bir bombardıman demetinde N tane parçacık mevcutsa ve ince levhadaki atomlar ile etkileşen parçacık sayısı dN ise,

$$\frac{dN}{N} = \frac{\text{Toplam Etkin Alan}}{\text{Hedef Alan}} \quad (2.1)$$

ifadesi yazılabilir. Bunu aşağıdaki şekilde de ifade edebiliriz;

$$\frac{dN}{N} = n\sigma dt \quad (2.2)$$

Her bir parçacığın tek bir etkileşim yaptığını varsayarsak, dt kalınlığı içinden geçen dN tane parçacığın şuada ayrıldığını düşünebiliriz. Bu durumda ifadenin (-) işareti alması gerekir. (-) işareti şuada azalmanın meydana geldiğini gösterir. O halde, eşitliğimiz aşağıdaki gibi olur;

$$\frac{dN}{N} = -n\sigma dt \quad (2.3)$$

Bu eşitliğin integrali alınırsa,

$$N = N_0 e^{-n\sigma t} \quad (2.4)$$

şeklinde olur. Burada N_0 levhaya gelen parçacık sayısı, N levhanın t kalınlığını geçen parçacıkların sayısı, σ ise tesir kesitidir. $n\sigma t$ 'nin çok küçük değerlerinde,

$$N = N_0 (1 - n\sigma t) \quad (2.5)$$

yazılabilir. Bu durumda t kalınlığını geçerken soğurulan parçacıkların sayısı,

$$dN = N_0 n\sigma t \quad (2.6)$$

olur. Buradan σ 'yı çekersek,

$$\sigma = \frac{dN}{N_0 n t} \quad (2.7)$$

ifadesi elde edilir. Tesir kesiti olarak adlandırılan σ , ilgili olayın gerçekleşme ihtimaliyetinin bir ölçüsüdür ve birimi barn'dır ($1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$).

2.3. Karakteristik X-ışınları

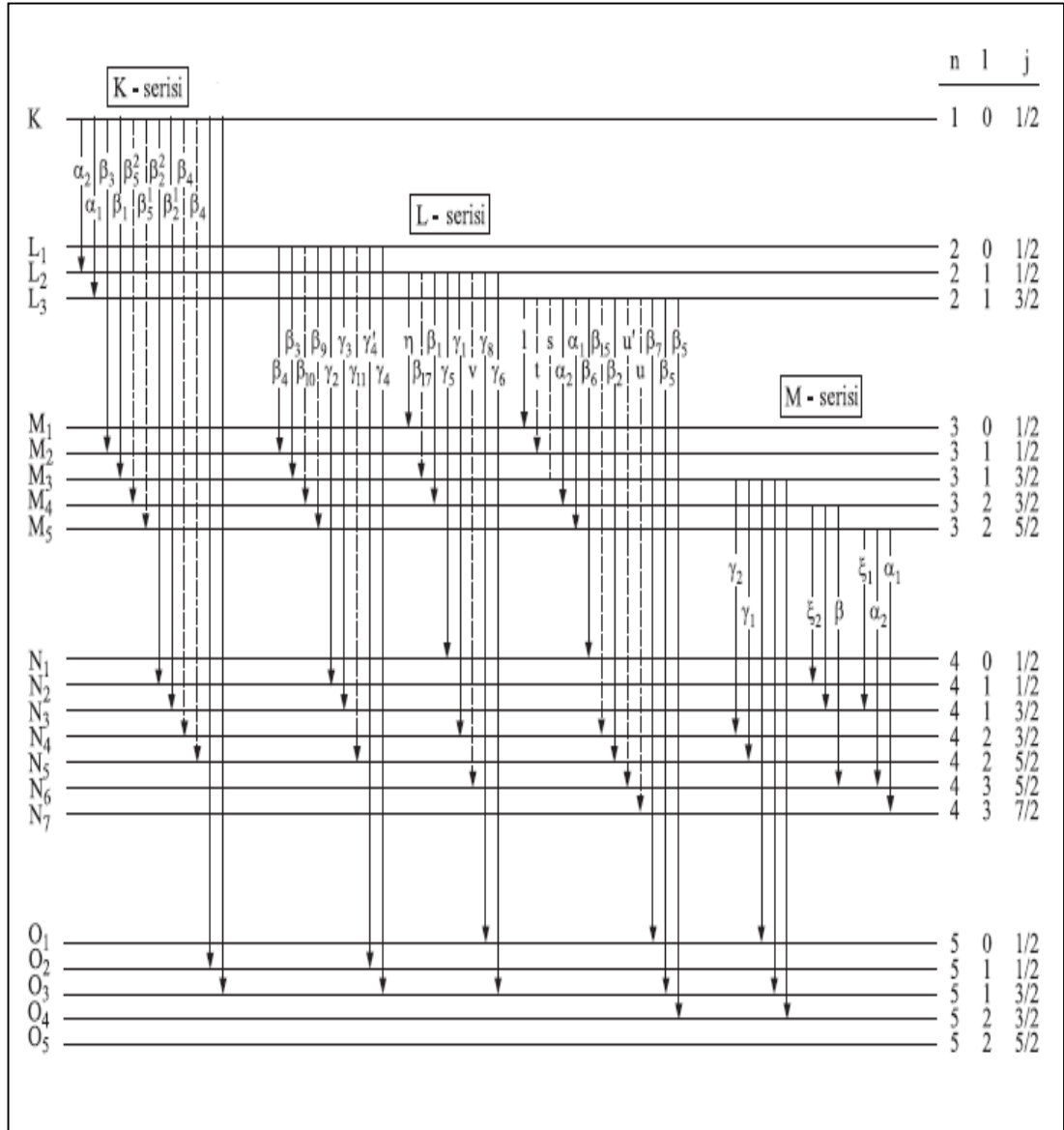
Bir atomdan bir elektron koparılırsa, atom iyonlaşmış duruma geçer. Hızlandırılmış elektronlarla, proton, nötron ve α -parçacıklarıyla, X-ışını tüpünden yayımlanan X-ışınları ile, radyoizotop kaynaklardan yayımlanan fotonlar ve ikincil X-ışınları ile atomu iyonlaş duruma geçirmek mümkündür. Atomdan, bu yolların herhangi biriyle kopartılan bir elektronun yeri 10^{-8} saniye içerisinde daha üst tabakalardan elektron geçişi ile doldurulur. Bu geçişin ardından bir foton yayımlanır ve bu olaya floresans adı verilir. İç tabakada meydana getirilen boşluk sonucu yayımlanan fotonlara karakteristik fotonlar veya karakteristik X-ışınları adı verilir. Burada yayımlanan enerji, geçişin meydana geldiği tabakalar arasındaki enerji farkına eşittir. Yayımlanan tüm X-ışını fotonlarının enerjileri tabakalar arasındaki enerji farkı ile orantılı olduğundan verilen bir elementten elde edilen çizgiler, o elementi karakterize eder. Üst tabakalar tarafından doldurulan boşluk belli bir geçiş kurallarına ve enerjinin minimumluğuna uygun olarak doldurulur.

Atomun enerji soğurarak elektronun üst seviyelere çıkmasına eksitasyon, uyarılan elektronun enerji yayımlayarak temel hale geçmesine ise deeksitasyon adı verilir. Deeksitasyon tek bir seferde olacağı gibi birkaç basamakta da olabilir. Bir foton tarafından K tabakasından bir elektron koparıldığında, oluşan boşluk L, M, ... tabakalarındaki bir elektron tarafından doldurulur. Eğer elektron L tabakasından boşluğu dolduruyorsa $K\alpha$ karakteristik X-ışını, M tabakasından dolduruyorsa $K\beta$ karakteristik X-ışını yayımlanır. Benzer olarak, L tabakasından meydana gelen boşluğu M,N,... tabakalarındaki bir elektron dolduruyorsa $L\alpha$, $L\beta$,... karakteristik X-ışınları yayımlanır. Çizelge 2.1'de X-ışınlarının Siegbahn ve IUPAC gösterimleri, Şekil 2.1'de K, L ve M tabakasından yayımlanan karakteristik X-ışınlarının gösterimi verilmiştir.

Çizelge 2.1. X-ışını diyagram ve non-diyagram çizgilerinin Siegbahn ve IUPAC gösterimleri

Siegbahn	IUPAC	Siegbahn	IUPAC	Siegbahn	IUPAC	Siegbahn	IUPAC
$K\alpha_1$	$K - L_3$	$L\alpha_1$	$L_3 - M_5$	$L\gamma_1$	$L_2 - N_4$	$M\alpha_1$	$M_5 - N_7$
$K\alpha_2$	$K - L_2$	$L\alpha_2$	$L_3 - M_4$	$L\gamma_2$	$L_1 - N_2$	$M\alpha_2$	$M_5 - N_6$
* $K\alpha_3$	$K - L_1$	$L\beta_1$	$L_2 - M_4$	$L\gamma_3$	$L_1 - N_3$	$M\beta$	$M_4 - N_6$
$K\beta_1$	$K - M_3$	$L\beta_2$	$L_3 - N_5$	$L\gamma_4$	$L_1 - O_3$	$M\gamma$	$M_3 - N_5$
$K\beta_2'$	$K - N_3$	$L\beta_3$	$L_1 - M_3$	$L\gamma_4'$	$L_1 - O_2$	$M\xi_1$	$M_5 - N_3$
$K\beta_2''$	$K - N_2$	$L\beta_4$	$L_1 - M_2$	* $L\gamma_{2,3}'$	$L_1 - N_{4,5}$	$M\xi_2$	$M_4 - N_2$
$K\beta_3$	$K - M_2$	$L\beta_5$	$L_3 - O_{4,5}$	* $L\gamma_{11}$	$L_1 - N_5$	Mm	$M_1 - N_2$
* $K\beta_4'$	$K - N_5$	$L\beta_6$	$L_3 - N_1$	$L\gamma_5$	$L_2 - N_1$		
* $K\beta_4''$	$K - N_4$	$L\beta_7$	$L_3 - O_1$	$L\gamma_6$	$L_2 - O_4$		
* $K\beta_{4x}$	$K - N_4$	$L\beta_7'$	$L_3 - N_{6,7}$	$L\gamma_8$	$L_2 - O_1$		
* $K\beta_5'$	$K - M_5$	* $L\beta_9$	$L_1 - M_5$	$L\gamma_8'$	$L_2 - N_6$		
* $K\beta_5''$	$K - M_4$	* $L\beta_{10}$	$L_1 - M_4$	$L\eta$	$L_2 - M_1$		
		$L\beta_{15}$	$L_3 - N_4$	$L\iota$	$L_3 - M_1$		
		* $L\beta_{17}$	$L_2 - M_3$	* Ls	$L_3 - M_3$		
				* Lt	$L_2 - M_2$		
				* Lu	$L_3 - N_{5,6}$		
				* Lv	$L_2 - N_{6,7}$		

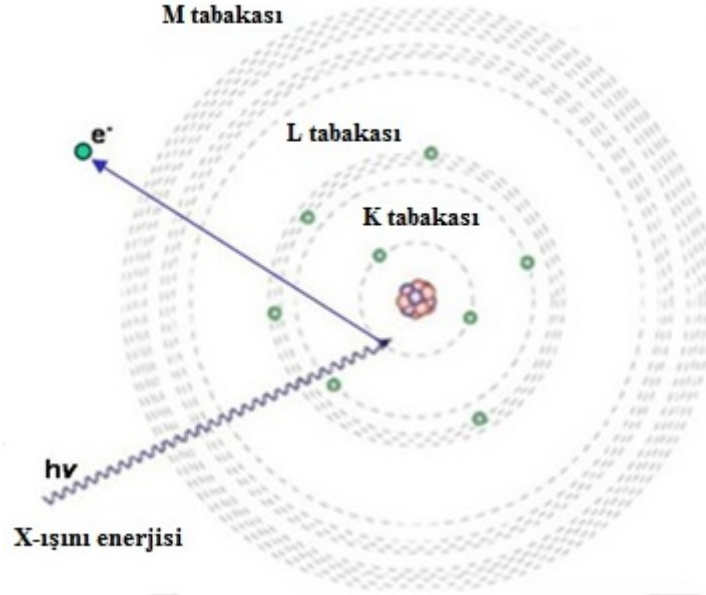
*Yasak geçişler



Şekil 2.1. Bir atomda ilgili elektron geçişleri sonucu yayımlanan karakteristik K , L ve M tabakaları X-ışınları (bakınız Çizelge 2.1)

2.4. Fotoelektrik Olay

Bir soğurucu atomunun sıkı bağlı bir elektronu ve bir foton arasındaki etkileşim fotoelektrik soğurma olarak adlandırılır. Etkileşimde, foton tamamen soğurulur ve E_K kinetik enerjili bir elektron atomdan sökülür. Koparılan elektron fotoelektron olarak adlandırılır. Bir K tabakası elektronu ve $h\nu$ enerjili bir foton arasındaki fotoelektrik etkileşimi Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Fotoelektrik olayın şematik gösterimi

Serbest (zayıf bağlı) bir elektron ile foton arasında meydana gelen Compton saçılmasının aksine, fotoelektrik olay bir foton ile sıkı bağlı bir elektron arasında meydana gelir. Elektronun atoma sıkı bağlanma gereksinimi, aşağıdaki şekilde açıklanan foton, serbest elektron fotoelektrik etkileşimdeki enerji ve momentum korunumları dikkate alınarak açıklanabilir.

Etkileşmeden önceki toplam enerji,

$$h\nu + m_e c^2 \quad (2.8)$$

etkileşmeden sonraki toplam enerji,

$$E_K + m_e c^2 \quad (2.9)$$

olup, enerjinin korunumundan,

$$h\nu = E_K \quad (2.10)$$

eşitliği elde edilir. Etkileşimden önceki momentum,

$$p_\nu = \frac{h\nu}{c} \quad (2.11)$$

etkileşimden sonraki momentum,

$$p_e = \frac{\sqrt{E^2 + (m_e c^2)^2}}{c} = \frac{E_K}{c} \sqrt{1 + \frac{m_e c^2}{E_K}} \quad (2.12)$$

ve momentumun korunumundan,

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{E_K}{c} \sqrt{1 + \frac{m_e c^2}{E_K}} \quad (2.13)$$

eşitliği elde edilir ve c'leri sadeleştirirsek,

$$h\nu = E_K \sqrt{1 + \frac{m_e c^2}{E_K}} \quad (2.14)$$

denklemleri elde edilir. Burada, E , E_K ve $m_e c^2$ sırasıyla toplam enerji, kinetik enerji ve fotoelektronun durgun kütle enerjisidir.

(2.10) ve (2.14) eşitliklerinde bir tezatlık vardır, (2.10) eşitliğinde $h\nu = E_K$ iken (2.14) eşitliğinde $h\nu > E_K$ durumu mevcuttur. Bu, foton ve serbest elektron etkileşiminin fotoelektrik olayında toplam momentum ve enerjinin aynı anda korunmadığını ve böylece serbest bir elektron ile bir foton arasında fotoelektrik olayın meydana gelebileceğini gösterir. Foton tarafından taşınan fazla enerji ve momentum fotoelektronun olduğu atoma aktarılır, fakat bu sadece fotoelektronun atoma sıkı bağlı olduğu durumlarda meydana gelir.

Fotoelektrik olayının temel özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz;

1- Fotonun taşıdığı fazla enerji ve momentum soğurucu atoma aktarılır, ancak çekirdek kütlesi nispeten büyük olduğundan, atomik geri tepme enerjisi son derece küçüktür ve ihmal edilebilir. Koparılan fotoelektronun E_K kinetik enerjisi, gelen fotonun enerjisi $h\nu$ ile orbital elektronun bağlanma enerjisi E_B arasındaki farka eşittir, yani,

$$E_K = h\nu - E_B \quad (2.15)$$

şeklindedir.

2- Soğurucu atomun bir elektronun $E_B(K)$ K tabakası bağlanma enerjisi $h\nu$ foton enerjisinden küçükse, yani, $h\nu > E_B(K)$ ise, soğurucunun K tabakası elektronları ile fotoelektrik soğurma meydana gelme ihtimali yaklaşık %80'dir ve kalan %20 ise daha yüksek tabadaki bağlı elektronların fotoelektrik soğurma meydana getirme ihtimaliyetidir.

3- Fotoelektron tarafından alınan enerji, fotoelektronun atomdan sökülüp, atomu iyonlaşmış hale getirmek için yetersiz olabilir, fakat atomu uyararak fotoelektronun daha üst orbitallere geçmesi için yeterli olabilir.

4- Verilen bir tabakada fotoelektron yayımlanması sonucu oluşan boşluk, daha üst tabakadaki bir elektron tarafından doldurulabilir, geçiş enerjisi, ya yayımlanan karakteristik fotonun ya da Auger elektronun enerjisi olacaktır.

2.5. Compton Saçılması

$h\nu$ enerjili bir foton ile zayıf bağlı bir elektronun etkileşimi sonucu oluşan saçılmaya Compton saçılması denir. Bu saçılma inkohherent saçılma olarak da bilinir. Compton saçılması çalışmalarında yapılan bir varsayım, gelen fotonun, serbest veya durgun bir elektron ile etkileşime girmesidir. Compton saçılmasında, gelen fotonun enerjisi $h\nu$ 'den daha küçük enerjili, $h\nu'$ enerjisine sahip saçılmış bir foton ve atomdan E_K kinetik enerji ile ayrılmış bir Compton (geritepme) elektronu üretilir.

Toplam enerji ve momentumun korunduğu bu saçılmada, Compton dalgaboyu kayması şu şekilde ifade edilir:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_C (1 - \cos\theta) \quad (2.16)$$

Burada, λ gelen fotonun dalgaboyu, λ' saçılmış fotonun dalgaboyu, $\Delta\lambda$ gelen ve saçılmış fotonlar arasındaki dalgaboyu farkı ve λ_C elektronun Compton dalgaboyudur ve şu şekilde ifade edilir;

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e c} = \frac{2\pi\hbar c}{m_e c^2} = 0,0243 \text{ \AA} \quad (2.17)$$

$\Delta\lambda$ dalgaboyundaki kayma için (2.16) eşitliği, serbest bir elektron ile gelen foton arasındaki Compton etkileşiminde toplam enerji ve momentum korunumu kanunlarını relativistik olarak göz önüne alınmasıyla türetilebilir. Toplam enerjinin korunumu kanunu şu şekilde ifade edebiliriz;

$$h\nu+m_e c^2=h\nu'+E_e \quad (2.18)$$

burada, $m_e c^2$ geri tepen elektronun durgun kütle enerjisi ve E_e geri tepen elektronun toplam enerjisidir. Geri tepen (Compton) elektronun toplam enerjisi;

$$E_e=m_e c^2+E_K \quad (2.19)$$

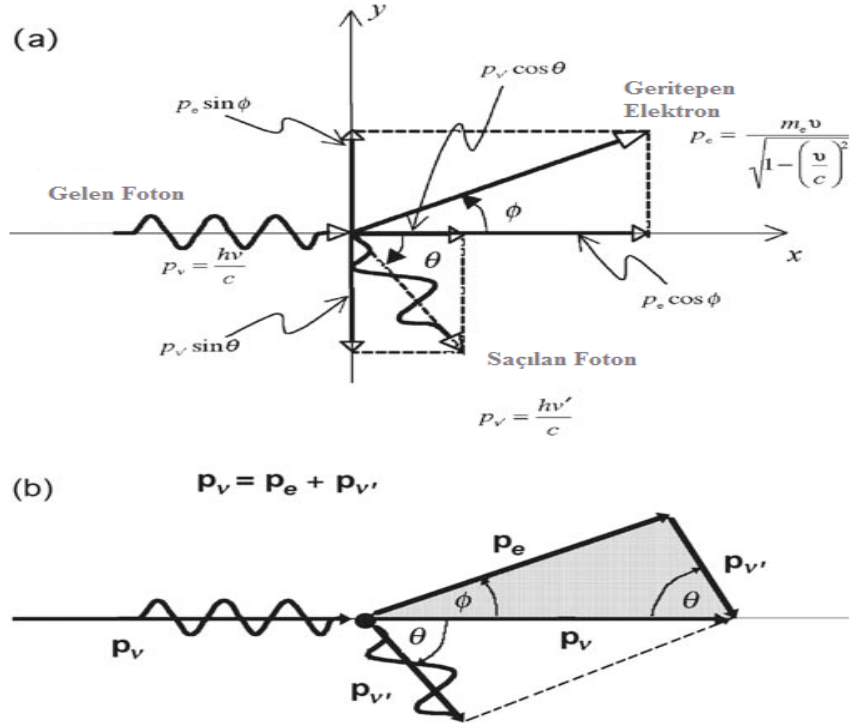
eşitliği ile verilir ve bu eşitliği (2.18) denkleminde yerine yazarsak;

$$h\nu+m_e c^2=h\nu'+m_e c^2+E_K \quad (2.20)$$

ya da

$$h\nu=h\nu'+E_K \quad (2.21)$$

elde edilir, burada, E_K geri tepen elektronun kinetik enerjisidir.



Şekil 2.3. (a) Compton saçılmasının şematik diyagramı (b) Compton saçılmasının vektörel gösterimi

Geri tepen elektronun toplam relativistik enerjisi;

$$E_e = \sqrt{(m_e c^2)^2 + p_e^2 c^2} \quad (2.22)$$

dir ve bunu (2.18) denkleminde yerine yazarsak,

$$hv + m_e c^2 = hv' + \sqrt{(m_e c^2)^2 + p_e^2 c^2} \quad (2.23)$$

denklemini elde ederiz. Burada, p_e geri tepen elektronun momentumudur. (2.23) eşitliğini düzenlersek,

$$(hv - hv') + m_e c^2 = \sqrt{(m_e c^2)^2 + p_e^2 c^2} \quad (2.24)$$

eşitliğini elde ederiz. (2.24) eşitliğinin karesi alınır ve p_e^2 'ye göre düzenlenirse,

$$p_e^2 = [(hv)^2 + (hv')^2 - 2(hv)(hv') + 2m_e c^2 (hv - hv')] \quad (2.25)$$

denklemini elde edilir.

Gelen elektron yönünde momentum korunumu yazılırsa,

$$p_\nu = p_\nu' \cos\theta + p_e \cos\phi \quad \text{ya da} \quad p_e \cos\phi = p_\nu - p_\nu' \cos\theta \quad (2.26)$$

ve gelen fotonun normal yönünde momentum korunumu,

$$0 = -p_\nu' \sin\theta + p_e \sin\phi \quad \text{ya da} \quad p_e \sin\phi = p_\nu' \sin\theta \quad (2.27)$$

şeklindedir. Burada, p_ν gelen fotonun momentumudur, $p_\nu = hv/c$, p_ν' saçılan fotonun momentumudur, $p_\nu' = hv'/c$, p_e geri tepen (Compton) elektronunun momentumudur ve şu şekilde ifade edilir;

$$p_e = c^{-1} \sqrt{E_K(E_K + 2m_e c^2)} \quad (2.28)$$

(2.26) ve (2.27) denklemlerinin karesini alırsak;

$$p_e^2 \cos^2\phi = \left(\frac{hv}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{hv}{c}\right)\left(\frac{hv'}{c}\right)\cos\theta + \left(\frac{hv'}{c}\right)^2 \cos^2\theta \quad (2.29)$$

ve

$$p_e^2 \sin^2 \phi = \left(\frac{h\nu'}{c} \right)^2 \sin^2 \theta \quad (2.30)$$

denklemleri elde edilir. (2.29) ve (2.30) denklemlerini geri tepme açısı θ 'yı yok edecek şekilde taraf tarafa toplarsak ve p_e^2 'ye göre düzenlersek,

$$p_e^2 = [(h\nu)^2 + (h\nu')^2 - 2(h\nu)(h\nu')\cos\theta] \quad (2.31)$$

denklemini elde edilir. (2.25) ve (2.31) denklemleri birleştirilirse,

$$2(h\nu)(h\nu')(1-\cos\theta) = 2m_e c^2 (h\nu - h\nu') \quad (2.32)$$

eşitliği elde edilir ve $v = c/\lambda$ ve $v' = c/\lambda'$ değerleri yerine yazılırsa, serbest bir elektron ile foton etkileşimi için Compton dalgaboyundaki kayma elde edilir;

$$\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\theta) = \lambda_C (1 - \cos\theta) \quad (2.33)$$

burada λ_C elektronun Compton dalgaboyudur. Bu eşitlikten de görüldüğü gibi Compton dalgaboyundaki kayma sadece saçılma açısı θ 'ya bağlıdır ve $h\nu$ gelen foton enerjisinden bağımsızdır.

2.6. Çift Oluşum

Gelen foton enerjisi $h\nu$, durgun kütle enerjileri toplamı $2m_e c^2 = 1,02$ MeV olan elektron ve pozitronun enerjisini aştığı zaman çift oluşum meydana gelebilir. Çift oluşumda enerji, yük ve momentum korunur. $h\nu > 2m_e c^2$ için, eğer çift oluşum boş uzayda meydana gelse bile, toplam enerji ve yük korunur. Ancak, toplam enerji ve yük ile aynı anda lineer momentum korunumu boş uzayda meydana gelmez. Lineer momentumun korunumu sadece fotonun taşıdığı momentumun uygun bir kesrinin alındığı atomun

Coulomb alanında meydana gelebilir. Çift oluşumda elektron ve pozitronun açısal ve enerji dağılımı, gelen fotonun enerjisi $h\nu$ ve soğurucunun atom numarası Z 'nin karmaşık bir fonksiyonudur.

Çift oluşumdan önce gelen fotonun enerjisi $E_\nu = h\nu > 2m_e c^2$ ve momentumu $p_\nu = h\nu/c$ 'dir. Etkileşimde bir elektron-pozitron çifti, toplam enerjisi $E_{\text{çift}} = 2\gamma m_e c^2$ ve toplam momentum $p_{\text{çift}} = 2\gamma m_e v$ olan bir üründür. Etkileşimden önceki toplam enerji,

$$E_\nu = h\nu \quad (2.34)$$

ve etkileşimden sonraki toplam enerji,

$$E_{\text{çift}} = 2\gamma m_e c^2 \quad (2.35)$$

şeklindedir. Etkileşimden önceki momentum,

$$p_\nu = h\nu/c \quad (2.36)$$

ve etkileşimden sonraki momentum,

$$p_{\text{çift}} = 2\gamma m_e v = E_{\text{çift}} \frac{v}{c^2} \quad (2.37)$$

şeklindedir. Etkileşimden önceki ve sonraki toplam yük sıfırdır. Boş uzayda çift oluşum için, toplam enerjinin korunumu şu şekilde ifade edilir;

$$E_\nu = h\nu \equiv E_{\text{çift}} = 2\gamma m_e c^2 \quad (2.38)$$

ve momentumun korunumu,

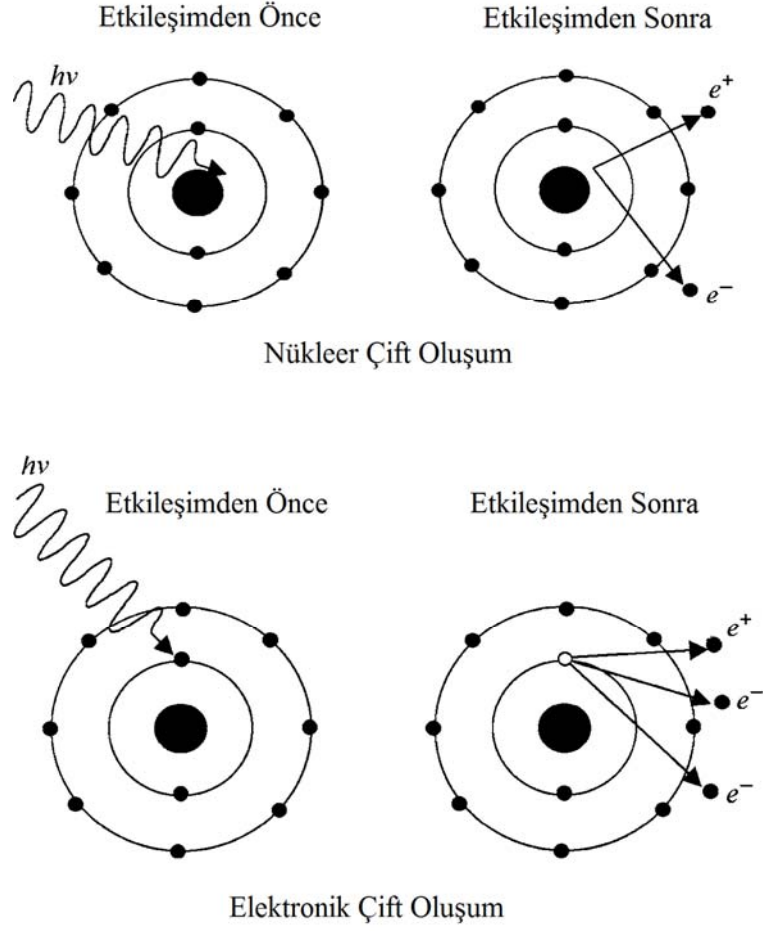
$$p_v = \frac{h\nu}{c} \equiv p_{\text{çift}} = 2\gamma m_e v = 2\gamma m_e c^2 \frac{v}{c^2} = E_{\text{çift}} \frac{v}{c^2} = p_v v/c \quad (2.39)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (2.39)'da bir çelişki vardır ve toplam enerji ve toplam momentumun aynı anda korunamayacağını göstermektedir. Parçacık hızı her zaman ışık hızından küçük olacağı için, çift oluşumdan önceki momentum her zaman çift oluşumdan sonraki toplam momentumdan büyük olur. Fotonun sahip olduğu fazla momentum elektron-pozitron çifti tarafından soğurulmaz, bu yüzden, fazla momentum aktarılabilceği, soğurucuya ait atomik çekirdek veya bir orbital elektronu olmak zorundadır. Böylece, soğurulan fazla momentum için iki çarpışma ortağı bulunabilir. Bunlar; atomik çekirdek ve orbital elektronlarıdır;

1- Fazla momentum, soğurucunun atomik çekirdeği tarafından soğurulduğunda, çekirdeğin kütlece nispeten büyük olmasından dolayı, geri tepme enerjisi oldukça küçük olur ve bu etki standart çift oluşum (genellikle nükleer çift oluşum) olarak adlandırılır. Bu olayda etkileşim sonucu iki parçacık (elektron-pozitron) ortaya çıkar.

2- Soğurucunun bir orbital elektronu tarafından fazla momentum alınır, orbital elektronunun geri tepme enerjisi kayda değer olabilir ve bu etki elektron alanında çift oluşum olarak tanımlanır, yani, elektronik çift oluşum, daha iyi bilinen adıyla üçlü oluşum olarak adlandırılır.

Çift oluşumu olayı öncesi toplam yük sıfırdır ve olaydan sonra da toplam yük sıfırdır. Yük korunum kuralı çift oluşumda memnun edicidir. Nükleer çift oluşum ve üçlü oluşum etkileşimleri Şekil 2.4'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Nükleer çift oluşum, elektronik çift oluşum

2.7. Floresans Verim ve Auger Olayı

Atomda herhangi bir tabakanın/ alttabakanın floresans verimi, herhangi bir yolla meydana getirilmiş bir boşluğun foton yayımlayarak doldurulması ihtimaliyetidir. Floresans verim, meydana geldiği tabakanın/ alttabakanın ismine göre adlandırılır. Örneğin, K tabakasında herhangi bir yolla meydana getirilen bir boşluğun bir karakteristik X-ışını yayımlayarak doldurulma ihtimaliyetine K tabakası floresans verimi adı verilir ve K tabakası için aşağıdaki gibi belirtilir;

$$\bar{\omega}_K = \frac{I_K}{\eta_K} = \frac{\sum n(K)}{\eta_K} = \frac{n(K\alpha) + n(K\beta) + \dots}{\eta_K} \quad (2.40)$$

burada, I_K yayımlanan karakteristik K X-ışınlarının sayısı, $\sum n(K)$ K tabakasına geçişlerin toplam sayısı ve η_K K tabakasında oluşturulan boşluk sayısıdır. (2.40) eşitliğini bütün tabakalar/ alttabakalar için genişletecek olursak;

$$\bar{\omega}_i = \frac{I_i}{\eta_i} \quad (2.41)$$

şeklini alır.

Boşluk oluşturularak uyarılmış hale getirilen bir atomda, uyarılmış halin ortalama ömrü τ ise, çizgi genişlemesine göre toplam seviye genişliği belirsizlik ilkesine göre $\Gamma = h/\tau$ olur. Ayrıca, Γ_R ışımali kısmi genişliği ve Γ toplam seviye genişliği olmak üzere floresans verim,

$$\omega = \frac{\Gamma_R}{\Gamma} \quad (2.42)$$

şeklinde ifade edilebilir.

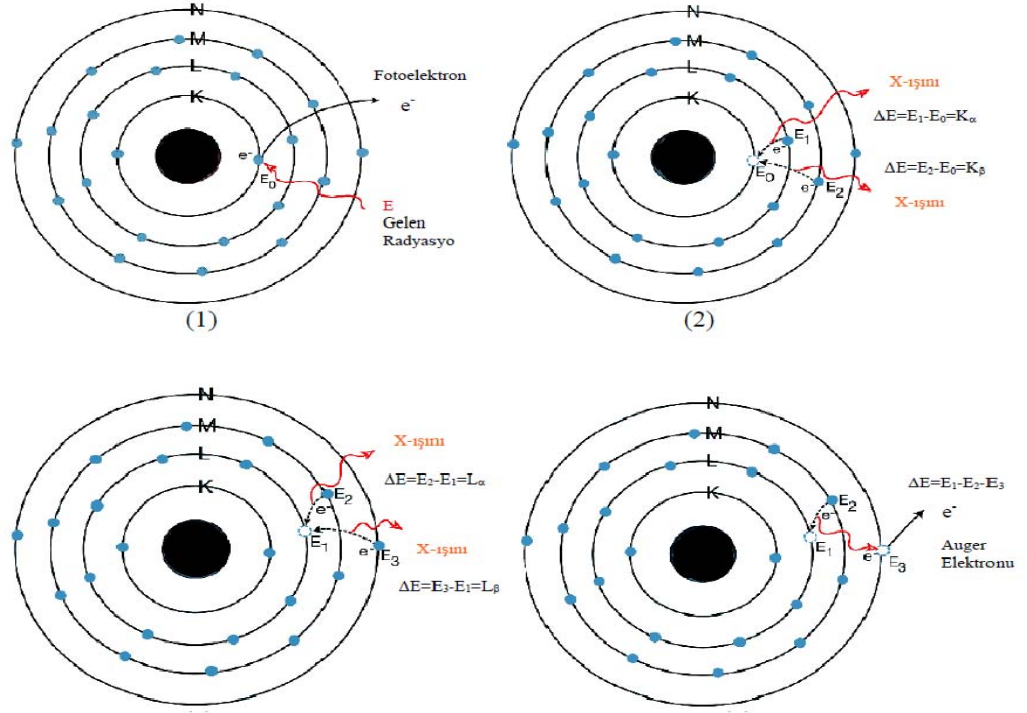
İç tabakaların birinden elektron kopararak oluşturulan bir boşluk daha üst tabakalardaki bir elektronun iç tabakadaki boşluğu doldurması sırasında yayımlanan foton atomu terk etmeden başka bir dış tabaka elektronu tarafından soğurulabilir. Fotonu soğuran elektron atomdan dışarı atılamayabilir. Bu yolla uyarılan atom, fazla enerjisini bir X-ışını olarak yayımlamak yerine bir elektron yayımlayarak serbest bırakabilir. Bu olayların meydana geldiği sürece Auger olayı ve atomdan bu yol ile koparılan elektrona da Auger elektronu adı verilir. Auger elektron enerjisi de elementi karakterize eder. Auger olayı, küçük atom numaralı elementlerde daha baskındır, ayrıca bir elementin L serisinde K serisine göre daha baskındır. K tabakasında Auger olayının meydana gelme ihtimaliyetini şu şekilde ifade edebiliriz;

$$a_K = \frac{I_K(\text{Auger})}{\eta_K} \quad (2.43)$$

burada, I_K ışımaz geçişlerin sayısı, η_K ise K tabakasında oluşturulan boşluk sayısıdır. Floresans verim ile Auger olaylarının ihtimaliyetlerinin toplamı 1'dir. Bu yüzden Auger olayının ihtimaliyeti $1-\omega$ şeklinde ifade edilebilir. X-ışını floresans olayı ve Auger olayı Şekil 2.5'de şematik olarak gösterilmiştir. Aynı tabaka içindeki elektron bir alttabakadan bir diğerine foton yayımlamaksızın geçebilir. Bu geçişlere Coster-Kronig geçişler denir. K tabakasında alttabaka bulunmadığı için bu tabakada Coster-Kronig geçişler gözlenmez. $\omega_i = I_i/\eta_i$ şeklinde ifade edilen floresans verim, Coster-Kronig geçişlerin varlığında kabul edilemez. Çünkü bir tabakada oluşturulan boşluk daha yüksek tabakalardan geçişlerle doldurulmadan önce Coster-Kronig geçişlerle doldurulabilir. Bu durumda ortalama floresans verim;

$$\bar{\omega}_i = \sum_i^k V_i^x \omega_i^x \quad (2.44)$$

şeklinde ifade edilir. Burada, V_i^x Coster-Kronig geçişleri tarafından değiştirilen boşluk dağılımları ve ω_i^x alttabaka floresans verimlerini ifade eder.



Şekil 2.5. Floresans ve Auger Olayları

Ortalama Auger verimi için de ifademiz şu şekli alır;

$$\bar{a}_i = \sum_{i=1}^k V_i^x a_i^x \quad (2.45)$$

2.8. Soğurucu İle Foton Etkileşiminin Genel Özellikleri

Bir soğurma ortamına foton nüfuz ettiğinde, fotonlar ortamda farklı farklı etkileşimlere maruz kalabilir. Bu etkileşimler ya atomun çekirdeğiyle ya da atomun elektronlarıyla olur. Çekirdek ile etkileşimler direkt olarak foton-çekirdek etkileşimleri (fotoparçalanma) ya da foton ile çekirdeğin elektrik alanı etkileşimleri (çift oluşum) şeklinde olur. Foton-elektron etkileşimleri ise foton, zayıf bağlı elektron (Thomson saçılması, Compton saçılması, üçlü oluşum) ya da foton, sıkı bağlı elektron (fotoelektrik olay, Rayleigh saçılması) şeklinde meydana gelir.

Zayıf bağı bir elektron, $h\nu$ foton enerjisi ile karşılaştırıldığında bağlanma enerjisi E_B 'nin çok küçük olduğu bir elektrondur. Zayıf bağı bir elektron ile bir foton arasındaki etkileşim bir foton ile serbest bir elektronun etkileşimi olarak dikkate alınır. Sıkı bağı bir elektron, E_B bağlanma enerjisi ile bir fotonun enerjisi karşılaştırıldığında, $h\nu$ foton enerjisinin E_B bağlanma enerjisinden çok az küçük olduğu ya da tamamen büyük olduğu bir elektrondur. Sıkı bağı bir elektron ile foton arasında etkileşim olması için, elektronun E_B bağlanma enerjisinin $h\nu$ foton enerjisinden yaklaşık olarak küçük olması gerekir, yani, $E_B \leq h\nu$ olmalıdır. Bir foton ile sıkı bağı bir elektronun etkileşiminde, atom bir bütün olarak dikkate alınır.

Foton ile atomun etkileşiminde olması beklenen iki sonuç vardır;

1- Fotonun yok olması (yani tamamen soğurulması) ve enerjisinin bir kısmını hafif yüklü parçacıklara (elektron ve pozitron) aktarması.

2- Fotonun saçılması. Burada da iki ihtimal vardır;

A- Saçılan fotonun gelen fotonla aynı enerjiye sahip olması ve etkileşimde hafif yüklü parçacıkların salınmaması

B- Saçılan fotonun gelen fotondan daha az enerjiye sahip olması ve fazla enerjinin hafif yüklü parçacığa (elektrona) aktarılması

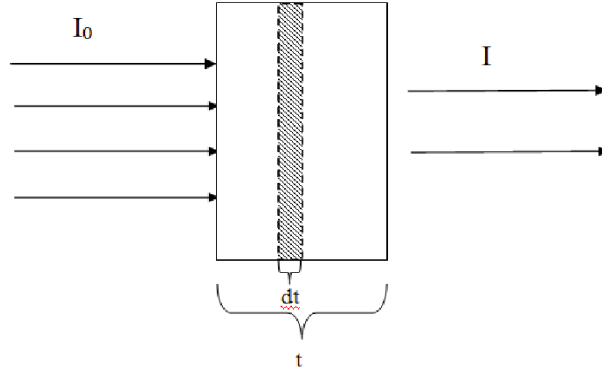
Soğurucu ortamında hafif yüklü parçacıkların (elektron ve pozitron) foton etkileşimleri boyunca şu şekillerde üretilbilirler;

1- Ya soğurucu ortamın orbital elektronları ile ortam boyunca etkileşimler yaparak enerjilerini depolarlar (iyonlaşma var).

2- Ya da soğurucu ortamın çekirdeği ile Coulomb etkileşimleri boyunca fotonlar şeklinde kinetik enerjilerini yayımlarlar (radyasyon kaybı).

2.9. X-ışını Soğurma Katsayıları

Şekil 2.6'da I_0 şiddetindeki monokromatik X-ışını şuaası t (cm) kalınlığında ve ρ (g/cm^3) yoğunluğundaki bir soğurucudan geçmektedir.



Şekil 2.6. X-ışınlarının bir numune boyunca soğurulmasının şematik gösterimi

Geçen ışınlar her zaman I_0 'dan daha az olan I şiddetine sahiptir. Yani, X-ışınları madde boyunca geçerken soğurulmaya veya saçılmaya uğrar. Geçen ışınların şiddeti şu şekilde verilir;

$$\frac{dI}{I} = -\mu dt \quad (2.46)$$

burada, μ lineer soğurma katsayısı olarak bilinen bir orantı sabitidir ve santimetrenin tersi (cm^{-1}) birimine sahiptir. Negatif işaret, madde boyunca geçen şuada her zaman bir azalma olacağını belirtir. Eğer μ değeri t 'den bağımsızsa eşitlik (2.46)'in integrali Lambert Kanununu verir;

$$I = I_0 \exp(-\mu t) \quad (2.47)$$

Bu eşitlikten dört X-ışını soğurma katsayısı türetilbilir;

1- Lineer soğurma katsayısı, μ , birim alandaki birim kalınlık başına olan soğurmayı verir, yani, birim kalınlık boyunca geçen birim tesir kesitindeki gelen X-ışını şuasındaki soğurmayı verir. SI birim sisteminde, birimi m^{-1} 'dir, ancak daha sık kullanılan birimi cm^{-1} 'dir. (2.47) eşitliğinden;

$$I/I_0 = \exp(-\mu t) \quad (2.48)$$

bu ifadenin logaritmasını alırsak;

$$\log_e (I/I_0) = -\mu t, \quad \log_e (I_0/I) = \mu t \quad (2.49)$$

buradan,

$$\mu = \frac{\log_e (I_0/I)}{t} \quad (2.50)$$

eşitliği elde edilir.

2- Kütle soğurma katsayısı, μ_m , birim alanda birim kütle başına soğurmayı verir. Kütle soğurma katsayısı soğurucunun yoğunluğuna bağlı değildir ve SI birim sisteminde birimi m^2/kg 'dir. Ancak daha sık kullanan birimi cm^2/g 'dir ($1m^2/kg=10cm^2/g$). Aşağıdaki şekilde belirtilir;

$$\mu_m = \mu/\rho \quad cm^2/g \quad (2.51)$$

3- Atomik soğurma katsayısı, μ_a , birim alanda birim atom başına soğurmayı verir. Ayrıca, kütle soğurma katsayısı μ/ρ 'nun soğurucunun birim kütledeki atom sayısına

bölümü şeklinde de belirtilebilir. SI birim sisteminde atomik soğurma katsayısının birimi m^2/atom 'dur, ancak daha sık kullanılan biçimi cm^2/atom 'dur ($1m^2/\text{atom}=10^4cm^2/\text{atom}$) ve şu şekilde ifade edilir;

$$\mu_a = \mu / \rho \frac{A}{N} = \mu / n \quad cm^2 / \text{atom} \quad (2.52)$$

4- Molar soğurma katsayısı, μ_{mol} , birim alandaki birim mol başına soğurmayı verir, yani, birim alan başına birim gram-atom'daki soğurmayı verir.

$$\mu_{mol} = (\mu / \rho) A \quad cm^2 / \text{mol} \quad (2.53)$$

Bu dört soğurma katsayısı arasında şöyle bir ilişki vardır;

$$\mu = \mu_m \rho = \mu_a \rho \left(\frac{N}{A} \right) = \mu_{mol} \rho / A \quad (2.54)$$

(2.48)-(2.54) eşitliklerinde, ρ yoğunluk (g/cm^3), A atomik ağırlık (g/mol), N Avogadro sayısı ($6,02 \times 10^{23}$ atom/mol), n cm^3 başına atom sayısı ve N/A gram başına atom sayısıdır. Bu dört katsayıdan kütle soğurma katsayısı en çok kullanılanıdır. Sadece, dalgaboyu ve atom numarasının bir fonksiyonudur. Farklı maddelerin kütle soğurma katsayısı değerleri direkt olarak karşılaştırılabilir ve bir bileşik, çözelti ya da karışım için kütle soğurma katsayısı değerleri bileşenlerin değerlerinden kolayca hesaplanabilir. Kütle soğurma katsayısının bu özellikleri lineer soğurma katsayısında yoktur.

(2.47) eşitliği μ/ρ için tekrar düzenlenecek olursa şu şekilde yazılır;

$$I = I_0 \exp[-(\mu/\rho)\rho t] \quad (2.55)$$

burada, ρ yoğunluk ve t kalınlıktır, ayrıca ρt alan konsantrasyonudur (g/cm^2).

Çizelge 2.2. Foton soğurma katsayıları çalışmalarında kullanılan soğurma katsayıları ve tesir kesitleri

	Sembol	μ ile ilişkisi	SI Birimi	Yaygın Birimi
Lineer Soğurma Katsayısı	μ	μ	m^{-1}	cm^{-1}
Kütle Soğurma Katsayısı	μ/ρ	μ/ρ	m^2/kg	cm^2/g
Atomik Soğurma Katsayısı	μ_a	μ/n	m^2/atom	cm^2/atom
Elektronik Soğurma Katsayısı	μ_e	μ/Zn	$\text{m}^2/\text{elektron}$	$\text{cm}^2/\text{elektron}$

W_A, W_B, W_C, \dots ağırlık kesrindeki A, B, C, ... elementlerinden oluşmuş bir bileşiğin, çözeltinin ya da karışımın kütle soğurma katsayısı şu şekilde bulunur;

$$(\mu/\rho)_{A,B,C,\dots} = \sum W_i (\mu/\rho)_i = W_A (\mu/\rho)_A + W_B (\mu/\rho)_B + \dots \quad (2.56)$$

Bazı durumlarda daha kullanışlı olan aşağıdaki şekli kullanılabilir;

$$(\mu/\rho)_X = W_A (\mu/\rho)_A + (1 - W_A) (\mu/\rho)_{X-A} \quad (2.57)$$

burada, X numune, A analit ve X-A matriksdir. (2.56) ve (2.57) eşitlikleri monokromatik X-ışınları için ve polikromatik X-ışınlarının bazı durumları için geçerlidir (polikromatik X-ışınları numune matriksindeki bütün elementlerin kütle soğurma katsayılarını dikkate alıyorsa).

2.10. X-ışını Soğurma Olayı

Her biri kendi lineer ve kütle soğurma katsayısına sahip üç olay sonucunda toplam soğurma katsayısı değeri elde edilir.

$$\mu = \tau + \sigma + \pi \quad (2.58)$$

$$\mu/\rho = (\tau/\rho) + (\sigma/\rho) + (\pi/\rho) \quad (2.59)$$

burada, τ ve τ/ρ fotoelektrik soğurma katsayıları, σ ve σ/ρ saçılma katsayıları, π ve π/ρ çift oluşun katsayılarıdır. Fotoelektrik soğurmada, foton tamamen soğurulur, gelen foton enerjileri yörünge elektronlarını sökmek için kullanılır ve X-ışını spektral çizgilerinin yayımlanması sonucu oluşan fotoelektronlara kinetik enerji olarak verilir. Saçılma sürecinde, foton tamamen soğurulmaz, fakat izlediği yoldan numune içinden geçerken sapmaya uğrar. Saçılma olayı, çok kısa dalgalı boylarında düşük atom numaralı elementlerde fotoelektrik olaydan daha baskındır. Çift oluşum sürecinde, fotonlar atom çekirdeğine çok yakın geçerken, enerjilerini çekirdeğe iki yüklü parçacık olan elektron ve pozitron oluşturması için verir.

X-ışını ya da γ fotonu $\longrightarrow e^- + e^+$

Bu, Einstein eşitliğine göre maddenin enerjiye dönüşümüne iyi bir örnektir;

$$E = mc^2 \quad (2.60)$$

burada, E enerji (erg), m kütle (g) ve c ışık hızıdır (cm/s). m'yi elektronun durgun kütlesi olarak alırsak ($9,11 \times 10^{-28}$ g), ışık hızı c, 3×10^{10} cm/s ise ve dönüşüm faktörünü de ($1,6 \times 10^{-6}$ erg/MeV) hesaba katarsak, bu eşitlik bize elektronun eşdeğer durgun kütle enerjisini verir ve o da 0,51 MeV'dir. Buradan çift oluşum için eşik foton enerjisinin 1.02 MeV olması gerektiğini buluruz.

2.11. X-ışını Soğurma Kısılları

Genelde bir elementin X-ışını soğurma katsayıları, ki buna X-ışını durdurma gücünde diyebiliriz, dalgaboyu ile azalır. Bu beklenen bir olaydır, çünkü daha kısa dalgaboyuna doğru gidildikçe enerji daha büyük olur ve nüfuz etme gücü artar. Buna rağmen, bazı eğrilerde ani süreksizlikler vardır ve bunlara soğurma kısılları veya kritik soğurma dalgaboyları adı verilir. Maksimum dalgaboyu (minimum foton enerjisi), soğurma kısılları bilinen bir elementin bir tabakasından bir elektron koparan dalgaboyudur. Her bir element uyarma potansiyellerinde olduğu gibi birçok soğurma kısıllarına sahiptir; K bir tane (λ_{Kab}), L üç tane (λ_{L1ab} , λ_{L2ab} , λ_{L3ab}) M beş tane, N yedi tane gibi. Çoklu bir kısılda en önemli kısıllar L_3 , M_5 ve N_7 'dir. Her bir element için soğurma kısılları dalgaboyu, tabakalar çekirdeğe yakınlaştıkça azalır, yani $\lambda_{Kab} < \lambda_{L1ab} < \lambda_{L2ab} < \lambda_{L3ab} < \lambda_{M1ab} < \dots$ gibi. Verilen bir tabaka için bu dalgaboyları artan atom numarası ile azalır.

2.12. Sıçrama Oranı ve Sıçrama Faktörü

Soğurma sıçrama oranı r ve sıçrama farkı δ , belirli bir atomik enerji tabakası tarafından toplam soğurulan kütle soğurma katsayısının kısmi tabakadaki kütle soğurma katsayısına oranı şeklinde belirtir. Örneğin K ve L_3 sıçrama oranları şu şekilde belirtilir;

$$r_K = \frac{(\mu/\rho)_K + (\mu/\rho)_{L1} + (\mu/\rho)_{L2} + (\mu/\rho)_{L3} + \dots}{(\mu/\rho)_{L1} + (\mu/\rho)_{L2} + (\mu/\rho)_{L3} + \dots} \quad (2.61)$$

$$r_{L3} = \frac{(\mu/\rho)_{L3} + (\mu/\rho)_{M1} + (\mu/\rho)_{M2} + \dots}{(\mu/\rho)_{M1} + (\mu/\rho)_{M2} + \dots} \quad (2.62)$$

K ve L_3 sıçrama farkları eşitlik içindeki pay ve payda arasındaki fark tarafından belirtilir. Daha basit ifade edecek olursak;

$$r = (\mu/\rho)_K / (\mu/\rho)_U \quad (2.63)$$

$$\delta = (\mu/\rho)_K - (\mu/\rho)_U \quad (2.64)$$

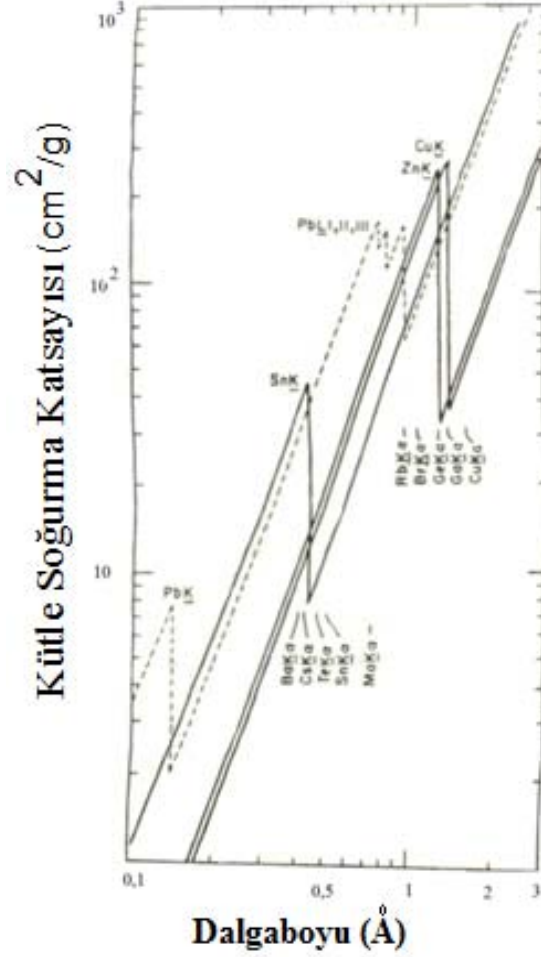
burada, K ve U sırasıyla soğurma kıyısının kısa ve uzun dalgaboyu taraflarını ifade eder, yani üst ve alt ya da μ/ρ 'nun maksimum ve minimum değerleridir. Meydana gelen fotoiyonizasyonların toplam sayısını K tabakası için şöyle yazabiliriz;

$$\frac{[(\mu/\rho)_K - (\mu/\rho)_U]}{(\mu/\rho)_K} = 1 - \left(\frac{1}{r_K}\right) = \frac{r_K - 1}{r_K} \quad (2.65)$$

2.13. μ/ρ , λ ve Z Arasındaki İlişki

Kütle soğurma katsayısı μ/ρ , bir maddenin belli bir dalgaboyunda ayırt edici bir özelliğidir, yani her madde için farklıdır ve aynı maddenin her bir dalgaboyunda da farklı değerlere sahiptir. Belli bir element için dalgaboyu ve soğurma arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde, dalgaboyunun kütle soğurma katsayısına karşı bir log-log grafiği çiziminden elde edilir. Verilen bir dalgaboyunda, durdurma enerjisi çok büyük olduğundan ağır elementlerde kütle soğurma katsayısı artan Z ile artar. Verilen bir element için, dalgaboyu arttıkça X-ışınları daha az nüfuz edeceği için kütle soğurma katsayısı artan dalgaboyuyla artar. Şekil 2.7 birkaç element için X-ışını soğurma eğrilerini göstermektedir. Kalayın kütle soğurma katsayısı düzenli olarak dalgaboyuyla λ_{SnKab} değerine kadar artmaktadır, sonra ani bir düşüş olmakta ve sonra tekrar düzenli olarak artmaktadır. λ_{PbKab} 'nin aşağısında olması gerektiği gibi kütle soğurma katsayısı Z ile artmaktadır, buna rağmen, λ_{PbL3ab} 'nin hemen üstünde bakır ve çinko (Z=29, 30) kalay ve kurşundan (Z=50, 82) daha yüksek soğurmaya sahiptir ve kalay ve kurşunun ($\Delta Z=32$) soğurmadaki farkı bakır ve çinkodan ($\Delta Z=1$) çok fazla değildir. Kurşunun kütle soğurma katsayısı λ_{PbKab} 'nin aşağısında kalaydan büyük, λ_{PbKab} ve λ_{SnKab} arasında daha küçük ve λ_{SnKab} ve λ_{PbL3ab} arasında daha büyüktür ve daha uzun dalgaboylarında

hafifçe azalır. Soğurmanın, atom numarası ve dalgaboyunun temel alınarak belirlenmesinin pek kolay olmadığı belirgindir.



Şekil 2.7. Çinko, kalay ve kurşunun X-ışını soğurma eğrileri

Toplam soğurmanın bileşenleri fotoelektrik soğurma, saçılma ve çift oluşumdur. X-ışını dalgaboyu bölgesinde çift oluşum meydana gelmez ve fotoelektrik soğurma saçılmaya göre daha baskındır. Sonuç olarak, kütle soğurma katsayısının büyük bir kısmını fotoelektrik soğurma belirler. Fotoelektrik soğurma katsayısı her bir tabakadan elektron sökülmesiyle foton soğurmasının belirtildiği bir dizi katsayıların toplamıdır;

$$(\tau/\rho)_\lambda = \sum (\tau/\rho)_{\lambda,i} = (\tau/\rho)_{\lambda,K} + (\tau/\rho)_{\lambda,L1} + (\tau/\rho)_{\lambda,L2} + (\tau/\rho)_{\lambda,L3} + \dots \quad (2.66)$$

burada, $(\tau/\rho)_\lambda$ λ dalgaboyunda fotoelektrik kütle soğurma katsayısı ve $(\tau/\rho)_{\lambda,i}$ λ dalgaboyunda i. tabaka elektronları için fotoelektrik kütle soğurma katsayısıdır. Dalgaboyu arttıkça her bir tabakanın soğurma kıyısı sırasıyla aşılar ve bu terim eşitlikten çıkarılır, τ/ρ 'daki ani düşüşlerin sebebi budur. Soğurma kıyıları arasında,

$$\tau/\rho = K' \left(\frac{N}{A} \right) Z^4 \lambda^3 \quad (2.67)$$

ilişkisi vardır. Burada K' her soğurma kıyısında değişen bir sabit, N Avogadro sayısı, A atomik ağırlık ve N/A gram başına düşen atom sayısıdır. Verilen herhangi bir madde için, N/A sabittir ve K' ile birleştirilirse Bragg-Pierce Kanunu elde edilir;

$$\mu/\rho = KZ^4 \lambda^3 \quad (2.68)$$

burada, K hala her soğurma kıyısında değişen bir sabittir.

2.14. Etkin Atom Numarası ve Önemi

Alaşım, toprak, lastik, biyolojik materyal gibi karmaşık yapıdaki maddelerde foton etkileşimi için atom numarası, elementlerde olduğu gibi tek bir sayı ile belirtilemez. İnkoherent ve koherent saçılma, fotoelektrik soğurma ve çift oluşum gibi foton enerjisine bağlı farklı yollarla X-ışınlarının ve gama ışınlarının madde ile etkileşimi süreçlerinin her biri için maddedeki farklı elementlere bağlı olarak atom numarası değişir. Karmaşık yapılu maddelerdeki bu sayı etkin atom numarası olarak adlandırılır ve enerjiye bağlı olarak değişim gösterir. Etkin atom numarası çalışmaları molekülün radyasyonla etkileşimi hakkında kesin bilgiler verir. Etkin atom numarası, karmaşık X-ışını ve gama ışını soğurulmasının yorumlanmasında ve medikal radyasyon dozimetrelerinde yararlı bir parametredir. Etkin atom numarası parametresi, bir maddenin birçok karakteristiğinin sayılar ile ifade edilmesine izin verir. Karmaşık yapılu

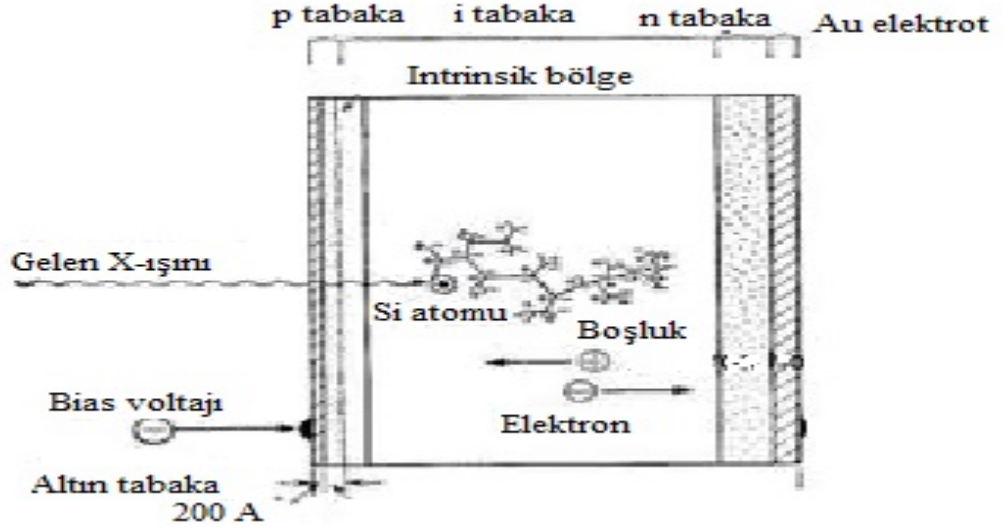
maddelerin etkin atom numarası teknoloji, nükleer endüstri, uzay araştırma programları, mühendislik ve bilimsel uygulamaların birçok alanında çok yararlı parametredir.

Etkin atom numarasını hesaplamanın çeşitli metotları vardır. Bunlardan en uygunu bileşik veya karışımlar için karışım kuralını kullanarak hesaplanan toplam kütle azaltma katsayılarından bileşiğe ait toplam atomik tesir kesitini ve bileşikteki veya karışımdaki her bir elemente ait kütle soğurma katsayısından elektronik tesir kesitlerini hesaplamaktır. Daha sonra, bulunan atomik tesir kesitinin elektronik tesir kesitine oranı etkin atom numarasını verir. Karışım kuralı, bileşik veya karışımdaki her bir elementin kütle soğurma katsayısını ayrı ayrı toplayarak toplam kütle soğurma katsayısını elde ettiği için deney sonuçları ile teorik sonuçlar arasında bazı noktalarda uyumsuzluk olabilmektedir. Karışım kuralında, kimyasal etki, bağların soğurmaya etkisi gibi faktörler göz ardı edildiği için bu uyumsuzluk ortaya çıkmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Si(Li) Detektör

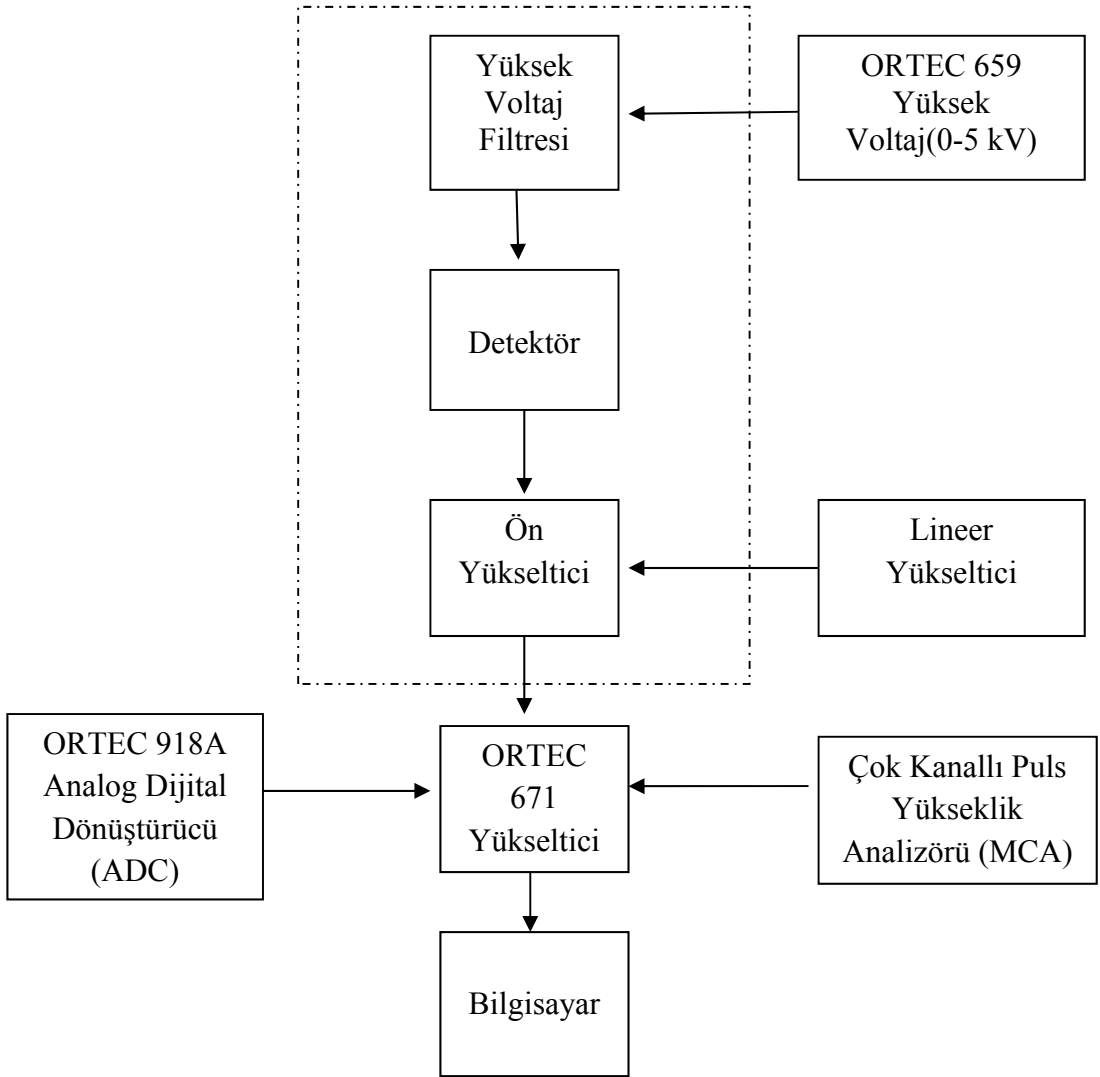
Deneylerde kullanılan detektör kristalinin aktif alan çapı 4 mm, hassas derinliği 5 mm ve detektör-pencere mesafesi 7 mm'dir. Detektörün rezülasyonu 5,9 keV'de 160 eV'dur. Elektrotlar, lityum katkılanmış silisyum yüzeyine 200 Å kalınlıklı altın buharlaştırılmasıyla elde edilmiştir. Detektör, gürültüyü azaltmak ve en iyi rezülasyonu elde etmek için sıvı azot kaynama sıcaklığında (-196°C) tutulmuştur.



Şekil 3.1. Si(Li) detector diyodunun şematik gösterimi

Detektör 0,008 mm kalınlıklı Be pencere ile koruma altına alınarak dışarıdan gelebilecek yüzey kirlenmelerinin önüne geçilmiştir. Kristal sayacın girişinde (p-tipi bölgede) sayıma katkısı bulunmayan bir bölge vardır ve bu bölgeye ölü bölge adı verilir. Si(Li) detektöre fotonlar geldiğinde altın elektrot ve ölü tabakayı geçerek deplasyon bölgesinde Si atomlarını uyararak elektron-boşluk çiftleri oluştururlar. Bu işlem sırasında fotonlar enerjilerinin büyük bir kısmını fotoelektronlara aktarırlar ve enerjileri bitinceye kadar yolları üzerinde elektron-boşluk çiftleri oluştururlar. Si(Li) detektöre yaklaşık 1000 voltluk ters besleme potansiyeli uygulanır. Meydana gelen

elektrik alan, fotonların oluşturduğu elektron-boşluk çiftlerini toplar. Ters besleme nedeniyle elektronlar n-tipi, boşluklar ise p-tipi bölgeye yönelirler. Detektöre gelen foton enerjisiyle orantılı olarak elektron-boşluk çifti oluşur. Sayaç maddesinin seçiminde elektron-boşluk çifti veriminin büyük olması, yani elektron-boşluk çifti başına düşen



Şekil 3.2. Sayma Sistemi (Noktalı çizgiler bileşenlerin detektör sistemi içinde olduğunu belirtir).

enerjinin küçük olması tercih edilir. Bir Si(Li) detektörde bir elektron-boşluk çifti oluşturmak için gerekli minimum enerji 3,8 eV'dur. n ve p tipi bölgelerde elektrik alan

vasıtasıyla toplanan yükler, akım pulsundan potansiyel pulsuna dönüştürülür. Kullanılan elektronik sistem vasıtasıyla, potansiyel pulsu, puls yükseklik analizöründe enerjisine karşılık gelen kanala yerleştirilir. Şekil 3.2’de sayma sistemi verilmiştir.

3.2. Numunelerin Hazırlanması

Numunelerin hazırlanmasında homojen bir dağılım elde etmek için özen gösterilmiştir. Bu çalışmada, $22 \leq Z \leq 92$ aralığında bazı elementler kullanılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan numuneler ve özellikleri Çizelge 3.1’de ve Çizelge 3.2’de verilmiştir. toz halinde bulunan numuneler akik havanında öğütülüp 400 mesh’lik eleklerde parçacık büyüklüğü ve soğurma etkisini en aza indirmek için elenmiştir. Toz numuneler, 1 cm yarıçaplı tabletler haline getirmek için ortalama 15 ton/cm^2 basınç altında preslenmiştir. Numuneler 10^{-5} gram hassasiyetli terazi ile tartılmıştır. Soğurma sıçrama faktörü ölçülecek numuneler ile verim numunelerinin aynı büyüklükte hazırlanmasına dikkat edilmiştir. Bu sayede, numunelerin birim yüzeyine düşen şiddetlerin sabit kalması hedeflenmiştir. Ayrıca, hazırlanan numunelerin mümkün olduğunca ince olmasına dikkat edilmesiyle, numuneden gelen çoklu saçılma etkileri en aza indirgenmiştir.

Çizelge 3.1. Geçiş geometrisinde kullanılan numuneler ve özellikleri

Element	Kimyasal Formül	Numune Formu	Parçacık Büyüklüğü (mesh)	Saflığı (%)
Sm	Sm	Toz	400<	99,90
Pr	Pr	Toz	400<	99,90
Nd	Nd ₂ O ₃	Toz	400<	99,90
La	La ₂ O ₃	Toz	400<	99,90
Gd	Gd	Toz	400<	99,90
Ce	Ce	Toz	400<	99,90
Gd	Gd ₂ (CO ₃) ₃ .H ₂ O	Toz	400<	99,90
Gd	Gd ₂ (C ₂ O ₄) ₃ .H ₂ O	Toz	400<	99,90
Gd	Gd ₂ O ₃	Toz	400<	99,90
Gd	Gd ₂ (SO ₄) ₃	Toz	400<	99,90
Sm	SmCl ₃ .6H ₂ O	Toz	400<	99,90
Sm	Sm ₂ O ₃	Toz	400<	99,90

Çizelge 3.1 (devam)

Sm	$\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$	Toz	400<	99,90
Sm	$\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Toz	400<	99,90
Ce	$\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Toz	400<	99,90
Ce	Ce_2O_3	Toz	400<	99,90
Ce	$\text{Ce}(\text{OH})_4$	Toz	400<	99,90
Ce	$\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$	Toz	400<	99,99

Çizelge 3.2. Uyarma geometrisinde kullanılan numuneler ve özellikleri

Element	Atom No.	Kimyasal Formül	Numune Formu	Parçacık Büyüklüğü (mesh)	Saflığı(%)
Ti	22	TiN	Toz	400<	99,80
V	23	V_2O_3	Toz	400<	99,00
Cr	24	CrB_2	Toz	400<	99,50
Mn	25	MnF_2	Toz	400<	99,00
Fe	26	Fe	Toz	400<	99,00
Co	27	CoF_2	Toz	400<	99,00
Ni	28	Ni_3S_2	Toz	400<	99,70
Cu	29	Cu	Toz	400<	99,00
Zn	30	Zn	Toz	400<	99,90
Se	34	Se	Toz	400<	99,99
Ba	56	BaCl_2	Toz	400<	99,90
La	57	La	Toz	400<	99,90
Ce	58	$\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Toz	400<	99,00
Pr	59	Pr	Toz	400<	99,90
Nd	60	Nd_2O_3	Toz	400<	99,90
Sm	62	Sm	Toz	400<	99,99
Eu	63	Eu_2O_3	Toz	400<	99,90
Gd	64	Gd	Toz	400<	99,90
Tb	65	$\text{Tb}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Toz	400<	99,90
Dy	66	Dy	Toz	400<	99,90
Ho	67	Ho_2O_3	Toz	400<	99,90
Er	68	Er	Toz	400<	99,90
Yb	70	Yb_2O_3	Toz	400<	99,90

Çizelge 3.2 (devam)

Hf	72	Hf	Toz	400<	99,90
Ta	73	Ta	Toz	400<	99,90
W	74	W	Toz	400<	99,95
Hg	80	HgF ₂	Toz	400<	99,00
Tl	81	Tl ₂ O ₃	Toz	400<	99,00
Pb	82	Pb	Toz	400<	99,00
Bi	83	Bi	Toz	400<	99,50
Th	90	Th(NO ₃) ₄ .5H ₂ O	Toz	400<	99,00
U	92	UO ₂ (NO ₃) ₂	Toz	400<	99,00

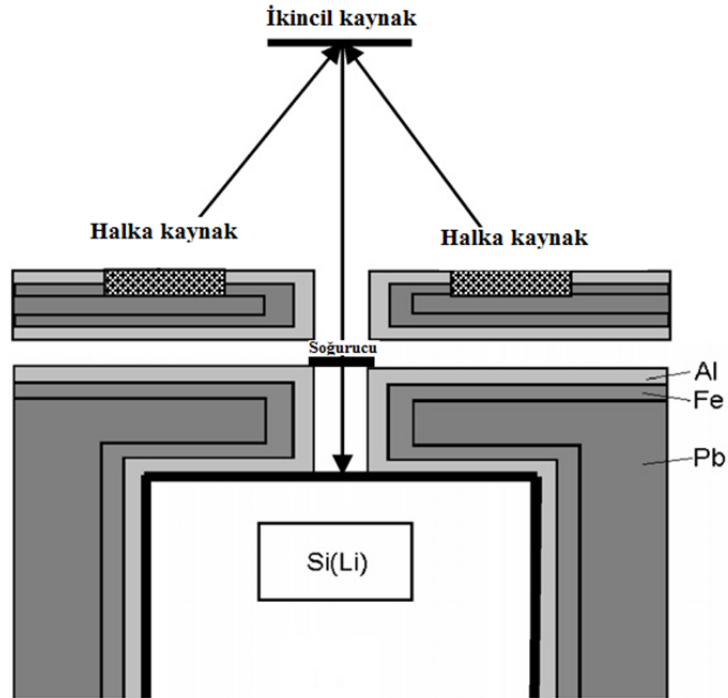
3.3 Deney Geometrileri

Deneylerde aktif çapı 4 mm aktif alanı 20 mm² olan bir Si(Li) detektör kullanılmıştır. Si(Li) detektör 5,9 keV'de 160 eV rezülasyona sahiptir. Deneyler süresince sayaç kristali ve FET (Field Effect Transistor) 30 litrelik bir sıvı azot kabında, sıvı azot sıcaklığında tutulmuştur. Deneylerde, 100 mCi (3,7x10⁹ Bq) şiddetindeki Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik gama ışınları kullanılmıştır. Si(Li) detektörden çıkan pulslar önce ön yükselticiye, oradan lineer yükselticide büyütülerek bir analog dijital dönüştürücü vasıtasıyla, 4096 kanallı puls yükseklik analizöründe kaydedilmiştir. Kaynaktan çıkan ışınların kolime edilmesi için kaynak dış çapı 4,5 cm ve iç çapı 1 cm olan bir kurşun kolimatör içine konulmuştur. Ölçümlere başlamadan önce kaynaktan gelen fotonların detektörü en iyi şekilde görebilmesi ve minimum saçılma açısı için Zararsız and Aygün (1989) tarafından verilen formülle gelme açısı hesaplanmıştır;

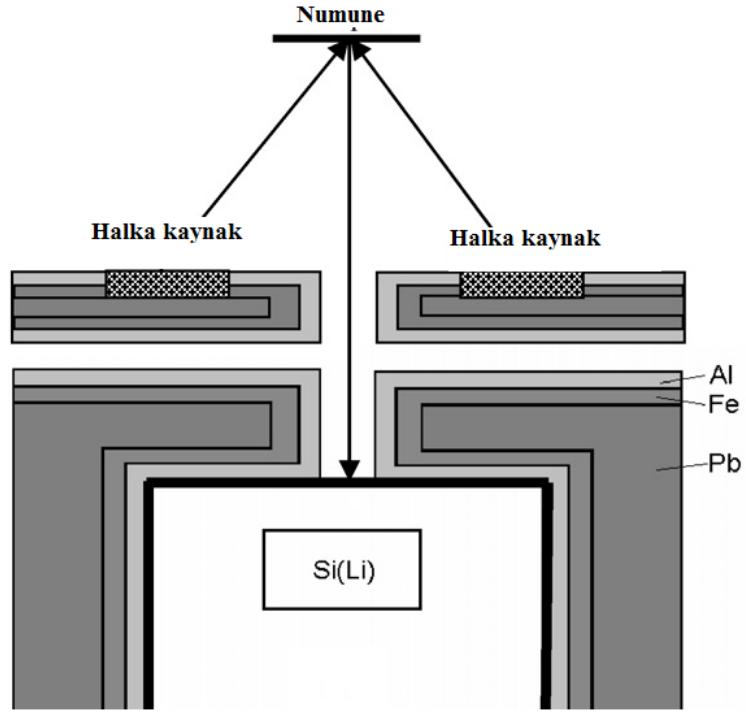
$$\cos\theta = \frac{1}{[1^2 + 0,25(R_0 + R_1)^2]^{1/2}} \quad 3.1)$$

burada l , kaynak numune arasındaki mesafe, R_0 ve R_1 sırasıyla radyoaktif kaynağın iç ve dış çapıdır. Burada gelme açısı 45° bulunmuştur ve yansıma açısı da 0° dir.

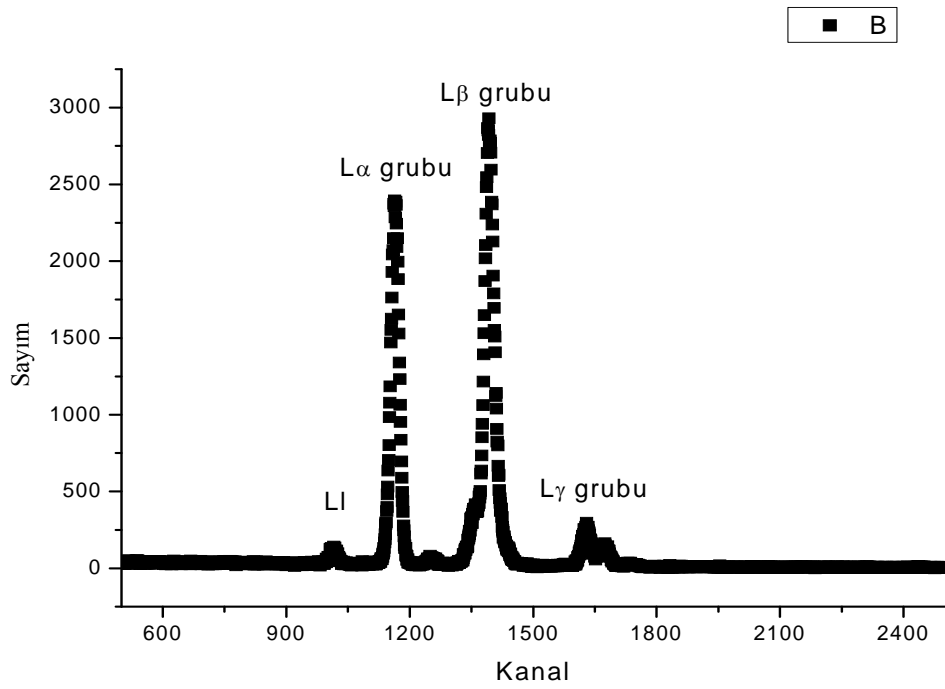
Ölçümler süresince detektör penceresinin zarar görmesi önlemek ve temel sayım etkilerini azaltmak için 1mm kalınlıklara sahip sırasıyla alüminyum, bakır ve kurşundan oluşan bir kolimatör kullanılmıştır. Ölçümler için hazırlanan geçiş geometrisi Şekil 3.3'de ve uyarma geometrisi Şekil 3.4'de verilmiştir. MCA için Maestro programında 4096 kanal seçilmiştir ve kalibrasyon işlemi için Am-241, Ba-109 ve Fe-55 test kaynakları kullanılmıştır. Maestro programında alınan sonuçlar Microcal Origin 7.5 programında çizilmiştir ve bu program yardımıyla ilgili piklerin net alanları belirlenmiştir. Bu şekilde elde edilen, uyarma geometrisinde Pb için ve geçiş geometrisinde $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için tipik pik örnekleri Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.



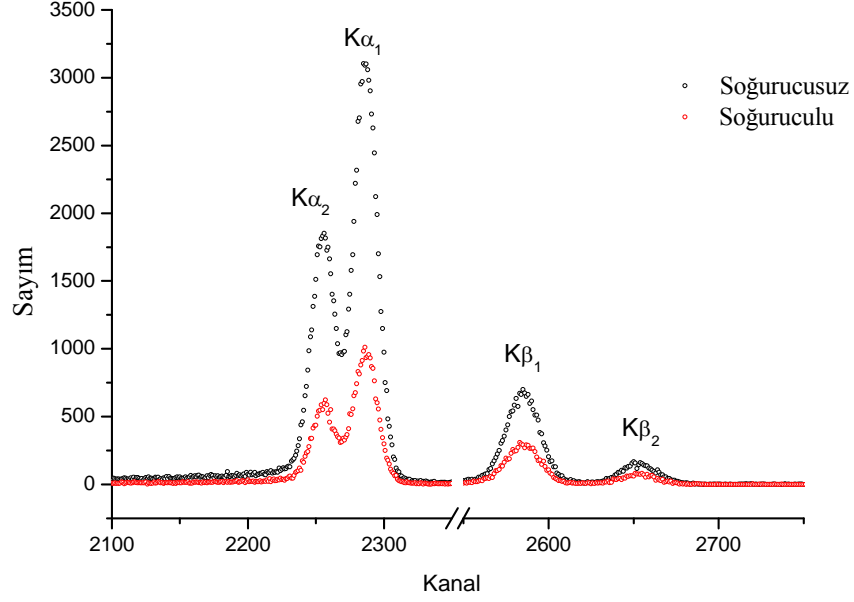
Şekil 3.3. Geçiş geometrisi



Şekil 3.4. Uyarma geometrisi



Şekil 3.5. Uyarma geometrisinde 59,54 keV'de Pb için tipik bir spektrum gösterimi



Şekil 3.6. Geçiş geometrisinde alınan $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ soğurucusu varlığında ve yokluğunda Nd'nin K X-ışınları için tipik bir spektrum gösterimi

3.4. K Tabakası Soğurma Sıçrama Faktörünün Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Belirlenmesi

K tabakası soğurma sıçrama faktörü hesabı için aşağıdaki eşitlik kullanıldı;

$$J_K = \frac{\sigma_{K\alpha}}{(\sigma_t - \sigma_{ts})\omega_K} \left[1 + \frac{IK_\beta}{IK_\alpha} \right] \quad (3.2)$$

burada, σ_t toplam atomik soğurma tesir kesiti, σ_{ts} toplam (Compton+Koherent) atomik saçılma tesir kesiti, ω_K K tabakası flüoresans verimi, IK_β/IK_α K β ve K α X-ışınları şiddet oranları ve $\sigma_{K\alpha}$ ise K α X-ışını üretim tesir kesitidir. Bunlardan toplam atomik soğurma tesir kesiti, şiddet oranları ve X-ışını üretim tesir kesitleri deneysel olarak belirlenmiştir, ω_K Krause'nin tablolarından (Krause 1979) ve σ_{ts} WinXCOM (Gerward *et al.* 2001) programından alınmıştır.

Toplam atomik soğurma tesir kesiti, σ_t , gelen foton enerjisinde aşağıdaki eşitlik yardımıyla elde edildi;

$$\sigma_t = \frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) M}{t N} \quad (3.3)$$

burada, I ve I_0 numune tarafından soğurmadan önce ve sonraki X-ışını şiddeti, t numune kalınlığı, M atomik ağırlık ve N Avogadro sayısıdır. Uyarma enerjisinde bir elementin $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesiti, $\sigma_{K\alpha}$, şu şekilde hesaplandı;

$$\sigma_{K\alpha} = \frac{N_{K\alpha} M}{I_0 G \epsilon_{K\alpha} \beta_{K\alpha} t N} \quad (3.4)$$

burada, $N_{K\alpha}$ $K\alpha$ X-ışını piki altında kalan birim zamandaki sayım, $I_0 G$ direkt olarak ölçülebilen ve deneysel geometride uyarma radyasyonunun şiddeti, $\epsilon_{K\alpha}$ $K\alpha$ X-ışını enerjisinde detektör verimi ve β öz-soğurma düzeltme faktörüdür ve şu şekilde ifade edilir;

$$\beta = \frac{1 - \exp\left[-\left(\frac{\mu_p}{\cos\theta_1} + \frac{\mu_e}{\cos\theta_2}\right)t\right]}{\left(\frac{\mu_p}{\cos\theta_1} + \frac{\mu_e}{\cos\theta_2}\right)t} \quad (3.5)$$

burada, μ_p ve μ_e sırasıyla birincil uyarma ve yayımlanan K X-ışını enerjilerinde toplam kütle soğurma katsayılarıdır, θ_1 ve θ_2 sırasıyla gelen ve yayımlanan fotonların numunenin normaliye pozitif yönde yaptığı açılarıdır ve t numune kalınlığıdır.

$I_0 G \epsilon_{K\alpha}$ değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplandı;

$$I_0 G \epsilon_{K\alpha} = \frac{N_{K\alpha}}{\sigma_{K\alpha} \beta_{K\alpha} t} \quad (3.6)$$

burada, $N_{K\alpha}$ ilgili numunenin $K\alpha$ piki altında kalan birim zamandaki sayım, β öz-soğurma düzeltme faktörü, t numune kalınlığı ve $\sigma_{K\alpha}$ $K\alpha$ X-ışını flüoresans tesir kesitidir ve şu şekilde hesaplanır;

$$\sigma_{K\alpha} = \sigma_K(E) \omega_K F_{K\alpha} \quad (3.7)$$

burada, $\sigma_K(E)$ verilen numune için E uyarma enerjisinde K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesiti (Scofield 1973), ω_K K tabakası flüoresans verimi (Krause 1979) ve $F_{K\alpha}$ $K\alpha$ X-ışını emisyon hızıdır ve şu şekilde hesaplanır;

$$F_{K\alpha} = \left(1 + \frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}}\right)^{-1} \quad (3.8)$$

burada, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarıdır (Scofield 1974).

Deneysel soğurma sıçrama faktörleri için, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlendi;

$$\frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}} = \frac{N_{K\beta} \beta_{K\alpha} \epsilon_{K\alpha}}{N_{K\alpha} \beta_{K\beta} \epsilon_{K\beta}} \quad (3.9)$$

burada, $N_{K\beta}$ ve $N_{K\alpha}$ sırasıyla $K\beta$ ve $K\alpha$ pikleri altındaki net sayımlardır.

3.5. L_3 Alttabakası Soğurma Sıçrama Faktörünün Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Belirlenmesi

Bir elementin deneysel L_3 alttabakası soğurma sıçrama faktörü aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır;

$$J_{L3} = \frac{\sigma_{L3}}{\sigma_{tL3}\omega_3} \quad (3.10)$$

burada, σ_{L3} L_3 alttabakası X-ışını üretim tesir kesiti, σ_{tL3} L_3 ve daha yüksek tabakaların/ alttabakaların toplam fotoiyonizasyon tesir kesiti ve ω_3 L_3 alttabakası flüoresans verimini ifade eder. Bunlardan L_3 alttabakası üretim tesir kesiti deneysel olarak hesaplandı ve diğerlerinin teorik değerleri kullanıldı.

σ_{L3} 'ün deneysel değeri, L_i ($i=1, \alpha$ ve β) X-ışını üretim tesir kesiti değerlerinin ölçülmesiyle elde edilebilir ve bu da aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla elde edilir;

$$\sigma_{Li} = \frac{N_{Li}}{I_0 G \varepsilon_{Li} \beta_{Li} t} \quad (3.11)$$

burada, N_{Li} ilgili fotopik altındaki net sayım, $I_0 G$ detektörün gördüğü hedef numune alanına düşen uyarma radyasyonunun şiddeti, ε_{Li} L_i X-ışınları için detektör verimi, t numune kalınlığı ve β yayımlanan L_i X-ışını fotonları ve gelen foton enerjisi için öz-soğurma düzeltme faktörüdür ve şu şekilde hesaplanır;

$$\beta = \frac{1 - \exp\left[-\left(\frac{\mu_p}{\cos\theta_1} + \frac{\mu_e}{\cos\theta_2}\right)t\right]}{\left(\frac{\mu_p}{\cos\theta_1} + \frac{\mu_e}{\cos\theta_2}\right)t} \quad (3.12)$$

burada, μ_p ve μ_e sırasıyla birincil uyarma ve yayımlanan L_i X-ışını enerjilerinde toplam kütle soğurma katsayılarıdır, θ_1 ve θ_2 sırasıyla gelen ve yayımlanan fotonların numunenin normaliye pozitif yönde yaptığı açılarıdır ve t numune kalınlığıdır.

L_3 alttabakası X-ışını üretim tesir kesiti değerlerinin deneysel ölçümlerinden L_1 ve L_2 'den gelen katkılar teorik olarak hesaplanıp çıkarılmıştır. Bunun nedeni, L_1 ve L_2 saf L_3 geçişleridir, fakat L_2 çizgilerinde L_3 çizgileri yanında L_1 ve L_2 'den katkılardan

oluşur. Ayrıca, $L\gamma$ X-ışını piki sadece L_1 ve L_2 'den katkılardan meydana gelir. Bu yüzden L_1 ve L_2 alttabakaları katkıları deneysel bulunan L_3 değerlerinden çıkarıldı.

$I_0G\epsilon_{Li}$ değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlendi;

$$I_0G\epsilon_{Li} = \frac{N_{Ki}}{\sigma_{Ki}\beta_{Ki}t} \quad (3.13)$$

burada, N_{Ki} ilgili numunenin K_i piki altında kalan birim zamandaki sayım, β öz-soğurma düzeltme faktörü, t numune kalınlığı ve σ_{Ki} K_i X-ışını flüoresans tesir kesitidir ve şu şekilde hesaplanır;

$$\sigma_{Ki} = \sigma_K(E)\omega_K F_{Ki} \quad (3.14)$$

burada, $\sigma_K(E)$ verilen numune için E uyarma enerjisinde K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesiti (Scofield 1973), ω_K K tabakası flüoresans verimi (Krause 1979), ve F_{Ki} K_i X-ışını emisyon hızıdır ve şu şekilde hesaplanır;

$$F_{K\alpha} = \left(1 + \frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}}\right)^{-1} \quad F_{K\beta} = \left(1 + \frac{I_{K\alpha}}{I_{K\beta}}\right)^{-1} \quad (3.15)$$

burada, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarıdır (Scofield 1974).

Soğurma sıçrama faktörü hesabından sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla soğurma sıçrama oranı hesaplandı;

$$r_{L3} = \frac{1}{1 - J_{L3}} \quad (3.16)$$

3.6. Geçiş Geometrisiyle K tabakası Soğurma Sıçrama Oranının Belirlenmesi

Toplam kütle soğurma katsayısı, numunenin varlığında ve yokluğunda sayımdaki farklılıklardan elde edilebilir. Kütle soğurma katsayısı,

$$I=I_0\exp\left[-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)x.\rho\right] \quad (3.17)$$

$$\frac{\mu}{\rho}=-\frac{1}{x.\rho}\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (3.18)$$

eşitliği ile bulunur ve burada, μ lineer soğurma katsayısı (cm^{-1}), ρ numunenin yoğunluğu (g/cm^3), x numunenin kalınlığı (cm), I_0 soğurucusuz alınan sayım değeri ve I radyasyonun numune kalınlığı boyunca nüfuz ettiği sayım değeridir.

Karışımların veya bileşiklerin soğurma katsayısını, karışımı veya bileşiği oluşturan elementlerin her birinden gelen soğurma katsayılarının toplanarak hesaplanması pratik bir varsayımdır. Bu varsayım çok iyi bilinen, herhangi bir maddenin bireysel atomlarındaki soğurma katsayılarının ağırlıklı oranlarıyla uygun bir şekilde toplandığı karışım kuralıdır. Böylece, karışım veya bileşikler için kütle soğurma katsayısı şu şekilde bulunur;

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{bil.}} = \sum_i w_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i \quad (3.19)$$

burada, w_i i. elementin ağırlıklı oranı, μ cm^{-1} biriminde lineer soğurma katsayısı, ρ elementin yoğunluğu ve $(\mu/\rho)_i$ bileşik içindeki i. elementin kütle soğurma katsayısıdır. Karışım kuralı, moleküler bağın atomik dalga fonksiyonu üzerindeki etkisi ve kimyasal ya da kristal yapının ihmal edildiği durumlarda geçerlidir.

Soğurma sıçrama oranı r , toplam soğurulmuş X-ışınının, belirli bir atomik enerji tabakasındaki soğurulmuş X-ışınına oranının bir ölçüsüdür. Buna göre, K tabakası soğurma sıçrama oranını şu şekilde ifade edebiliriz;

$$r_K = \frac{(\mu/\rho)_K + (\mu/\rho)_{L1} + (\mu/\rho)_{L2} + (\mu/\rho)_{L3} + \dots}{(\mu/\rho)_{L1} + (\mu/\rho)_{L2} + (\mu/\rho)_{L3} + \dots} \quad (3.20)$$

burada, μ/ρ herhangi bir madde için verilen enerjideki kütle soğurma katsayısıdır.

Daha sonra r sembolü ile gösterilen soğurma sıçrama oranı değeriyle, J sembolüyle gösterilen soğurma sıçrama faktörü değerleri hesaplandı. J , soğurma sıçrama faktörü, gelen fotonun K, L, M, ... tabakalarından elektron koparma olasılığının bir ölçüsüdür. K tabakası için bu değer,

$$J_K = \frac{r_K - 1}{r_K} \quad (3.21)$$

eşitliği ile belirlenir.

3.7. Moleküler, Atomik ve Elektronik Tesir Kesitinin Soğurma Sıçrama Faktörü ve Etkin Atom Numarası ve Etkin Elektron Yoğunluğunun Belirlenmesi

Kütle soğurma katsayısından faydalanarak, kütle enerji soğurma katsayısı, toplam etkileşim tesir kesiti, molar yok olma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu gibi bir dizi ilişkili parametreler türetilir. Elementlerin ve bileşiklerin toplam kütle soğurma katsayısı μ/ρ (cm^2/g) aşağıdaki eşitlik kullanılarak elde edilir;

$$\mu/\rho = \frac{1}{\rho x} \ln \left(\frac{I_0}{I} \right) \quad (3.22)$$

burada, ρ maddenin yoğunluğu, x numune kalınlığıdır.

Kütle soğurma katsayısı aşağıdaki eşitlikle ilişkili olarak, moleküler tesir kesitinin hesaplanmasında kullanılır;

$$\sigma_{t,m} = \frac{1}{N} (\mu/\rho)_{\text{bil.}} \sum_i (n_i A_i) \quad (3.23)$$

burada, N Avogadro sayısı, n_i bileşikteki elementlerin sayısı, A_i i . elementin atomik ağırlığı, $(\mu/\rho)_{\text{bil.}}$ bileşiğin kütle soğurma katsayısıdır. Toplam atomik tesir kesiti (3.23) eşitliği yardımıyla hesaplanır;

$$\sigma_{t,a} = \sigma_{t,m} \frac{1}{\sum_i n_i} \quad (3.24)$$

Bir element için toplam elektronik tesir kesiti aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenir;

$$\sigma_{t,e} = \frac{1}{N} \sum_i \frac{f_i A_i}{Z_i} \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_i \quad (3.25)$$

burada, f_i bileşikteki i . elementin atom sayısının bütün elementlerin toplam atom sayısına oranı, $(\mu/\rho)_i$ bileşikteki i . elementin toplam kütle soğurma katsayısıdır. Atomik ve elektronik tesir kesiti etkin atom numarasına aşağıdaki eşitle bağlıdır;

$$Z_{\text{eff}} = \frac{\sigma_{t,a}}{\sigma_{t,e}} \quad (3.26)$$

Elektron yoğunluğunu ise etkin atom numarasına aşağıdaki eşitlik ile bağlıdır;

$$N_E = \frac{Z_{\text{eff}}}{A_{\text{top.}}} (N n_{\text{top.}}) \quad (3.27)$$

burada, $A_{\text{top.}}$ bileşikler için atomik ağırlıkların toplam sayısıdır.

Soğurma kıyası yakınlarında atomik, moleküler veya elektronik tesir kesitinin enerjiye karşı grafiği çizildiğinde testere dişine benzer bir yapı elde edilir. Elde edilen grafikte ani düşmenin olduğu yerdeki üst ve alt kıyı arasındaki oran atomik, moleküler veya elektronik tesir kesitinin soğurma sıçrama faktörünü verir ve K tabakası için bu soğurma sıçrama faktörleri şu şekilde belirlenir;

$$J_{K, \sigma M} = \frac{(\sigma_M)_+ - (\sigma_M)_-}{(\sigma_M)_+} \quad (3.28)$$

$$J_{K, \sigma A} = \frac{(\sigma_A)_+ - (\sigma_A)_-}{(\sigma_A)_+} \quad (3.29)$$

$$J_{K, \sigma E} = \frac{(\sigma_E)_+ - (\sigma_E)_-}{(\sigma_E)_+} \quad (3.30)$$

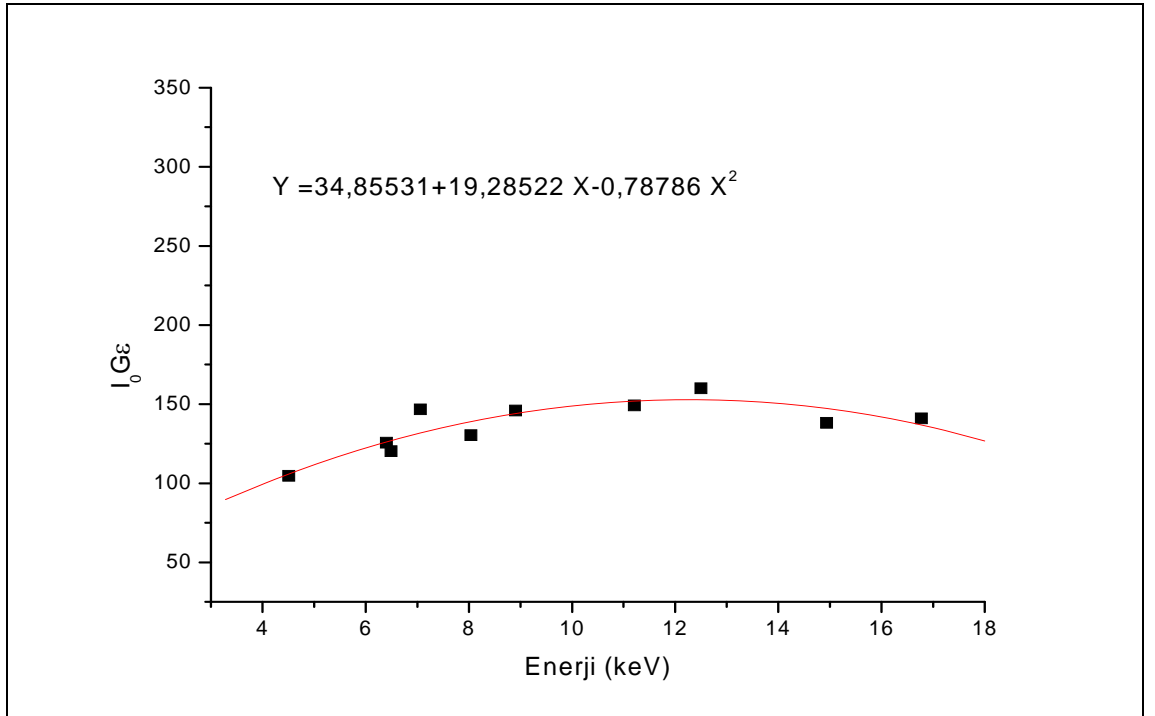
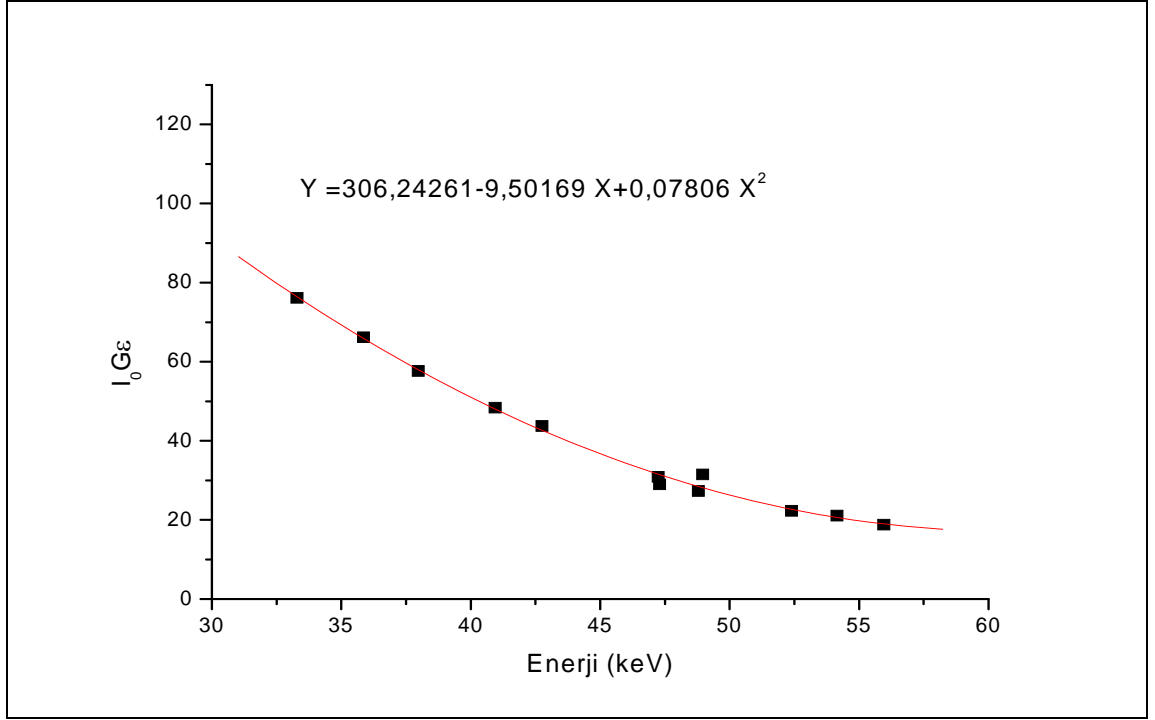
burada, $(\sigma_X)_+$ ve $(\sigma_X)_-$ ($X=M, A$ ve E) sırasıyla üst ve alt kıyı değerlerini belirtir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Detektör Veriminin Araştırma Bulguları

Atom numarası $56 \leq Z \leq 68$ aralığındaki bazı elementlerin K tabakası soğurma sıçrama faktörü ve atom numarası $70 \leq Z \leq 92$ aralığındaki bazı elementlerin L_3 alttabakası soğurma sıçrama faktörlerini hesaplamak için, hesaplanmak istenen elementlerin ilgili tabaka veya alttabaka X-ışını enerji bölgesinde detektör verimi ve geometri faktörünü içeren etkin foton akısının tayin edilmesi gerekir.

Detektör verimleri hesaplanırken gerekli olan elementin K tabakası ve L_3 alttabakası için 59,54 keV uyarma enerjisinde X-ışını şiddeti Scofield (1973) tablolarından ve K tabakası ve L_3 alttabakası flüoresans verimi Krause (1979) tablolarından alınmıştır. K tabakası soğurma sıçrama faktörü değerlerini belirlemek için gerekli olan detektör verimini ($I_0G\epsilon$) elde etmek için ölçümlerin alındığı deney geometrisi ile aynı geometride ve aynı deney koşullarında La, Pr, Eu, Gd, Dy, Ho ve Er elementlerinin K X-ışınları sayılmıştır. Verim numunelerinin $K\alpha$ veya $K\beta$ X-ışınlarının, soğurma sıçrama faktörü ölçülecek olan elementlerin K X-ışınlarının düştüğü enerji bölgesini kapsamamasına dikkat edilerek seçilmiştir. L_3 alttabakası soğurma sıçrama faktörü değerlerini belirlemek için gerekli olan detektör verimini elde etmek için aynı şekilde ölçümlerin alındığı deney geometrisi ile aynı geometride ve aynı deney koşullarında Ti, Mn, Fe, Cu, Se ve Y elementlerinin K X-ışınları sayılmıştır. Bu numunelerin $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışınlarının, soğurma sıçrama faktörü ölçülecek olan elementlerin L X-ışınlarının düştüğü enerji bölgesini kapsamaması dikkate alınmıştır. Şekil 4.1(a,b)'de K tabakası ve L_3 alttabakası için $I_0G\epsilon$ değerlerinin enerjiye karşı değişimi grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.1. 59,54 keV uyarma enerjisinde **a)** K tabakası için **b)** L_3 alttabakası için $I_0G\epsilon$ 'nin enerjisinin fonksiyonu olarak değişimi

4.2. Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Bulunan Sonuçların Araştırma Bulguları

4.2.1. K Tabakası soğurma sıçrama faktörü araştırma bulguları

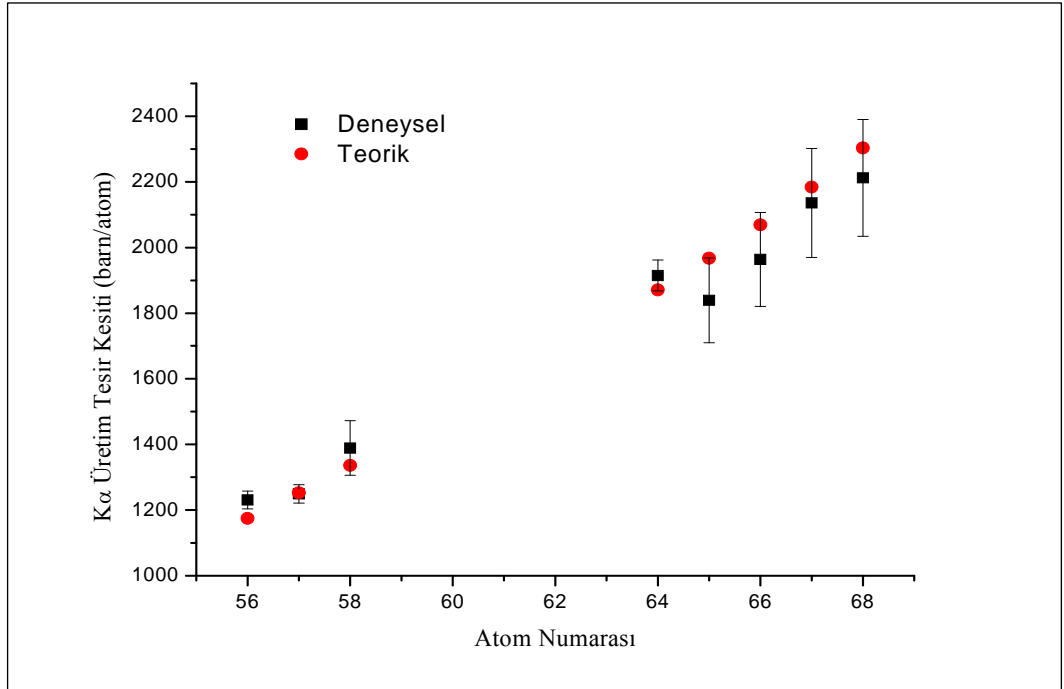
Atom numarası $56 \leq Z \leq 68$ arasındaki bazı elementler Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili fotonlar ile uyarılmıştır. $K\alpha$ üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ şiddet oranları ve toplam atomik soğurma tesir kesitleri deneysel olarak elde edilmiştir. Bu parametreler Çizelge 4.1'de teorik değerleriyle beraber karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.2(a,b,c)'de atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafiklendirilmişlerdir. Deneysel olarak elde edilen bu parametreler yardımıyla K tabakası soğurma sıçrama faktörleri elde edilmiştir. Çizelge 4.2'de deneysel K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ile teorik değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir ve Şekil 4.3'de atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafiklendirilmiştir.

Çizelge 4.1. 59,54 keV uyarma enerjisi için $K\alpha$ üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ şiddet oranları ve toplam atomik soğurma tesir kesitleri değerleri.

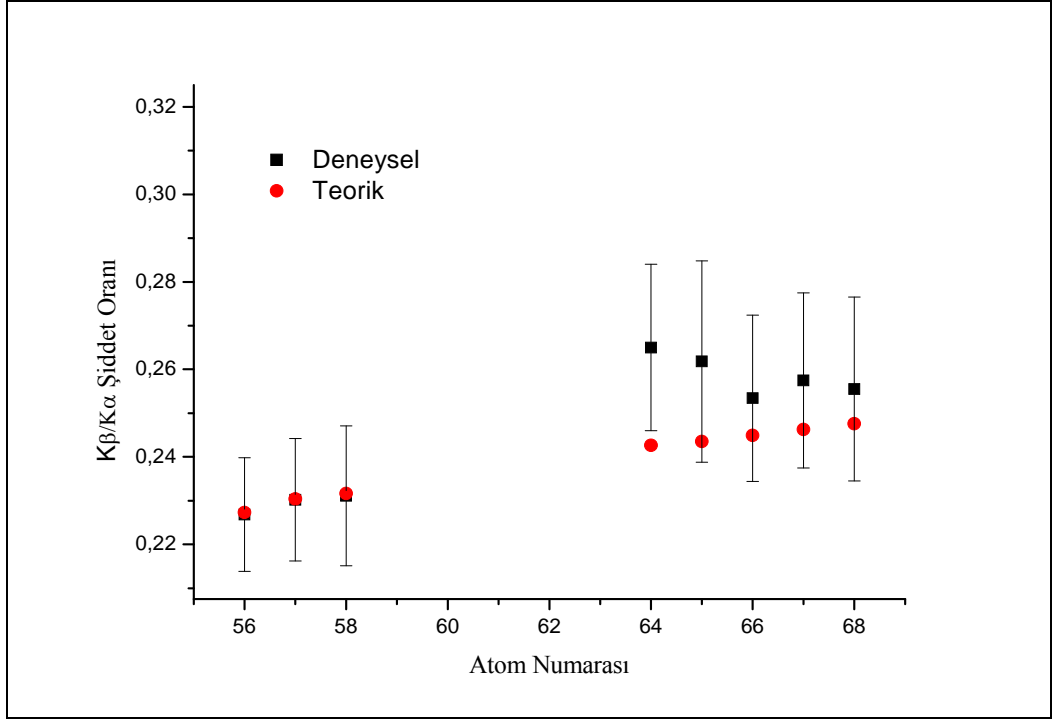
Z	Element	$K\alpha$ Üretim Tesir Kesiti (barn /atom)		$K\beta/K\alpha$		Atomik Soğurma Tesir Kesiti (barn/atom)	
		Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	WinXCOM
56	Ba	1231±27	1175	0,2268±0,013	0,2273	2027±20	1981
57	La	1249±28	1253	0,2302±0,014	0,2304	2143±21	2109
58	Ce	1389±83	1336	0,2311±0,016	0,2316	2341±23	2243
64	Gd	1915±47	1871	0,2650±0,019	0,2426	3251±32	3130
65	Tb	1839±129	1967	0,2618±0,023	0,2435	3467±34	3292
66	Dy	1964±143	2069	0,2534±0,019	0,2449	3591±36	3465
67	Ho	2136±166	2184	0,2575±0,020	0,2463	3836±38	3657
68	Er	2212±178	2303	0,2555±0,021	0,2476	4087±41	3855

Çizelge 4.2. 59,54 keV uyarma enerjisinde K tabakası soğurma sıçrama faktörleri değerleri.

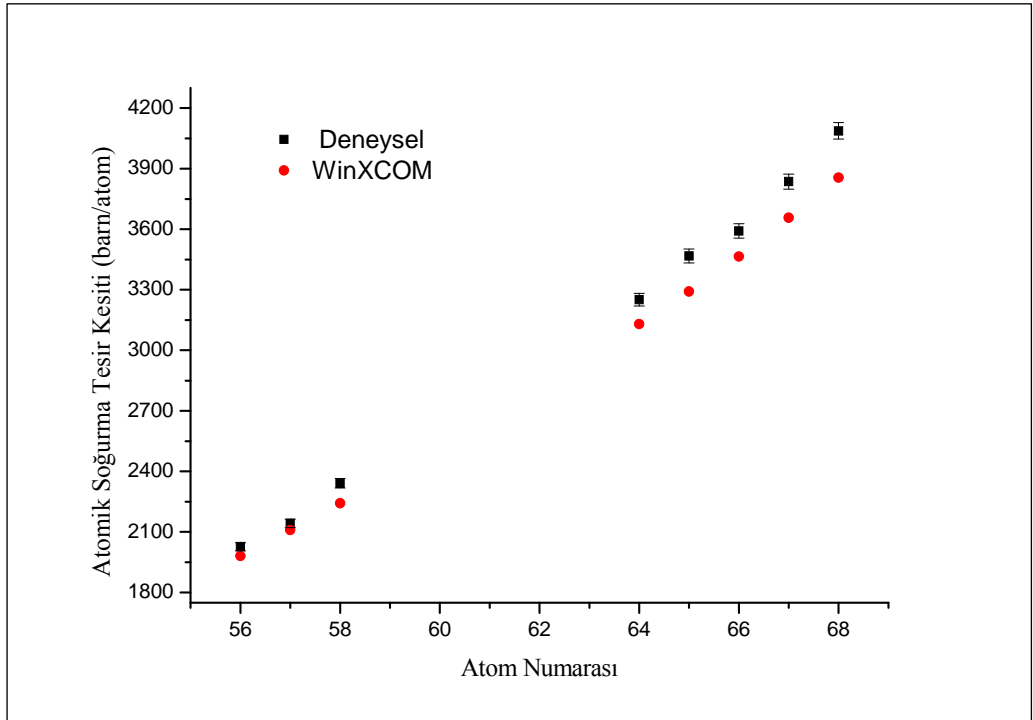
Soğurma Sıçrama Faktörü (J_K)					
Z	Element	Deneysel	Broll	FFAST	WinXCOM
56	Ba	0,863±0,055	0,828	0,806	0,798
57	La	0,825±0,055	0,835	0,826	0,815
58	Ce	0,834±0,077	0,830	0,792	0,812
64	Gd	0,826±0,064	0,827	0,802	0,806
65	Tb	0,739±0,085	0,819	0,781	0,778
66	Dy	0,754±0,080	0,818	0,797	0,792
67	Ho	0,767±0,086	0,812	0,792	0,787
68	Er	0,742±0,086	0,818	0,792	0,788



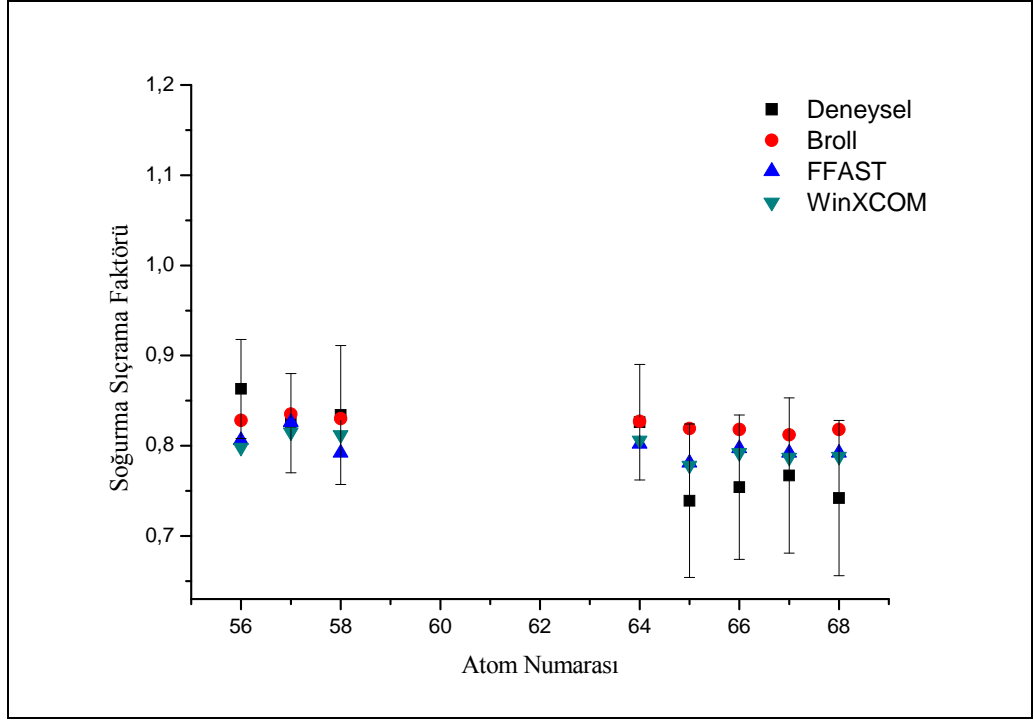
Şekil 4.2.a. $K\alpha$ üretim tesir kesitinin atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafikleştirilmesi



Şekil 4.2.b. $K\beta/K\alpha$ şiddet oranlarının atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi



Şekil 4.2.c. Toplam atomik soğurma tesir kesitinin atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi



Şekil 4.3. K tabakası soğurma sıçrama faktörünün atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi

4.2.2. L_3 Alttabakası soğurma sıçrama faktörleri ve sıçrama oranlarının araştırma bulguları

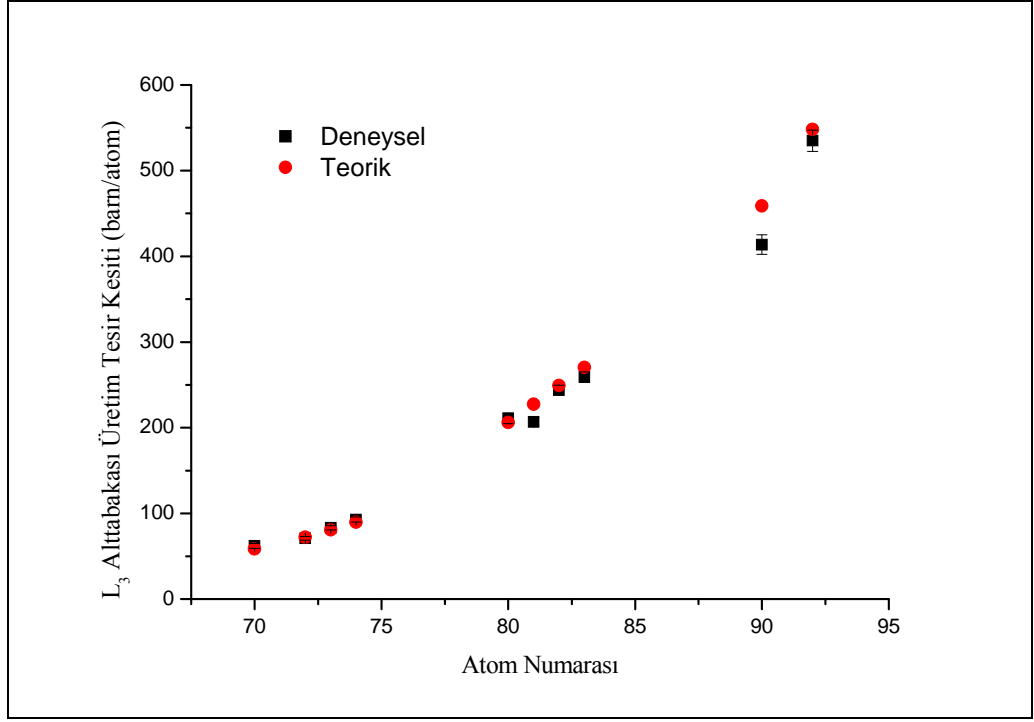
Atom numarası $70 \leq Z \leq 92$ arasındaki bazı elementler Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili fotonlar ile uyarılmıştır. L_3 alttabakası üretim tesir kesitleri deneysel olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar teorik değerler ile birlikte Çizelge 4.3'de verilmiştir ve atom numarasının fonksiyonu olarak Şekil 4.4'de grafiklendirilmiştir. L_3 alttabakası üretim tesir kesitleri yardımıyla deneysel L_3 alttabakası soğurma sıçrama faktörleri ve sıçrama oranları belirlenmiştir. Çizelge 4.4'de elde edilen sonuçlar teorik değerlerle birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir ve Şekil 4.5(a,b)'de atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmişlerdir.

Çizelge 4.3. 59,54 keV'de L₃ alttabakası üretim kesir kesiti değerleri.

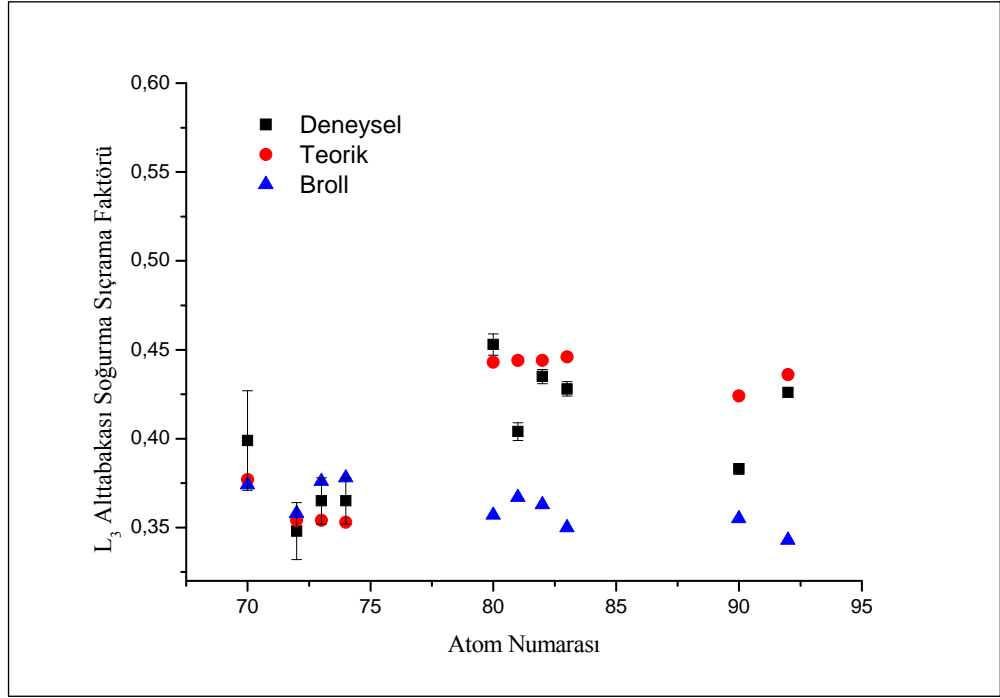
Atom No	Numune	Üretim Tesir Kesiti (barn/atom)	
		Deneysel	Teorik
70	Yb	62,15±2,70	58,68
72	Hf	70,92±2,27	72,17
73	Ta	83,28±2,49	80,68
74	W	92,73±2,97	89,78
80	Hg	210,84±6,08	206,16
81	Tl	206,88±4,95	227,40
82	Pb	243,97±5,70	249,24
83	Bi	259,24±5,94	270,49
90	Th	413,75±11,44	458,75
92	U	534,97±12,42	547,94

Çizelge 4.4. 59,54 keV'de L₃ alttabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı değerleri.

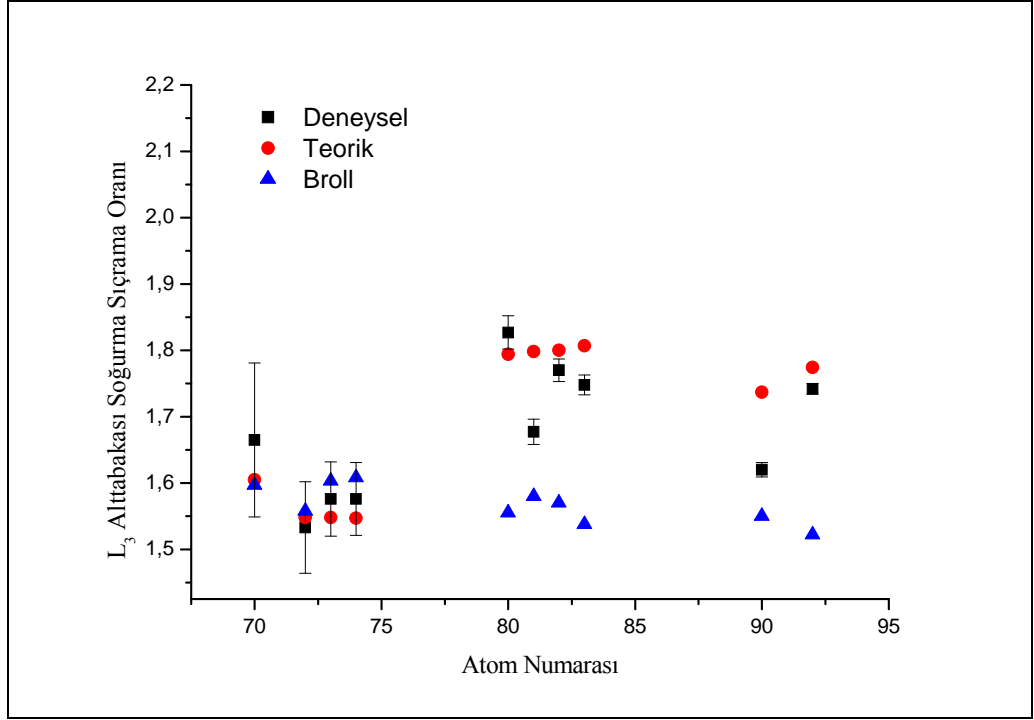
Atom No	Numune	Soğurma Sıçrama Faktörü (J _K)			Soğurma Sıçrama Oranı (Γ _K)		
		Deneysel	Teorik	Broll	Deneysel	Teorik	Broll
70	Yb	0,399±0,028	0,377	0,374	1,665±0,116	1,605	1,597
72	Hf	0,348±0,016	0,354	0,358	1,533±0,069	1,548	1,558
73	Ta	0,365±0,013	0,354	0,376	1,576±0,056	1,548	1,603
74	W	0,365±0,013	0,353	0,378	1,576±0,055	1,547	1,608
80	Hg	0,453±0,006	0,443	0,357	1,827±0,025	1,794	1,555
81	Tl	0,404±0,005	0,444	0,367	1,677±0,019	1,798	1,580
82	Pb	0,435±0,004	0,444	0,363	1,770±0,017	1,800	1,570
83	Bi	0,428±0,004	0,446	0,350	1,748±0,015	1,807	1,538
90	Th	0,383±0,003	0,424	0,355	1,620±0,011	1,737	1,550
92	U	0,426±0,002	0,436	0,343	1,742±0,008	1,774	1,522



Şekil 4.4. L₃ alttabakası üretim tesir kesitlerinin atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi



Şekil 4.5.a. L₃ alttabakası soğurma sıçrama faktörünün atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi



Şekil 4.5.b. L₃ alttabakası soğurma sıçrama oranlarının atom numarasının fonksiyonu olarak grafiklendirilmesi

4.3. Geçiş Geometrisiyle Bulunan Sonuçların Araştırma Bulguları

Ce, Pr, Sm, Gd elementleri ve La₂O₃, Nd₂O₃ bileşikleri için birincil kaynak olarak Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili fotonlar ve ikincil kaynak olarak farklı elementlerin K α_1 , K α_2 , K β_1 ve K β_2 karakteristik X-ışınlarının enerjileri kullanılarak kütle soğurma katsayıları deneysel olarak elde edildi. Çizelge 4.5-4.10'da elde edilen deneysel sonuçlar ile karışım kuralını temel alan WinXCOM programından elde edilen teorik sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.6(a,b,c,d,e,f)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak kütle soğurma katsayıları grafiklendirilmiştir. Üst enerji bölgesindeki ve alt enerji bölgesindeki kütle soğurma katsayıları Microcal Origin 7.5 programıyla fit edilerek K tabakası soğurma sıçrama oranları elde edilmiştir. Soğurma sıçrama oranı değerleri yardımıyla soğurma sıçrama faktörü değerleri elde edilmiştir. Çizelge 4.11'de soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri teorik değerlerle birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.7(a,b)'de atom numarasının fonksiyonu olarak soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri grafiklendirilmiştir.

Çizelge 4.5. K tabakası çevresinde La₂O₃ için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayı değerleri

	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (μ/ρ)(cm ² /g)	
		Deneysel	WinXCOM
Cs K α 2	30,625	8,263±0,263	8,548
Cs K α 1	30,973	8,495±0,161	8,293
Ba K α 2	31,817	7,228±0,209	7,715
Ba K α 1	32,194	7,289±0,139	7,481
La K α 2	33,034	6,689±0,236	6,985
La K α 1	33,442	6,844±0,158	6,760
Ce K α 2	34,279	5,921±0,242	6,330
Ce K α 1	34,720	5,942±0,157	6,120
Cs K β 1	34,987	5,640±0,177	5,996
Pr K α 2	35,550	5,454±0,201	5,750
Cs K β 2	35,818	5,349±0,349	5,636
Pr K α 1	36,026	5,339±0,121	5,550
Ba K β 1	36,378	5,157±0,174	5,411
Nd K α 2	36,847	5,090±0,277	5,231
Ba K β 2	37,255	5,052±0,295	5,082
Nd K α 1	37,361	4,748±0,109	5,046
La K β 1	37,801	4,627±0,188	4,894
La K β 2	38,726	4,499±0,359	4,592
Ce K β 1	39,258	22,059±0,755	23,146
Sm K α 2	39,522	21,506±0,618	22,742
Sm K α 1	40,118	20,798±0,494	21,850
Ce K β 2	40,228	20,631±0,760	21,693
Pr K β 1	40,748	20,108±0,552	20,970
Eu K α 2	40,902	19,884±0,539	20,769
Eu K α 1	41,542	19,226±0,532	19,941
Pr K β 2	41,764	18,781±1,147	19,668
Nd K β 1	42,271	18,122±0,361	19,057
Gd K α 2	42,309	18,305±0,894	19,010
Gd K α 1	42,996	17,593±0,548	18,230
Nd K β 2	43,335	17,078±0,578	17,874
Sm K β 1	45,414	15,288±0,595	15,844
Sm K β 2	46,578	14,129±0,498	14,844
Eu K β 1	47,038	13,916±0,384	14,474
Eu K β 2	48,249	13,087±0,511	13,561
Gd K β 1	48,695	12,610±0,322	13,241
Gd K β 2	49,959	12,105±0,604	12,397

Çizelge 4.6. K tabakası çevresinde Ce için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (μ/ρ) (cm^2/g)	
		Deneysel	WinXCOM
Ba $K\alpha_2$	31,817	8,999±0,290	9,555
Ba $K\alpha_1$	32,194	8,699±0,193	9,264
La $K\alpha_2$	33,034	8,246±0,294	8,649
La $K\alpha_1$	33,442	8,040±0,202	8,369
Ce $K\alpha_2$	34,279	7,412±0,328	7,834
Ce $K\alpha_1$	34,720	7,180±0,165	7,573
Pr $K\alpha_2$	35,550	6,755±0,315	7,113
Pr $K\alpha_1$	36,026	6,559±0,163	6,865
Ba $K\beta_1$	36,378	6,447±0,185	6,692
Nd $K\alpha_2$	36,847	6,114±0,300	6,469
Ba $K\beta_2$	37,255	5,950±0,253	6,283
Nd $K\alpha_1$	37,361	5,928±0,155	6,238
La $K\beta_1$	37,801	5,757±0,172	6,049
La $K\beta_2$	38,726	5,393±0,281	5,674
Ce $K\beta_1$	39,258	5,274±0,184	5,475
Sm $K\alpha_2$	39,522	5,227±0,280	5,381
Sm $K\alpha_1$	40,118	4,964±0,160	5,174
Ce $K\beta_2$	40,228	4,896±0,302	5,137
Pr $K\beta_1$	40,748	23,079±0,581	25,836
Eu $K\alpha_2$	40,902	23,167±0,529	25,591
Eu $K\alpha_1$	41,542	21,907±0,394	24,581
Pr $K\beta_2$	41,764	21,670±0,557	24,247
Nd $K\beta_1$	42,271	22,152±0,649	23,496
Gd $K\alpha_2$	42,309	21,424±0,522	23,439
Gd $K\alpha_1$	42,996	21,052±0,371	22,477
Nd $K\beta_2$	43,335	20,304±0,777	22,036
Tb $K\alpha_2$	43,744	19,291±0,494	21,505
Tb $K\alpha_1$	44,482	18,590±0,388	20,590
Sm $K\beta_1$	45,414	18,431±0,523	19,515
Sm $K\beta_2$	46,578	16,706±0,617	18,270
Eu $K\beta_1$	47,038	15,892±0,437	17,811
Eu $K\beta_2$	48,249	15,254±0,571	16,676
Gd $K\beta_1$	48,695	15,291±0,422	16,279
Gd $K\beta_2$	49,959	13,542±0,432	15,235
Tb $K\beta_1$	50,384	14,360±0,305	14,907
Tb $K\beta_2$	51,698	12,939±0,449	13,938

Çizelge 4.7. K tabakası çevresinde Pr için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.

	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (μ/ρ) (cm^2/g)	
		Deneysel	WinXCOM
Ba $K\alpha_2$	31,817	9,840±0,341	10,183
Ba $K\alpha_1$	32,194	9,178±0,186	9,873
La $K\alpha_2$	33,034	5,919±0,175	9,218
La $K\alpha_1$	33,442	8,313±0,180	8,920
Ce $K\alpha_2$	34,279	7,832±0,192	8,351
Ce $K\alpha_1$	34,720	7,538±0,180	8,073
Pr $K\alpha_2$	35,550	7,115±0,305	7,583
Pr $K\alpha_1$	36,026	6,999±0,140	7,318
Ba $K\beta_1$	36,378	6,891±0,220	7,134
Nd $K\alpha_2$	36,847	6,569±0,306	6,896
Ba $K\beta_2$	37,255	6,363±0,374	6,697
Nd $K\alpha_1$	37,361	6,434±0,152	6,650
La $K\beta_1$	37,801	6,071±0,210	6,448
La $K\beta_2$	38,726	5,859±0,203	6,049
Ce $K\beta_1$	39,258	5,495±0,166	5,837
Sm $K\alpha_2$	39,522	5,310±0,329	5,737
Sm $K\alpha_1$	40,118	5,247±0,173	5,514
Ce $K\beta_2$	40,228	5,272±0,319	5,475
Pr $K\beta_1$	40,748	5,123±0,176	5,293
Eu $K\alpha_2$	40,902	4,984±0,359	5,242
Eu $K\alpha_1$	41,542	4,847±0,142	5,032
Pr $K\beta_2$	41,764	4,712±0,234	4,963
Nd $K\beta_1$	42,271	22,172±0,416	24,745
Gd $K\alpha_2$	42,309	22,120±0,439	24,684
Gd $K\alpha_1$	42,996	22,228±0,403	23,664
Nd $K\beta_2$	43,335	21,363±0,655	23,196
Tb $K\alpha_2$	43,744	20,517±0,375	22,633
Tb $K\alpha_1$	44,482	19,827±0,363	21,664
Dy $K\alpha_2$	45,208	19,001±0,422	20,765
Sm $K\beta_1$	45,414	19,583±0,455	20,527
Dy $K\alpha_1$	45,998	18,234±0,313	19,849
Sm $K\beta_2$	46,578	17,683±0,639	19,212
Ho $K\alpha_2$	46,700	17,795±0,417	19,084
Eu $K\beta_1$	47,038	17,682±0,498	18,728
Ho $K\alpha_1$	47,547	16,553±0,370	18,211
Eu $K\beta_2$	48,249	15,855±0,440	17,533
Gd $K\beta_1$	48,695	16,196±0,560	17,116
Gd $K\beta_2$	49,959	14,798±0,530	16,020
Tb $K\beta_1$	50,384	14,161±0,384	15,678
Tb $K\beta_2$	51,698	13,237±0,487	14,665
Dy $K\beta_1$	52,113	13,420±0,320	14,369
Dy $K\beta_2$	53,476	12,443±0,403	13,439
Ho $K\beta_1$	53,876	12,149±0,470	13,183
Ho $K\beta_2$	55,293	11,438±0,416	12,333

Çizelge 4.8. K tabakası çevresinde Nd₂O₃ için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.

	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (μ/ρ) (cm ² /g)	
		Deneysel	WinXCOM
Ba K α 2	31,817	8,679±0,259	9,178
Ba K α 1	32,194	8,369±0,159	8,900
La K α 2	33,034	7,889±0,268	8,310
La K α 1	33,442	7,624±0,146	8,042
Ce K α 2	34,279	7,129±0,264	7,530
Ce K α 1	34,720	6,863±0,139	7,280
Pr K α 2	35,550	6,427±0,252	6,839
Pr K α 1	36,026	6,297±0,136	6,601
Ba K β 1	36,378	6,109±0,149	6,435
Nd K α 2	36,847	5,804±0,224	6,221
Ba K β 2	37,255	5,817±0,304	6,043
Nd K α 1	37,361	5,671±0,133	6,000
La K β 1	37,801	5,509±0,172	5,819
La K β 2	38,726	5,269±0,338	5,459
Ce K β 1	39,258	4,926±0,156	5,269
Sm K α 2	39,522	4,907±0,242	5,179
Sm K α 1	40,118	4,715±0,141	4,979
Ce K β 2	40,228	4,647±0,285	4,943
Pr K β 1	40,748	4,616±0,159	4,780
Eu K α 2	40,902	4,624±0,253	4,734
Eu K α 1	41,542	4,332±0,130	4,545
Pr K β 2	41,764	4,221±0,177	4,483
Nd K β 1	42,271	4,205±0,129	4,343
Gd K α 2	42,309	4,121±0,246	4,333
Gd K α 1	42,996	4,141±0,086	4,154
Nd K β 2	43,335	3,984±0,226	4,072
Tb K α 2	43,744	18,660±0,339	20,107
Tb K α 1	44,482	17,751±0,345	19,239
Dy K α 2	45,208	17,172±0,452	18,433
Sm K β 1	45,414	17,115±0,518	18,221
Dy K α 1	45,998	16,993±0,677	17,614
Sm K β 2	46,578	12,969±0,563	17,045
Ho K α 2	46,700	15,979±0,357	16,931
Eu K β 1	47,038	16,038±0,307	16,612
Ho K α 1	47,547	15,111±0,269	16,151
Eu K β 2	48,249	14,790±0,410	15,547
Gd K β 1	48,695	14,269±0,250	15,176
Gd K β 2	49,959	13,128±0,422	14,203
Tb K β 1	50,384	12,986±0,440	13,899
Tb K β 2	51,698	12,443±0,422	13,004
Dy K β 1	52,113	11,959±0,286	12,743
Dy K β 2	53,476	11,248±0,472	11,923
Ho K β 1	53,876	10,849±0,402	11,698
Ho K β 2	55,293	10,402±0,432	10,951

Çizelge 4.9. K tabakası çevresinde Sm için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.

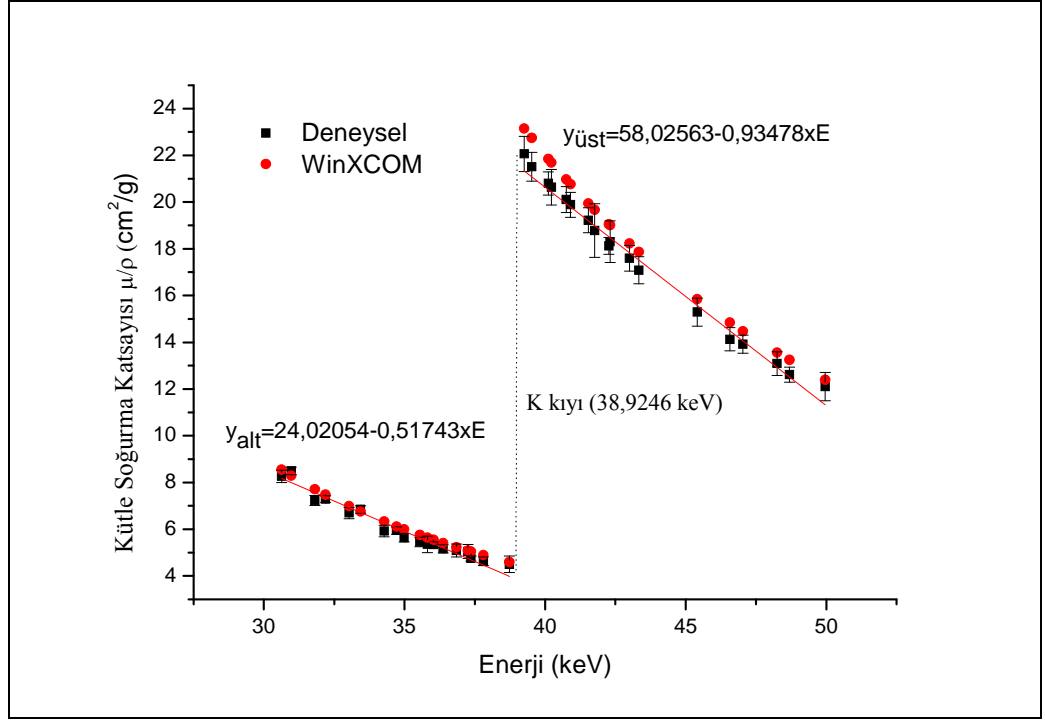
	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (μ/ρ) (cm^2/g)	
		Deneysel	WinXCOM
Nd K α 2	36,847	7,547 \pm 0,387	7,896
Nd K α 1	37,361	7,286 \pm 0,179	7,615
Sm K α 2	39,522	6,370 \pm 0,385	6,567
Sm K α 1	40,118	5,966 \pm 0,211	6,312
Eu K α 2	40,902	5,761 \pm 0,335	5,999
Eu K α 1	41,542	5,436 \pm 0,190	5,759
Nd K β 1	42,271	5,163 \pm 0,234	5,501
Gd K α 2	42,309	5,364 \pm 0,335	5,487
Gd K α 1	42,996	5,073 \pm 0,220	5,259
Nd K β 2	43,335	5,074 \pm 0,379	5,155
Tb K α 2	43,744	4,690 \pm 0,520	5,030
Tb K α 1	44,482	4,646 \pm 0,245	4,814
Dy K α 2	45,208	4,388 \pm 0,328	4,614
Sm K β 1	45,414	4,272 \pm 0,150	4,561
Dy K α 1	45,998	4,188 \pm 0,200	4,410
Sm K β 2	46,578	3,970 \pm 0,563	4,269
Ho K α 2	46,700	4,030 \pm 0,215	4,240
Eu K β 1	47,038	18,263 \pm 0,645	20,762
Ho K α 1	47,547	18,576 \pm 0,461	20,194
Er K α 2	48,221	18,346 \pm 0,613	19,480
Eu K β 2	48,249	18,854 \pm 0,568	19,449
Gd K β 1	48,695	18,486 \pm 0,582	18,990
Er K α 1	49,128	18,092 \pm 0,655	18,565
Gd K β 2	49,959	16,788 \pm 0,715	17,781
Tb K β 1	50,384	16,168 \pm 0,480	17,402
Tb K β 2	51,698	15,315 \pm 0,621	16,280
Dy K β 1	52,113	15,052 \pm 0,438	15,951
Dy K β 2	53,476	13,934 \pm 0,673	14,918
Ho K β 1	53,876	13,625 \pm 0,403	14,633
Ho K β 2	55,293	12,775 \pm 1,168	13,687
Er K β 1	55,674	12,931 \pm 0,402	13,447
Er K β 2	57,142	12,101 \pm 0,539	12,569

Çizelge 4.10. K tabakası çevresinde Gd için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.

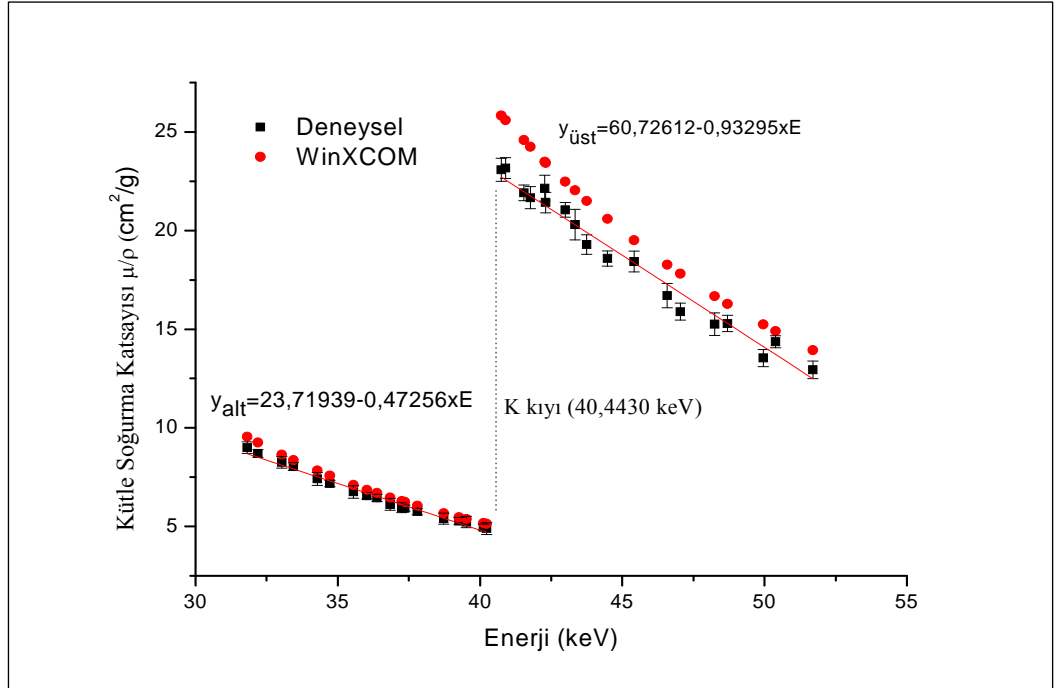
	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (μ/ρ) (cm^2/g)	
		Deneysel	WinXCOM
Sm K α 2	39,522	7,532 \pm 0,388	7,143
Sm K α 1	40,118	7,129 \pm 0,210	6,865
Eu K α 2	40,902	6,380 \pm 0,335	6,524
Eu K α 1	41,542	6,390 \pm 0,198	6,262
Gd K α 2	42,309	5,968 \pm 0,423	5,966
Gd K α 1	42,996	5,826 \pm 0,234	5,717
Tb K α 2	43,744	5,546 \pm 0,366	5,466
Tb K α 1	44,482	5,340 \pm 0,208	5,230
Dy K α 2	45,208	4,871 \pm 0,313	5,012
Sm K β 1	45,414	5,198 \pm 0,167	4,955
Dy K α 1	45,998	4,651 \pm 0,203	4,790
Sm K β 2	46,578	4,737 \pm 0,364	4,636
Ho K α 2	46,700	4,485 \pm 0,413	4,605
Eu K β 1	47,038	4,730 \pm 0,150	4,519
Ho K α 1	47,547	4,224 \pm 0,205	4,394
Er K α 2	48,221	4,379 \pm 0,383	4,238
Eu K β 2	48,249	4,055 \pm 0,322	4,231
Gd K β 1	48,695	4,014 \pm 0,216	4,131
Er K α 1	49,128	4,191 \pm 0,190	4,038
Gd K β 2	49,959	3,913 \pm 0,493	3,868
Tb K β 1	50,384	17,843 \pm 0,778	18,501
Tb K β 2	51,698	18,246 \pm 0,646	17,298
Dy K β 1	52,113	17,378 \pm 0,421	16,947
Dy K β 2	53,476	15,440 \pm 0,737	15,842
Ho K β 1	53,876	15,907 \pm 0,365	15,538
Ho K β 2	55,293	14,542 \pm 0,654	14,529
Er K β 1	55,674	14,975 \pm 0,324	14,273
Er K β 2	57,142	12,787 \pm 0,465	13,340

Çizelge 4.11. Deneysel ve teorik soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri.

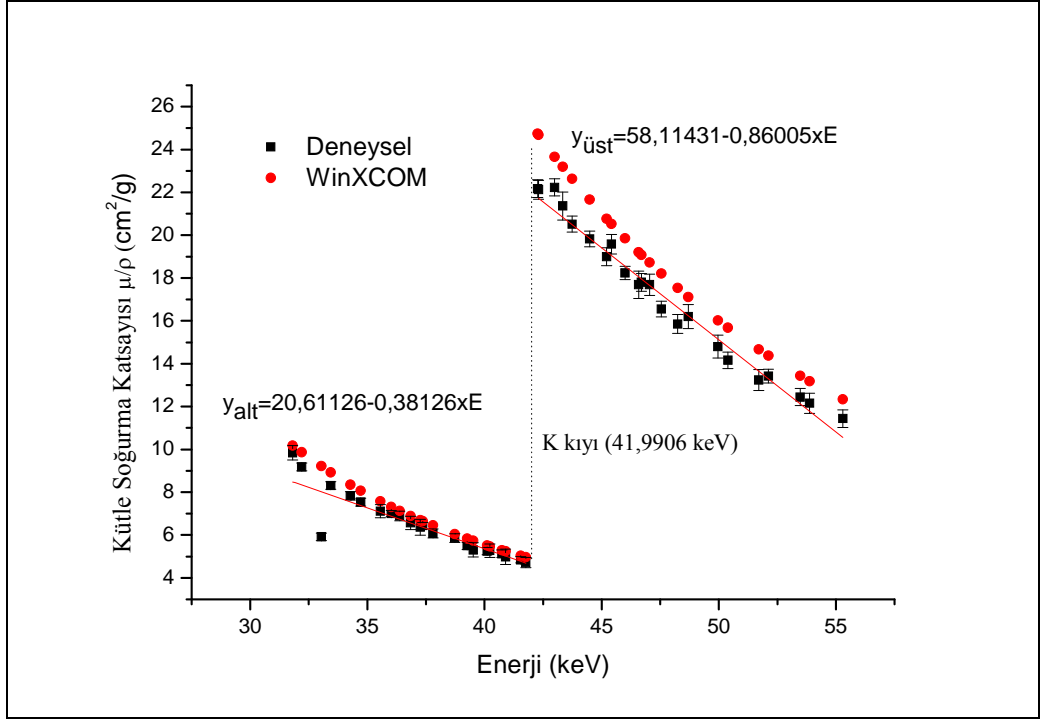
Atom No	Numune	Sıçrama Oranı (Γ_K)			Sıçrama Faktörü (J_K)		
		Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
57	La ₂ O ₃	5,578 \pm 0,191	5,409	5,734	0,821 \pm 0,028	0,815	0,826
58	Ce	4,991 \pm 0,146	5,334	5,618	0,800 \pm 0,023	0,813	0,822
59	Pr	4,781 \pm 0,136	5,309	5,522	0,791 \pm 0,023	0,812	0,819
60	Nd ₂ O ₃	5,011 \pm 0,154	5,439	5,337	0,800 \pm 0,025	0,816	0,813
62	Sm	5,052 \pm 0,216	5,137	5,257	0,802 \pm 0,034	0,805	0,810
64	Gd	5,305 \pm 0,234	5,163	5,054	0,812 \pm 0,036	0,806	0,802



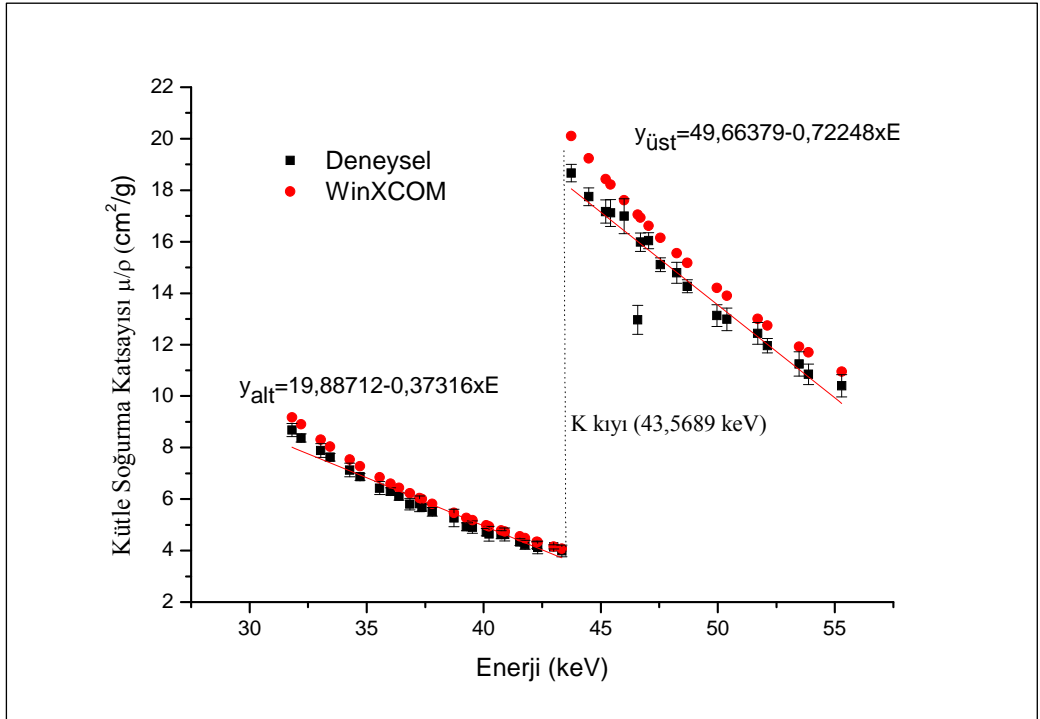
Şekil 4.6.a. La_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



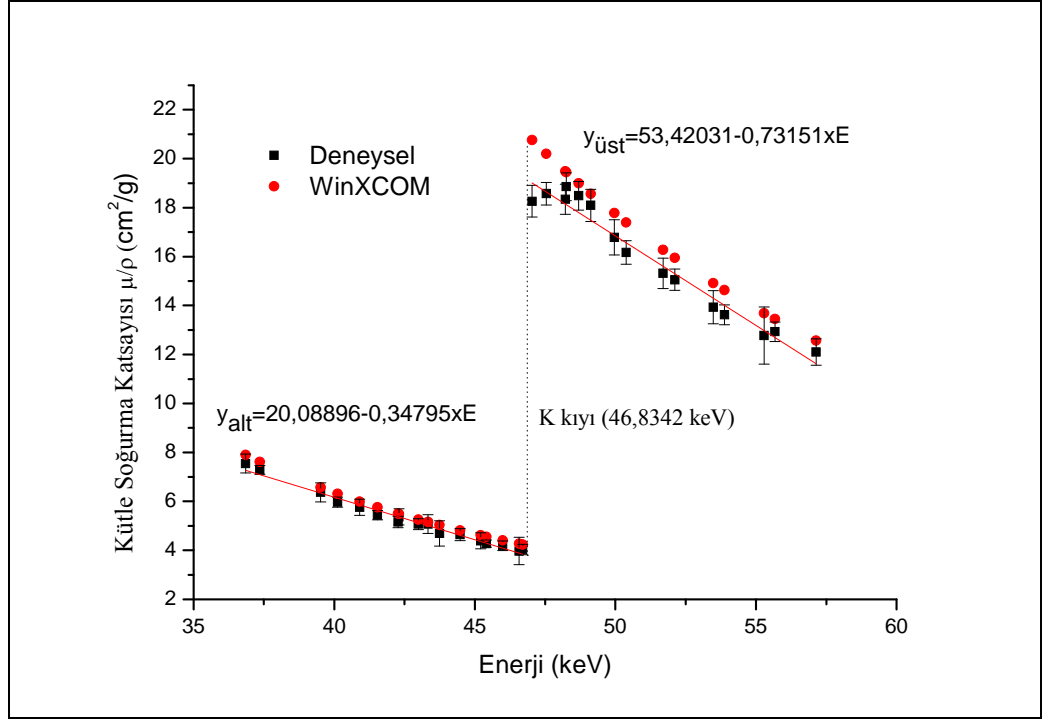
Şekil 4.6.b. Ce için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



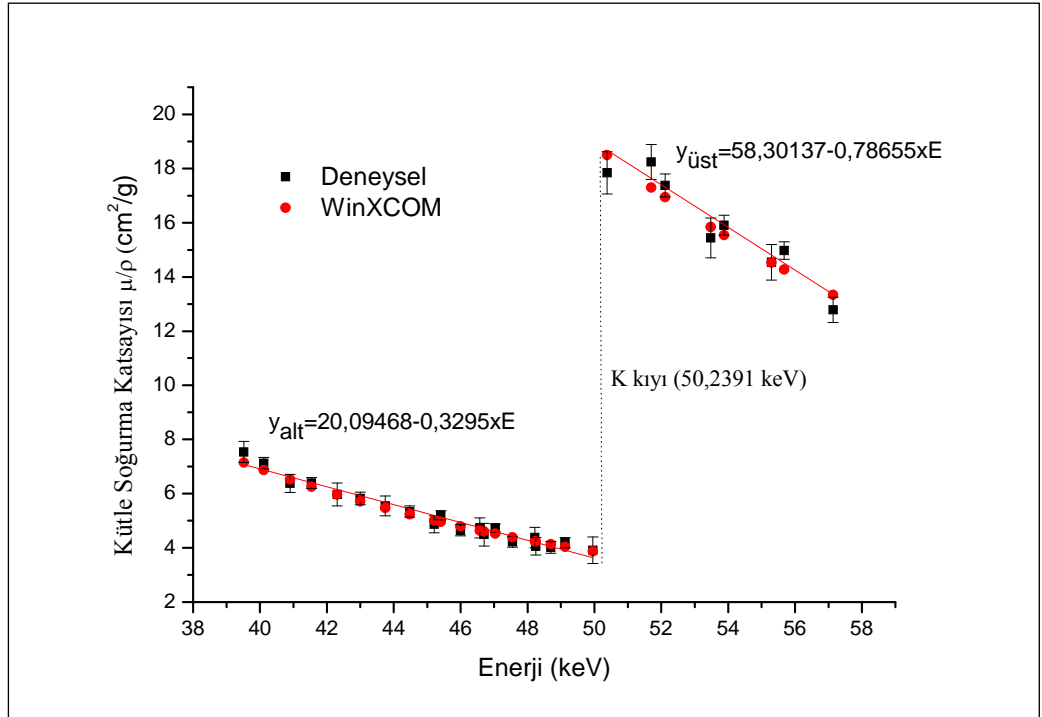
Şekil 4.6.c. Pr için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



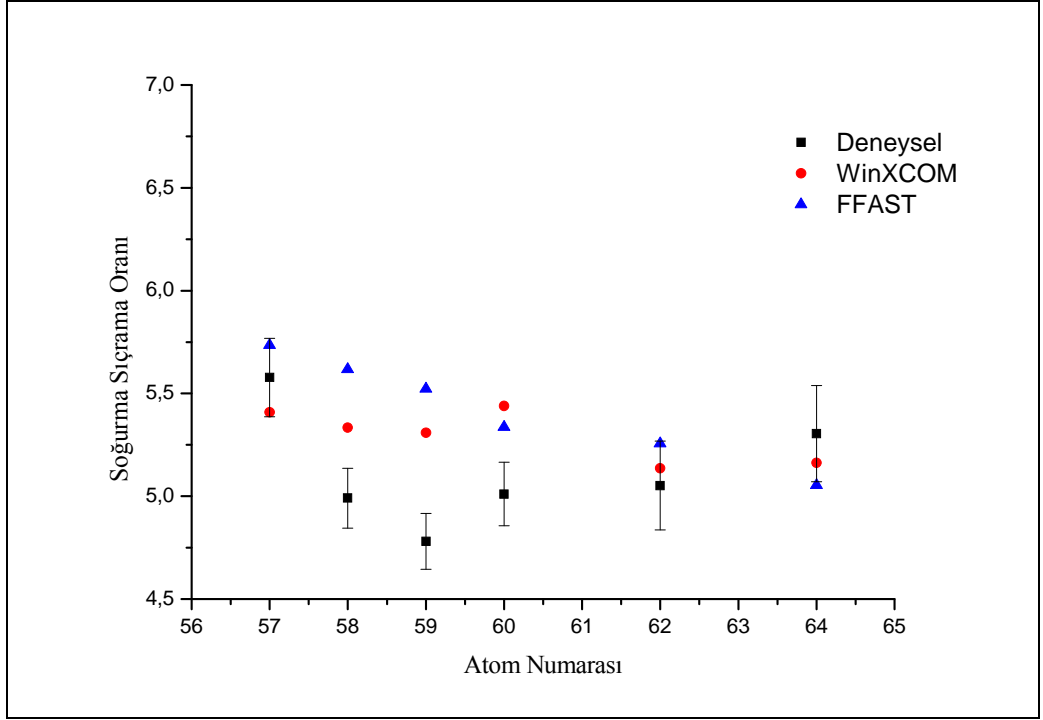
Şekil 4.6.d. Nd_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



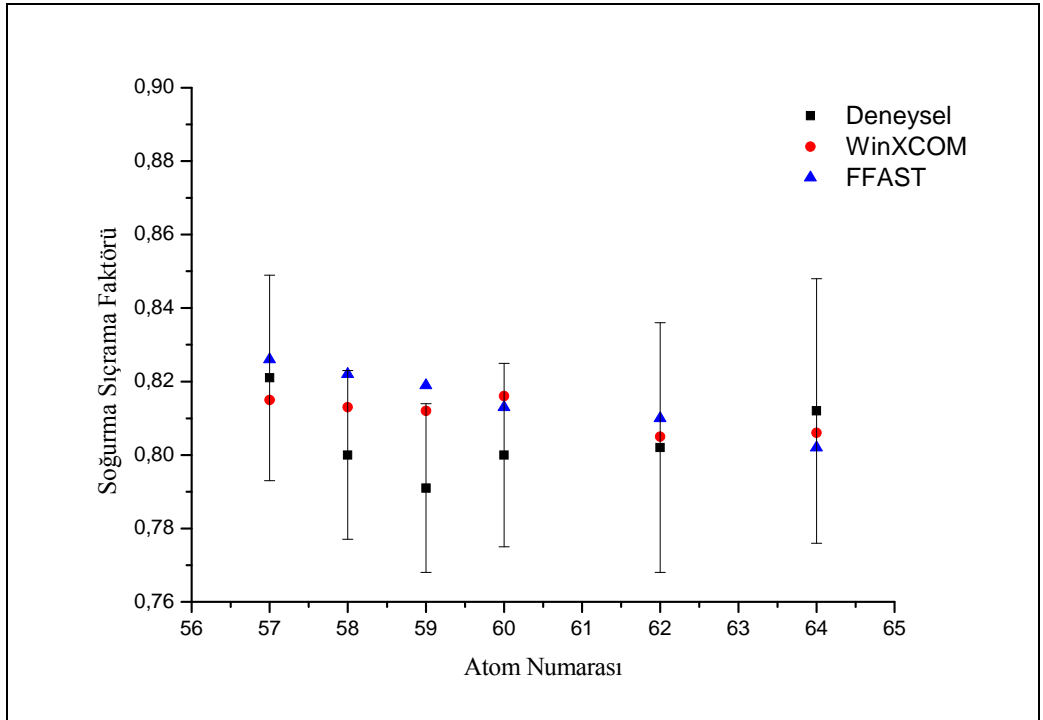
Şekil 4.6.e. Sm için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



Şekil 4.6.f. Gd için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



Şekil 4.7.a. Atom numarasına karşı soğurma sıçrama oranı grafiği



Şekil 4.7.b. Atom numarasına karşı soğurma sıçrama faktörü grafiği

4.4. Moleküler, Atomik ve Elektronik Tesir Kesiti Parametrelerine Ait Araştırma Bulguları

CeCl₃.7H₂O, Ce(SO₄)₂, Ce(OH)₄, Ce₂O₃, Gd₂O₃, Gd₂(CO₃)₃.H₂O, Gd₂(C₂O₄)₃.H₂O, Gd₂(SO₄)₃, SmCl₃.6H₂O, Sm(NO₃)₃.6H₂O, Sm₂O₃ ve Sm₂(SO₄)₃ bileşikleri için birincil kaynak olarak Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili fotonlar ve ikincil kaynak olarak farklı elementlerin K α_1 , K α_2 , K β_1 ve K β_2 karakteristik X-ışınları kullanılarak farklı enerjilerde kütle soğurma katsayıları deneysel olarak elde edildi. Ölçülen kütle soğurma katsayıları kullanılarak bileşikler için ilgili foton enerjisinde moleküler tesir kesiti ve atomik tesir kesiti belirlendi. Elektronik tesir kesiti ise teorik olarak hesaplandı. Çizelge 4.12-4.23'de elde edilen deneysel sonuçlar teorik sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak verildi. Şekil 4.8(a-l)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak kütle soğurma katsayıları, Şekil 4.9(a-l)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak moleküler tesir kesitleri, Şekil 4.10(a-l)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak atomik tesir kesitleri ve Şekil 4.11(a-l)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak elektronik tesir kesitlerinin grafikleri verilmiştir. Kütle soğurma grafiklerinde, üst enerji bölgesindeki ve alt enerji bölgesindeki kütle soğurma katsayıları fit edilerek K tabakası soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri elde edildi. Moleküler tesir kesiti, atomik tesir kesiti ve elektronik tesir kesiti grafiklerinde, ilgili parametrenin üst enerji bölgesi ve alt enerji bölgesi fit edilerek, bileşiğin moleküler, atomik ve elektronik soğurma sıçrama faktörleri elde edildi. Çizelge 4.24'de bileşiklerin soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri, Çizelge 4.25'de moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin sıçrama faktörleri değerleri verildi.

Çizelge 4.12. K tabakası çevresinde $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM			Deneysel			
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
31,817	4,298	26,593	10,637	3,042	4,138±0,121	25,602±0,750	10,241±0,300
32,194	4,169	25,792	10,317	2,963	4,377±0,082	27,079±0,510	10,832±0,204
33,034	3,895	24,096	9,638	2,795	3,832±0,135	23,707±0,838	9,483±0,335
33,442	3,770	23,326	9,330	2,719	3,929±0,081	24,306±0,502	9,722±0,201
34,279	3,533	21,855	8,742	2,574	3,560±0,128	22,022±0,792	8,809±0,317
34,720	3,417	21,137	8,455	2,503	3,535±0,082	21,867±0,509	8,747±0,204
35,550	3,212	19,873	7,949	2,378	3,096±0,140	19,155±0,866	7,662±0,346
36,026	3,102	19,192	7,677	2,311	3,134±0,071	19,389±0,442	7,756±0,177
36,378	3,025	18,716	7,486	2,264	3,101±0,104	19,182±0,645	7,673±0,258
36,847	2,926	18,103	7,241	2,204	3,009±0,135	18,617±0,835	7,447±0,334
37,255	2,844	17,593	7,037	2,153	2,970±0,354	18,375±2,191	7,350±0,877
37,361	2,824	17,472	6,989	2,141	2,728±0,075	16,879±0,466	6,752±0,186
37,801	2,740	16,952	6,781	2,090	2,875±0,109	17,788±0,673	7,115±0,269
38,726	2,574	15,926	6,370	1,989	2,485±0,160	15,376±0,991	6,151±0,396
39,258	2,486	15,381	6,152	1,936	2,572±0,136	15,912±0,839	6,365±0,336
39,522	2,445	15,124	6,050	1,910	2,365±0,139	14,630±0,860	5,852±0,344
40,118	2,353	14,556	5,822	1,854	2,363±0,093	14,617±0,573	5,847±0,229
40,228	2,337	14,456	5,782	1,844	2,319±0,448	14,350±2,771	5,740±1,109
40,748	10,109	62,543	25,017	5,147	10,269±0,203	63,530±1,256	25,412±0,502
40,902	10,014	61,954	24,782	5,103	9,536±0,139	58,996±0,860	23,598±0,344
41,542	9,622	59,526	23,811	4,920	10,040±0,189	62,113±1,166	24,845±0,467
41,764	9,492	58,723	23,489	4,859	9,155±0,265	56,640±1,642	22,656±0,657
42,271	9,200	56,917	22,767	4,723	9,355±0,197	57,880±1,218	23,152±0,487
42,309	9,178	56,779	22,712	4,713	9,281±0,180	57,417±1,116	22,967±0,446
42,996	8,804	54,466	21,786	4,538	9,246±0,224	57,200±1,387	22,880±0,555
43,335	8,632	53,406	21,363	4,458	8,948±0,392	55,358±2,428	22,143±0,971
43,744	8,426	52,130	20,852	4,362	8,566±0,315	52,997±1,947	21,199±0,779
44,482	8,071	49,931	19,973	4,196	8,443±0,238	52,235±1,472	20,894±0,589
45,414	7,653	47,349	18,939	4,002	7,285±0,161	45,068±0,993	18,027±0,397
46,578	7,170	44,358	17,743	3,776	6,934±0,391	42,897±2,419	17,159±0,968
47,038	6,991	43,254	17,302	3,693	7,243±0,188	44,807±1,161	17,923±0,464
48,249	6,551	40,528	16,211	3,488	6,842±0,263	42,327±1,627	16,931±0,651
48,695	6,397	39,575	15,830	3,416	6,560±0,107	40,586±0,664	16,234±0,266
49,959	5,992	37,069	14,827	3,227	6,022±0,189	37,257±1,168	14,903±0,467
50,384	5,865	36,282	14,513	3,168	5,960±0,182	36,873±1,128	14,749±0,451
51,698	5,489	33,957	13,583	2,993	5,678±0,271	35,129±1,675	14,051±0,670

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.13. K tabakası çevresinde $Ce(SO_4)_2$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				Deneysel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
31,817	5,131	48,432	28,489	6,373	5,053±0,140	47,696±1,319	28,056±0,776
32,194	4,977	46,972	27,631	6,190	5,239±0,100	49,447±0,942	29,087±0,554
33,034	4,649	43,882	25,813	5,801	4,575±0,147	43,181±1,389	25,400±0,817
33,442	4,501	42,478	24,987	5,625	4,668±0,090	44,059±0,848	25,917±0,499
34,279	4,216	39,796	23,409	5,289	4,152±0,145	39,192±1,366	23,054±0,804
34,720	4,078	38,486	22,639	5,125	4,222±0,084	39,846±0,789	23,439±0,464
35,550	3,833	36,180	21,282	4,836	3,753±0,128	35,424±1,206	20,838±0,709
36,026	3,701	34,936	20,550	4,680	3,884±0,081	36,658±0,769	21,563±0,452
36,378	3,609	34,067	20,039	4,571	3,788±0,095	35,752±0,896	21,030±0,527
36,847	3,491	32,949	19,382	4,431	3,326±0,168	31,389±1,590	18,464±0,935
37,255	3,392	32,016	18,833	4,315	3,426±0,176	32,340±1,664	19,024±0,979
37,361	3,369	31,794	18,702	4,287	3,475±0,082	32,799±0,771	19,294±0,454
37,801	3,268	30,845	18,144	4,168	3,440±0,096	32,467±0,906	19,098±0,533
38,726	3,069	28,969	17,041	3,934	3,224±0,176	30,434±1,666	17,903±0,980
39,258	2,964	27,973	16,455	3,810	3,119±0,088	29,442±0,830	17,319±0,488
39,522	2,914	27,503	16,178	3,751	2,847±0,178	26,873±1,678	15,808±0,987
40,118	2,804	26,463	15,567	3,621	2,902±0,106	27,390±1,005	16,112±0,591
40,228	2,784	26,281	15,459	3,599	2,634±0,202	24,862±1,906	14,625±1,121
40,748	12,982	122,533	72,079	13,341	13,286±0,345	125,398±3,257	73,764±1,916
40,902	12,860	121,377	71,398	13,218	12,642±0,190	119,317±1,793	70,187±1,055
41,542	12,355	116,612	68,596	12,713	12,950±0,221	122,228±2,082	71,899±1,225
41,764	12,188	115,035	67,668	12,545	12,384±0,231	116,886±2,176	68,756±1,280
42,271	11,812	111,491	65,583	12,169	12,420±0,296	117,222±2,792	68,954±1,642
42,309	11,784	111,219	65,423	12,140	12,204±0,221	115,190±2,086	67,759±1,227
42,996	11,302	106,679	62,752	11,658	11,710±0,219	110,529±2,067	65,017±1,216
43,335	11,082	104,598	61,528	11,437	11,433±0,330	107,910±3,115	63,477±1,833
43,744	10,816	102,091	60,054	11,171	11,198±0,188	105,690±1,779	62,170±1,046
44,482	10,359	97,775	57,515	10,713	10,457±0,148	98,699±1,396	58,058±0,821
45,414	9,822	92,703	54,531	10,175	9,995±0,307	94,340±2,902	55,494±1,707
46,578	9,199	86,828	51,076	9,552	9,421±0,340	88,920±3,206	52,306±1,886
47,038	8,970	84,660	49,800	9,322	9,390±0,199	88,625±1,879	52,133±1,105
48,249	8,402	79,305	46,650	8,755	8,130±0,197	76,732±1,857	45,136±1,092
48,695	8,204	77,433	45,549	8,556	8,593±0,122	81,107±1,147	47,710±0,675
49,959	7,682	72,508	42,652	8,034	7,225±0,197	68,196±1,861	40,115±1,095
50,384	7,518	70,962	41,743	7,871	7,784±0,108	73,465±1,021	43,215±0,601
51,698	7,034	66,393	39,055	7,386	7,132±0,168	67,320±1,584	39,600±0,932

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.14. K tabakası çevresinde $\text{Ce}(\text{OH})_4$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				Deneysel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
31,817	6,545	22,622	25,135	5,032	6,311±0,183	21,812±0,633	24,236±0,704
32,194	6,348	21,939	24,377	4,893	6,306±0,113	21,795±0,390	24,216±0,433
33,034	5,929	20,494	22,771	4,600	5,632±0,178	19,466±0,614	21,629±0,682
33,442	5,739	19,837	22,042	4,467	5,687±0,109	19,658±0,376	21,842±0,418
34,279	5,376	18,582	20,647	4,212	5,294±0,188	18,298±0,650	20,331±0,723
34,720	5,199	17,969	19,966	4,088	5,027±0,094	17,375±0,326	19,306±0,363
35,550	4,887	16,890	18,766	3,869	4,609±0,157	15,931±0,543	17,701±0,603
36,026	4,718	16,307	18,119	3,750	4,492±0,097	15,527±0,337	17,252±0,374
36,378	4,600	15,900	17,667	3,668	4,370±0,131	15,105±0,453	16,783±0,504
36,847	4,449	15,376	17,085	3,561	4,349±0,177	15,033±0,613	16,703±0,681
37,255	4,322	14,939	16,599	3,473	4,221±0,212	14,590±0,732	16,211±0,813
37,361	4,292	14,835	16,483	3,452	4,135±0,086	14,293±0,296	15,881±0,329
37,801	4,163	14,390	15,989	3,361	4,115±0,129	14,223±0,447	15,804±0,497
38,726	3,909	13,511	15,012	3,183	3,972±0,235	13,727±0,813	15,252±0,903
39,258	3,774	13,044	14,493	3,088	3,602±0,132	12,449±0,456	13,832±0,507
39,522	3,710	12,823	14,248	3,043	3,614±0,169	12,492±0,586	13,880±0,651
40,118	3,569	12,336	13,706	2,944	3,367±0,112	11,637±0,389	12,930±0,432
40,228	3,544	12,250	13,611	2,926	3,360±0,225	11,613±0,776	12,903±0,862
40,748	17,477	60,404	67,116	12,147	16,921±0,541	58,485±1,870	64,983±2,078
40,902	17,311	59,834	66,482	12,036	16,363±0,455	56,557±1,573	62,841±1,748
41,542	16,631	57,481	63,868	11,580	16,128±0,380	55,744±1,313	61,938±1,459
41,764	16,405	56,702	63,002	11,429	15,509±0,393	53,604±1,358	59,560±1,509
42,271	15,899	54,952	61,058	11,090	15,204±0,375	52,548±1,295	58,387±1,439
42,309	15,860	54,818	60,909	11,064	14,963±0,323	51,718±1,118	57,465±1,242
42,996	15,212	52,576	58,418	10,629	14,650±0,355	50,635±1,229	56,261±1,365
43,335	14,914	51,548	57,276	10,430	14,146±0,654	48,895±2,259	54,327±2,510
43,744	14,556	50,311	55,901	10,190	14,071±0,257	48,632±0,890	54,036±0,989
44,482	13,939	48,179	53,532	9,776	13,257±0,269	45,822±0,931	50,913±1,035
45,414	13,215	45,674	50,748	9,291	12,595±0,388	43,534±1,340	48,371±1,489
46,578	12,375	42,772	47,524	8,728	12,129±0,306	41,923±1,058	46,581±1,175
47,038	12,065	41,701	46,334	8,520	11,572±0,215	39,997±0,744	44,441±0,827
48,249	11,300	39,055	43,394	8,007	10,824±0,365	37,411±1,262	41,568±1,402
48,695	11,032	38,130	42,367	7,827	10,673±0,278	36,889±0,962	40,987±1,069
49,959	10,328	35,696	39,662	7,355	10,150±0,428	35,081±1,481	38,979±1,645
50,384	10,107	34,933	38,814	7,207	9,872±0,323	34,120±1,115	37,911±1,239
51,698	9,454	32,674	36,305	6,769	9,194±0,412	31,779±1,425	35,310±1,584

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.15. K tabakası çevresinde Ce_2O_3 için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM			Deneysel			
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
31,817	8,208	44,738	89,476	16,019	7,643±0,216	41,659±1,180	83,317±2,360
32,194	7,959	43,381	86,761	15,541	7,414±0,144	40,408±0,782	80,816±1,565
33,034	7,432	40,507	81,014	14,529	6,958±0,209	37,923±1,139	75,847±2,278
33,442	7,192	39,201	78,403	14,069	6,724±0,132	36,647±0,720	73,294±1,440
34,279	6,734	36,705	73,411	13,190	6,371±0,215	34,722±1,171	69,444±2,341
34,720	6,511	35,487	70,973	12,761	6,074±0,120	33,103±0,653	66,206±1,306
35,550	6,117	33,339	66,678	12,005	5,893±0,266	32,118±1,450	64,236±2,900
36,026	5,904	32,180	64,361	11,597	5,745±0,110	31,313±0,598	62,625±1,195
36,378	5,756	31,371	62,742	11,312	5,429±0,178	29,592±0,969	59,184±1,937
36,847	5,565	30,329	60,659	10,945	5,314±0,216	28,962±1,175	57,924±2,351
37,255	5,405	29,460	58,920	10,639	5,244±0,334	28,579±1,818	57,159±3,637
37,361	5,367	29,254	58,507	10,566	5,027±0,113	27,401±0,617	54,802±1,233
37,801	5,205	28,369	56,737	10,255	4,951±0,171	26,986±0,932	53,972±1,865
38,726	4,884	26,620	53,239	9,639	4,728±0,228	25,770±1,245	51,541±2,490
39,258	4,714	25,691	51,383	9,312	4,369±0,190	23,812±1,035	47,625±2,070
39,522	4,633	25,253	50,506	9,158	4,430±0,273	24,144±1,487	48,287±2,974
40,118	4,455	24,283	48,566	8,816	4,210±0,135	22,946±0,735	45,893±1,470
40,228	4,424	24,113	48,225	8,756	4,263±0,228	23,233±1,241	46,466±2,483
40,748	22,095	120,426	240,852	41,962	20,477±0,594	111,604±3,238	223,209±6,477
40,902	21,886	119,286	238,571	41,567	20,284±0,496	110,557±2,705	221,114±5,410
41,542	21,023	114,586	229,171	39,940	19,924±0,507	108,592±2,764	217,184±5,529
41,764	20,738	113,030	226,059	39,401	19,188±0,693	104,580±3,779	209,161±7,559
42,271	20,097	109,534	219,067	38,191	18,747±0,644	102,180±3,510	204,360±7,021
42,309	20,047	109,266	218,532	38,098	18,912±0,422	103,079±2,299	206,159±4,598
42,996	19,226	104,786	209,572	36,547	17,856±0,316	97,324±1,725	194,648±3,450
43,335	18,849	102,734	205,467	35,836	17,530±0,907	95,545±4,945	191,090±9,891
43,744	18,395	100,261	200,521	34,980	17,180±0,353	93,637±1,922	187,275±3,844
44,482	17,614	96,002	192,003	33,506	16,439±0,455	89,601±2,482	179,202±4,963
45,414	16,696	90,997	181,994	31,773	15,606±0,626	85,060±3,410	170,121±6,820
46,578	15,632	85,199	170,399	29,766	14,797±0,838	80,652±4,570	161,303±9,140
47,038	15,239	83,060	166,120	29,025	14,086±0,275	76,773±1,501	153,545±3,002
48,249	14,269	77,774	155,548	27,195	13,664±0,635	74,475±3,458	148,951±6,917
48,695	13,931	75,926	151,853	26,555	13,084±0,443	71,312±2,414	142,623±4,827
49,959	13,038	71,064	142,129	24,872	12,361±0,678	67,372±3,696	134,744±7,393
50,384	12,759	69,539	139,078	24,343	12,091±0,472	65,901±2,575	131,803±5,150
51,698	11,931	65,027	130,055	22,781	11,220±0,537	61,152±2,924	122,304±5,849

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.16. K tabakası çevresinde Gd_2O_3 için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				Deneyssel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	$\sigma_E \times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
39,522	6,232	37,513	75,025	12,179	6,021±0,320	36,241±1,926	72,482±3,851
40,118	5,990	36,058	72,116	11,718	5,689±0,175	34,247±1,051	68,494±2,103
40,902	5,694	34,273	68,546	11,151	5,489±0,238	33,040±1,430	66,080±2,859
41,542	5,466	32,900	65,800	10,715	5,334±0,147	32,106±0,884	64,213±1,768
42,309	5,208	31,349	62,698	10,223	4,994±0,216	30,061±1,303	60,121±2,605
42,996	4,992	30,046	60,093	9,809	4,823±0,159	29,032±0,959	58,063±1,917
43,744	4,773	28,734	57,467	9,393	4,622±0,256	27,824±1,541	55,648±3,081
44,482	4,569	27,501	55,002	9,002	4,458±0,190	26,832±1,141	53,664±2,283
45,208	4,379	26,359	52,717	8,639	4,168±0,249	25,091±1,498	50,181±2,997
45,414	4,329	26,058	52,115	8,543	4,225±0,194	25,431±1,168	50,862±2,335
45,998	4,186	25,198	50,395	8,270	4,015±0,156	24,168±0,938	48,336±1,876
46,578	4,052	24,392	48,784	8,015	3,878±0,317	23,345±1,911	46,690±3,822
46,700	4,025	24,230	48,460	7,963	3,842±0,287	23,127±1,730	46,255±3,461
47,038	3,950	23,779	47,558	7,820	3,805±0,104	22,906±0,625	45,813±1,249
47,547	3,842	23,126	46,251	7,613	3,650±0,133	21,968±0,803	43,936±1,607
48,221	3,706	22,306	44,613	7,353	3,537±0,262	21,290±1,576	42,580±3,152
48,249	3,700	22,271	44,541	7,341	3,648±0,253	21,959±1,526	43,918±3,051
48,695	3,613	21,745	43,491	7,174	3,517±0,165	21,171±0,991	42,342±1,982
49,128	3,532	21,260	42,520	7,020	3,415±0,136	20,554±0,817	41,108±1,633
49,959	3,384	20,368	40,736	6,737	3,400±0,256	20,464±1,539	40,928±3,078
50,384	16,080	96,789	193,579	30,617	15,320±0,869	92,217±5,231	184,434±10,462
51,698	15,035	90,504	181,008	28,646	14,624±0,485	88,026±2,922	176,052±5,843
52,113	14,730	88,667	177,334	28,070	13,995±0,441	84,244±2,652	168,488±5,304
53,476	13,771	82,893	165,786	26,260	13,450±0,712	80,962±4,283	161,925±8,566
53,876	13,507	81,306	162,612	25,762	13,307±0,198	80,102±1,189	160,203±2,378
55,293	12,632	76,037	152,075	24,110	12,043±0,463	72,491±2,786	144,982±5,572
55,674	12,410	74,699	149,398	23,690	11,825±0,350	71,182±2,108	142,364±4,215
57,142	11,599	69,820	139,641	22,161	11,300±0,554	68,017±3,335	136,035±6,670

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.17. K tabakası çevresinde $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				Deneysel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
39,522	4,481	38,136	22,433	4,131	4,366±0,283	37,161±2,413	21,859±1,419
40,118	4,309	36,673	21,572	3,988	4,166±0,165	35,459±1,403	20,858±0,826
40,902	4,098	34,877	20,516	3,813	4,016±0,215	34,179±1,829	20,105±1,076
41,542	3,936	33,496	19,703	3,679	3,771±0,117	32,095±0,992	18,879±0,584
42,309	3,752	31,936	18,786	3,527	3,649±0,237	31,058±2,016	18,269±1,186
42,996	3,598	30,625	18,015	3,399	3,493±0,141	29,729±1,201	17,488±0,707
43,744	3,443	29,305	17,238	3,271	3,478±0,257	29,602±2,184	17,413±1,285
44,482	3,298	28,065	16,509	3,150	3,192±0,152	27,168±1,295	15,981±0,762
45,208	3,162	26,915	15,833	3,038	3,005±0,246	25,573±2,098	15,043±1,234
45,414	3,127	26,612	15,654	3,008	3,034±0,134	25,823±1,144	15,190±0,673
45,998	3,025	25,747	15,146	2,924	2,952±0,154	25,123±1,313	14,778±0,772
46,578	2,930	24,937	14,669	2,845	2,856±0,329	24,303±2,797	14,296±1,645
46,700	2,911	24,774	14,573	2,829	2,771±0,281	23,583±2,391	13,872±1,406
47,038	2,858	24,320	14,306	2,784	2,808±0,195	23,901±1,658	14,060±0,975
47,547	2,780	23,663	13,919	2,720	2,643±0,143	22,492±1,215	13,231±0,715
48,221	2,683	22,838	13,434	2,640	2,573±0,260	21,901±2,216	12,883±1,303
48,249	2,679	22,803	13,413	2,636	2,604±0,245	22,163±2,081	13,037±1,224
48,695	2,617	22,274	13,102	2,585	2,552±0,123	21,719±1,044	12,776±0,614
49,128	2,560	21,786	12,815	2,537	2,453±0,155	20,877±1,323	12,280±0,778
49,959	2,454	20,888	12,287	2,449	2,488±0,283	21,173±2,408	12,455±1,416
50,384	11,433	97,306	57,239	9,470	10,942±0,382	93,123±3,251	54,779±1,913
51,698	10,694	91,013	53,537	8,884	11,048±0,480	94,024±4,083	55,308±2,402
52,113	10,478	89,174	52,455	8,713	10,085±0,310	85,833±2,635	50,490±1,550
53,476	9,798	83,392	49,054	8,175	9,396±0,622	79,972±5,292	47,042±3,113
53,876	9,612	81,803	48,119	8,027	9,412±0,312	80,106±2,659	47,121±1,564
55,293	8,992	76,527	45,016	7,535	8,629±0,552	73,436±4,702	43,198±2,766
55,674	8,834	75,187	44,228	7,410	8,461±0,242	72,015±2,061	42,362±1,212
57,142	8,260	70,302	41,354	6,955	8,011±0,480	68,177±4,088	40,104±2,405

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.18. K tabakası çevresinde $Gd_2(C_2O_4).H_2O$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM					Deneysel	
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
39,522	3,883	38,470	16,726	3,257	3,971±0,185	39,343±1,829	17,105±0,795
40,118	3,735	37,002	16,088	3,149	3,663±0,132	36,286±1,311	15,777±0,570
40,902	3,553	35,201	15,305	3,017	3,486±0,160	34,533±1,590	15,014±0,691
41,542	3,414	33,816	14,703	2,915	3,293±0,098	32,621±0,968	14,183±0,421
42,309	3,256	32,251	14,022	2,800	3,157±0,179	31,273±1,774	13,597±0,771
42,996	3,123	30,937	13,451	2,704	2,990±0,120	29,624±1,187	12,880±0,516
43,744	2,989	29,612	12,875	2,606	2,841±0,212	28,146±2,096	12,237±0,911
44,482	2,864	28,369	12,334	2,515	2,771±0,125	27,448±1,240	11,934±0,539
45,208	2,747	27,216	11,833	2,430	2,623±0,223	25,987±2,207	11,299±0,959
45,414	2,717	26,912	11,701	2,407	2,619±0,109	25,946±1,081	11,281±0,470
45,998	2,629	26,044	11,324	2,343	2,476±0,132	24,529±1,310	10,665±0,570
46,578	2,547	25,231	10,970	2,283	2,456±0,291	24,330±2,881	10,578±1,253
46,700	2,530	25,068	10,899	2,271	2,424±0,216	24,013±2,144	10,440±0,932
47,038	2,485	24,613	10,701	2,238	2,378±0,089	23,556±0,885	10,242±0,385
47,547	2,418	23,953	10,415	2,189	2,341±0,112	23,188±1,107	10,082±0,481
48,221	2,335	23,127	10,055	2,128	2,214±0,214	21,935±2,124	9,537±0,924
48,249	2,331	23,091	10,039	2,126	2,285±0,205	22,636±2,035	9,842±0,885
48,695	2,277	22,560	9,809	2,086	2,163±0,097	21,430±0,964	9,317±0,419
49,128	2,228	22,071	9,596	2,050	2,175±0,111	21,548±1,096	9,369±0,476
49,959	2,137	21,170	9,204	1,984	2,071±0,213	20,519±2,107	8,921±0,916
50,384	9,851	97,587	42,429	7,173	9,350±0,466	92,627±4,621	40,273±2,009
51,698	9,215	91,289	39,691	6,737	8,699±0,418	86,171±4,144	37,465±1,802
52,113	9,030	89,449	38,891	6,610	8,783±0,280	87,006±2,773	37,828±1,206
53,476	8,446	83,664	36,375	6,209	8,058±0,485	79,828±4,807	34,708±2,090
53,876	8,285	82,073	35,684	6,099	7,805±0,231	77,317±2,284	33,616±0,993
55,293	7,752	76,794	33,389	5,734	7,357±0,345	72,885±3,419	31,689±1,487
55,674	7,617	75,453	32,806	5,641	7,276±0,231	72,082±2,288	31,340±0,995
57,142	7,123	70,565	30,680	5,303	6,731±0,331	66,684±3,277	28,993±1,425

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.19. K tabakası çevresinde $Gd_2(SO_4)_3$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM					Deneysel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	
39,522	3,973	39,763	23,390	4,640	3,914±0,195	39,172±1,950	23,042±1,147	
40,118	3,821	38,238	22,493	4,475	3,720±0,114	37,229±1,144	21,899±0,673	
40,902	3,634	36,368	21,393	4,272	3,506±0,208	35,083±2,080	20,637±1,224	
41,542	3,490	34,930	20,547	4,117	3,412±0,087	34,145±0,875	20,085±0,515	
42,309	3,328	33,306	19,592	3,941	3,178±0,197	31,803±1,967	18,708±1,157	
42,996	3,192	31,942	18,789	3,794	3,112±0,115	31,140±1,155	18,317±0,680	
43,744	3,054	30,567	17,981	3,646	2,913±0,174	29,153±1,738	17,149±1,022	
44,482	2,926	29,277	17,222	3,506	2,863±0,119	28,652±1,191	16,854±0,701	
45,208	2,806	28,081	16,518	3,377	2,687±0,197	26,891±1,967	15,818±1,157	
45,414	2,775	27,766	16,333	3,343	2,671±0,096	26,730±0,962	15,724±0,566	
45,998	2,685	26,866	15,804	3,246	2,626±0,090	26,276±0,905	15,456±0,532	
46,578	2,600	26,023	15,308	3,155	2,657±0,182	26,589±1,821	15,641±1,071	
46,700	2,583	25,854	15,208	3,137	2,550±0,175	25,522±1,748	15,013±1,028	
47,038	2,536	25,382	14,931	3,086	2,429±0,073	24,305±0,730	14,297±0,429	
47,547	2,468	24,698	14,528	3,012	2,354±0,082	23,562±0,817	13,860±0,480	
48,221	2,382	23,841	14,024	2,919	2,278±0,188	22,799±1,882	13,411±1,107	
48,249	2,379	23,804	14,002	2,915	2,499±0,142	25,012±1,425	14,713±0,838	
48,695	2,324	23,254	13,679	2,856	2,265±0,084	22,663±0,839	13,331±0,493	
49,128	2,273	22,747	13,380	2,801	2,156±0,091	21,572±0,912	12,689±0,536	
49,959	2,180	21,813	12,831	2,701	2,274±0,159	22,753±1,595	13,384±0,938	
50,384	9,814	98,212	57,772	9,716	9,371±0,448	93,785±4,483	55,168±2,637	
51,698	9,180	91,869	54,040	9,111	9,262±0,207	92,688±2,071	54,522±1,218	
52,113	8,995	90,015	52,950	8,935	8,556±0,241	85,624±2,416	50,367±1,412	
53,476	8,412	84,188	49,522	8,380	8,173±0,303	81,795±3,031	48,115±1,783	
53,876	8,252	82,586	48,580	8,227	7,826±0,229	78,318±2,292	46,069±1,348	
55,293	7,721	77,270	45,453	7,721	7,353±0,367	73,584±3,673	43,285±2,160	
55,674	7,586	75,919	44,658	7,592	7,160±0,209	71,659±2,092	42,152±1,231	
57,142	7,094	70,996	41,762	7,123	6,706±0,174	67,110±1,740	39,477±1,023	

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.20. K tabakası çevresinde $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				Deneysel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
36,847	3,744	22,680	10,309	2,674	3,901±0,166	23,633±1,005	10,742±0,457
37,361	3,612	21,882	9,946	2,595	3,796±0,092	22,996±0,560	10,453±0,255
39,522	3,123	18,916	8,598	2,299	2,941±0,169	17,815±1,022	8,098±0,464
40,118	3,004	18,196	8,271	2,228	2,947±0,099	17,849±0,600	8,113±0,273
40,902	2,858	17,313	7,870	2,140	2,875±0,174	17,414±1,056	7,916±0,480
41,542	2,746	16,635	7,561	2,073	2,715±0,088	16,446±0,531	7,476±0,242
42,271	2,626	15,908	7,231	2,000	2,754±0,157	16,685±0,954	7,584±0,433
42,309	2,620	15,869	7,213	1,997	2,735±0,177	16,569±1,075	7,531±0,489
42,996	2,514	15,226	6,921	1,933	2,653±0,118	16,071±0,713	7,305±0,324
43,335	2,465	14,932	6,787	1,904	2,588±0,124	15,678±0,749	7,126±0,340
43,744	2,407	14,578	6,627	1,868	2,309±0,194	13,985±1,178	6,357±0,536
44,482	2,306	13,970	6,350	1,808	2,257±0,122	13,672±0,737	6,214±0,335
45,208	2,213	13,407	6,094	1,752	2,097±0,190	12,705±1,150	5,775±0,523
45,414	2,189	13,258	6,026	1,737	2,133±0,098	12,919±0,594	5,872±0,270
45,998	2,119	12,834	5,834	1,695	2,086±0,098	12,637±0,591	5,744±0,269
46,578	2,053	12,436	5,653	1,656	2,030±0,250	12,297±1,514	5,589±0,688
46,700	2,040	12,356	5,616	1,648	2,054±0,140	12,444±0,847	5,656±0,385
47,038	8,845	53,581	24,355	4,665	9,317±0,222	56,440±1,343	25,655±0,611
47,547	8,605	52,126	23,694	4,549	8,827±0,132	53,469±0,800	24,304±0,364
48,221	8,303	50,298	22,863	4,405	8,678±0,169	52,571±1,024	23,896±0,465
48,249	8,290	50,218	22,826	4,399	8,466±0,203	51,285±1,229	23,311±0,559
48,695	8,096	49,043	22,292	4,306	8,527±0,186	51,655±1,126	23,480±0,512
49,128	7,916	47,955	21,798	4,220	8,460±0,185	51,248±1,120	23,295±0,509
49,959	7,585	45,949	20,886	4,061	7,834±0,284	47,458±1,718	21,572±0,781
50,384	7,425	44,978	20,445	3,984	7,657±0,197	46,385±1,193	21,084±0,542
51,698	6,951	42,107	19,139	3,757	6,652±0,249	40,294±1,506	18,315±0,684
52,113	6,812	41,266	18,757	3,691	7,114±0,194	43,096±1,178	19,589±0,535
53,476	6,376	38,622	17,555	3,482	6,674±0,314	40,429±1,905	18,377±0,866
53,876	6,256	37,894	17,225	3,424	6,570±0,168	39,799±1,020	18,090±0,464
55,293	5,856	35,476	16,125	3,233	5,706±0,252	34,566±1,524	15,712±0,693
55,674	5,755	34,861	15,846	3,185	5,907±0,141	35,784±0,857	16,266±0,390
57,142	5,384	32,615	14,825	3,007	5,466±0,282	33,110±1,710	15,050±0,777

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.21. K tabakası çevresinde $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				Deneysel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
36,847	2,857	21,085	6,802	1,786	2,751±0,116	20,303±0,856	6,549±0,276
37,361	2,759	20,361	6,568	1,741	2,639±0,065	19,480±0,481	6,284±0,155
39,522	2,394	17,670	5,700	1,572	2,336±0,133	17,244±0,984	5,563±0,317
40,118	2,305	17,014	5,489	1,531	2,170±0,065	16,019±0,483	5,167±0,156
40,902	2,197	16,212	5,230	1,481	2,103±0,120	15,520±0,882	5,007±0,285
41,542	2,113	15,594	5,030	1,443	2,056±0,062	15,177±0,458	4,896±0,148
42,271	2,023	14,932	4,817	1,401	1,915±0,066	14,132±0,487	4,559±0,157
42,309	2,018	14,897	4,806	1,399	1,944±0,100	14,348±0,742	4,629±0,239
42,996	1,939	14,312	4,617	1,362	1,968±0,069	14,522±0,511	4,685±0,165
43,335	1,903	14,044	4,530	1,345	1,994±0,117	14,714±0,864	4,747±0,279
43,744	1,859	13,721	4,426	1,325	1,763±0,115	13,012±0,852	4,198±0,275
44,482	1,784	13,167	4,247	1,290	1,715±0,078	12,655±0,579	4,082±0,187
45,208	1,714	12,653	4,082	1,258	1,689±0,116	12,465±0,853	4,021±0,275
45,414	1,696	12,517	4,038	1,249	1,617±0,058	11,938±0,428	3,851±0,138
45,998	1,644	12,130	3,913	1,225	1,576±0,066	11,628±0,487	3,751±0,157
46,578	1,594	11,767	3,796	1,202	1,547±0,124	11,421±0,912	3,684±0,294
46,700	1,584	11,694	3,772	1,197	1,568±0,075	11,575±0,554	3,734±0,179
47,038	7,173	52,939	17,077	3,341	7,190±0,137	53,068±1,008	17,119±0,325
47,547	6,979	51,512	16,617	3,263	7,299±0,110	53,869±0,809	17,377±0,261
48,221	6,736	49,718	16,038	3,166	6,775±0,268	50,005±1,978	16,131±0,638
48,249	6,726	49,640	16,013	3,162	6,504±0,105	48,006±0,776	15,486±0,250
48,695	6,570	48,487	15,641	3,099	6,875±0,140	50,742±1,030	16,368±0,332
49,128	6,425	47,420	15,297	3,041	6,671±0,106	49,236±0,783	15,883±0,253
49,959	6,158	45,451	14,662	2,934	6,138±0,263	45,298±1,942	14,612±0,627
50,384	6,029	44,498	14,354	2,882	5,652±0,149	41,715±1,102	13,457±0,355
51,698	5,647	41,679	13,445	2,729	5,403±0,250	39,874±1,844	12,862±0,595
52,113	5,536	40,855	13,179	2,684	5,701±0,160	42,072±1,181	13,572±0,381
53,476	5,184	38,258	12,341	2,542	5,035±0,178	37,164±1,313	11,988±0,423
53,876	5,087	37,543	12,111	2,503	5,284±0,089	39,000±0,659	12,581±0,213
55,293	4,765	35,168	11,344	2,374	4,982±0,221	36,770±1,632	11,861±0,527
55,674	4,683	34,564	11,150	2,341	4,836±0,127	35,690±0,934	11,513±0,301
57,142	4,384	32,357	10,438	2,220	4,401±0,133	32,479±0,984	10,477±0,317

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.22. K tabakası çevresinde Sm_2O_3 için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				Deneysel		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
36,847	6,848	39,656	79,311	13,284	6,443±0,220	37,308±1,274	74,617±2,547
37,361	6,605	38,246	76,491	12,821	6,582±0,145	38,114±0,840	76,228±1,679
39,522	5,699	33,000	66,000	11,099	5,375±0,253	31,124±1,463	62,248±2,926
40,118	5,478	31,723	63,446	10,681	5,229±0,153	30,277±0,883	60,554±1,766
40,902	5,208	30,158	60,317	10,167	4,948±0,266	28,652±1,540	57,303±3,080
41,542	5,000	28,955	57,911	9,772	4,980±0,122	28,839±0,704	57,678±1,407
42,271	4,778	27,665	55,330	9,349	4,496±0,133	26,032±0,773	52,063±1,546
42,309	4,766	27,597	55,194	9,327	4,716±0,248	27,311±1,436	54,622±2,872
42,996	4,569	26,456	52,911	8,952	4,864±0,143	28,164±0,829	56,327±1,658
43,335	4,479	25,933	51,867	8,781	4,493±0,306	26,016±1,769	52,031±3,538
43,744	4,370	25,305	50,610	8,575	4,218±0,228	24,423±1,318	48,846±2,636
44,482	4,183	24,225	48,450	8,220	4,224±0,160	24,460±0,924	48,919±1,848
45,208	4,010	23,223	46,445	7,891	4,027±0,241	23,321±1,397	46,643±2,793
45,414	3,965	22,959	45,917	7,805	3,747±0,133	21,695±0,771	43,389±1,541
45,998	3,834	22,204	44,408	7,557	3,742±0,114	21,669±0,659	43,338±1,319
46,578	3,712	21,496	42,993	7,325	3,776±0,278	21,865±1,608	43,731±3,215
46,700	3,688	21,354	42,708	7,278	3,856±0,149	22,331±0,861	44,662±1,722
47,038	17,935	103,855	207,710	33,889	16,866±0,340	97,664±1,969	195,328±3,938
47,547	17,445	101,016	202,033	32,970	18,000±0,246	104,232±1,427	208,464±2,854
48,221	16,829	97,449	194,897	31,815	17,304±0,320	100,199±1,854	200,398±3,708
48,249	16,802	97,293	194,586	31,765	17,517±0,589	101,433±3,411	202,867±6,821
48,695	16,406	94,999	189,998	31,022	17,163±0,426	99,385±2,465	198,770±4,930
49,128	16,039	92,877	185,754	30,335	16,474±0,253	95,396±1,467	190,792±2,935
49,959	15,363	88,961	177,923	29,068	16,140±0,701	93,458±4,059	186,915±8,118
50,384	15,036	87,066	174,132	28,454	15,221±0,505	88,139±2,923	176,278±5,846
51,698	14,067	81,459	162,918	26,639	14,497±0,715	83,946±4,138	167,891±8,276
52,113	13,784	79,818	159,637	26,108	14,394±0,435	83,350±2,521	166,699±5,042
53,476	12,892	74,654	149,308	24,436	12,554±0,233	72,696±1,347	145,392±2,694
53,876	12,647	73,233	146,465	23,976	13,355±0,299	77,331±1,732	154,661±3,464
55,293	11,831	68,508	137,016	22,446	11,781±0,343	68,218±1,984	136,435±3,968
55,674	11,623	67,306	134,612	22,057	12,167±0,193	70,453±1,115	140,906±2,230
57,142	10,866	62,919	125,838	20,636	11,257±0,391	65,187±2,265	130,375±4,530

μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/elektron

Çizelge 4.23. K tabakası çevresinde $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ için kütle soğurma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerleri.

Enerji (keV)	WinXCOM				DeneySEL		
	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$	σ_E $\times 10^{-24}$	μ/ρ	σ_M $\times 10^{-22}$	σ_A $\times 10^{-23}$
36,847	3,098	30,295	17,821	5,119	3,187±0,128	31,164±1,254	18,332±0,738
37,361	2,990	29,241	17,200	4,950	3,114±0,086	30,454±0,843	17,914±0,496
39,522	2,589	25,320	14,894	4,322	2,594±0,141	25,364±1,382	14,920±0,813
40,118	2,492	24,366	14,333	4,170	2,631±0,096	25,730±0,944	15,135±0,555
40,902	2,372	23,199	13,646	3,983	2,260±0,152	22,095±1,486	12,997±0,874
41,542	2,281	22,302	13,119	3,840	2,406±0,076	23,529±0,741	13,840±0,436
42,271	2,182	21,340	12,553	3,686	2,208±0,133	21,588±1,297	12,699±0,763
42,309	2,177	21,289	12,523	3,678	2,140±0,139	20,929±1,355	12,311±0,797
42,996	2,090	20,438	12,022	3,542	2,198±0,103	21,498±1,005	12,646±0,591
43,335	2,050	20,049	11,793	3,480	2,143±0,132	20,952±1,295	12,325±0,762
43,744	2,002	19,581	11,518	3,405	2,051±0,171	20,060±1,668	11,800±0,981
44,482	1,920	18,776	11,045	3,276	1,987±0,102	19,433±0,993	11,431±0,584
45,208	1,844	18,030	10,606	3,157	1,878±0,163	18,364±1,594	10,802±0,938
45,414	1,824	17,833	10,490	3,126	1,913±0,088	18,704±0,859	11,002±0,505
45,998	1,766	17,271	10,160	3,036	1,849±0,088	18,082±0,859	10,636±0,505
46,578	1,712	16,745	9,850	2,952	1,707±0,143	16,690±1,399	9,818±0,823
46,700	1,702	16,639	9,788	2,935	1,767±0,127	17,282±1,244	10,166±0,732
47,038	7,363	72,002	42,354	10,753	7,786±0,099	76,133±0,965	44,784±0,568
47,547	7,164	70,054	41,208	10,470	7,484±0,132	73,180±1,294	43,047±0,761
48,221	6,914	67,607	39,769	10,114	7,166±0,172	70,078±1,684	41,222±0,991
48,249	6,903	67,500	39,706	10,099	6,618±0,144	64,714±1,404	38,067±0,826
48,695	6,742	65,926	38,780	9,870	6,645±0,096	64,979±0,942	38,223±0,554
49,128	6,593	64,471	37,924	9,659	6,805±0,107	66,548±1,042	39,146±0,613
49,959	6,318	61,785	36,344	9,268	6,140±0,236	60,044±2,310	35,320±1,359
50,384	6,185	60,485	35,580	9,080	6,452±0,115	63,090±1,129	37,112±0,664
51,698	5,792	56,640	33,318	8,521	5,652±0,252	55,271±2,464	32,512±1,449
52,113	5,677	55,515	32,656	8,358	5,828±0,126	56,991±1,233	33,524±0,725
53,476	5,315	51,975	30,573	7,843	5,244±0,231	51,281±2,257	30,165±1,328
53,876	5,215	51,000	30,000	7,702	5,293±0,105	51,757±1,027	30,445±0,604
55,293	4,884	47,762	28,095	7,231	4,852±0,150	47,446±1,463	27,909±0,860
55,674	4,800	46,938	27,611	7,112	4,859±0,114	47,512±1,113	27,948±0,655
57,142	4,493	43,931	25,842	6,675	4,647±0,162	45,444±1,584	26,732±0,932

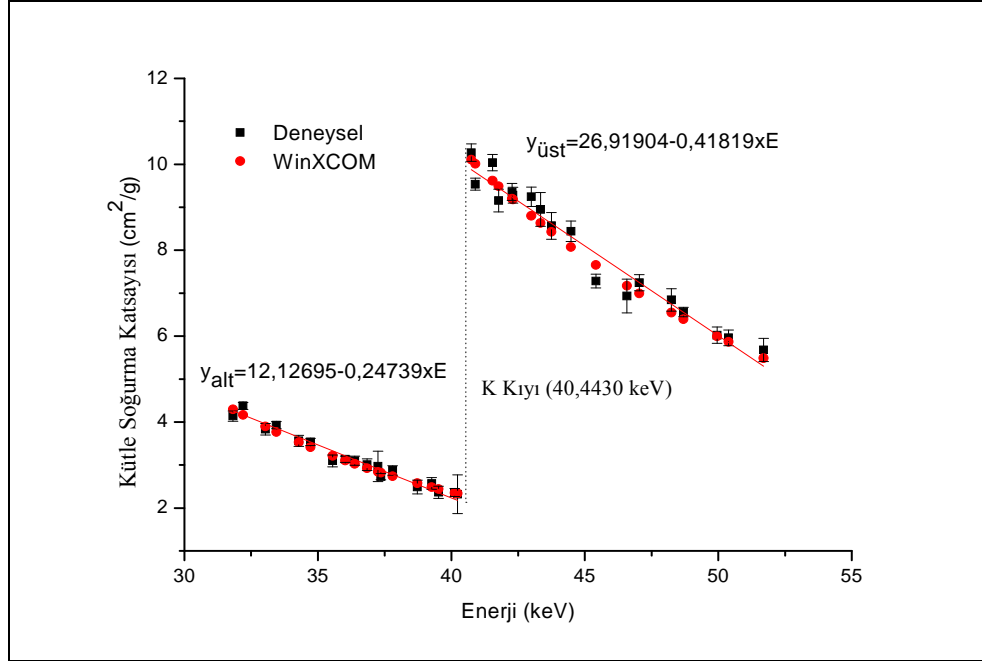
μ/ρ ; cm^2/g , σ_M ; barn/molekül, σ_A ; barn/atom, σ_E ; barn/electron

Çizelge 4.24. Deneysel ve teorik soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri.

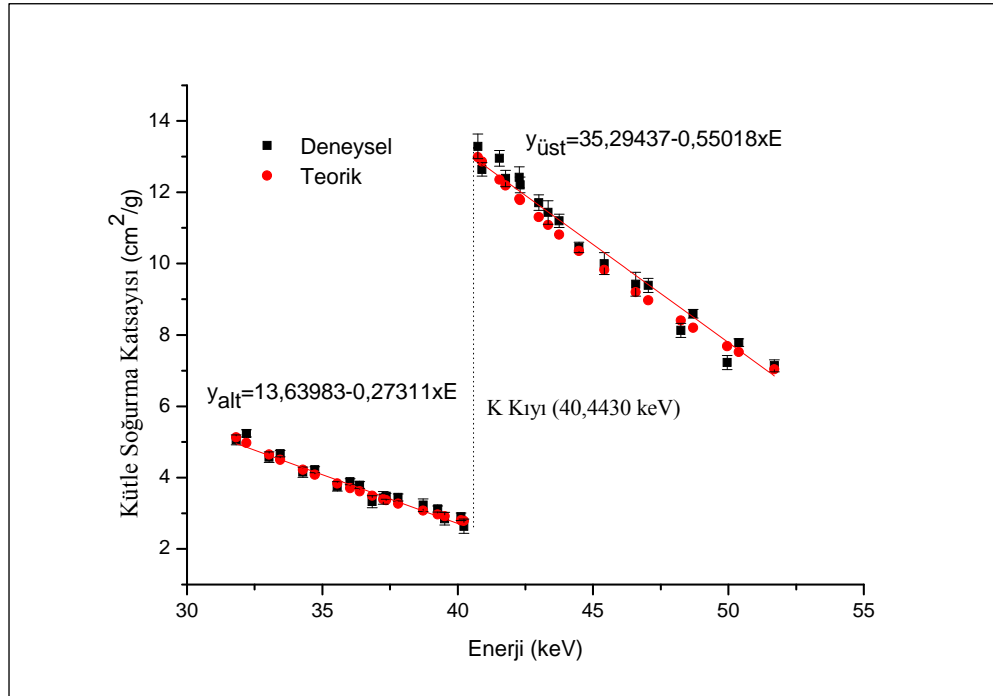
Numune	Deneysel		WinXCOM		FFAST	
	Sıçrama oranı (r_K)	Sıçrama faktörü (J_K)	Sıçrama oranı (r_K)	Sıçrama faktörü (J_K)	Sıçrama oranı (r_K)	Sıçrama faktörü (J_K)
CeCl ₃ .7H ₂ O	4,716±0,156	0,788±0,026	4,584	0,782	4,803	0,792
Ce(SO ₄) ₂	4,692±0,116	0,787±0,019	4,940	0,798	5,049	0,802
Ce(OH) ₄	5,249±0,155	0,810±0,024	5,225	0,809	5,493	0,818
Ce ₂ O ₃	5,144±0,174	0,806±0,027	5,296	0,811	5,574	0,821
Gd ₂ O ₃	5,101±0,220	0,804±0,035	5,127	0,805	5,017	0,801
Gd ₂ (CO ₃) ₃ H ₂ O	5,039±0,272	0,802±0,043	5,017	0,801	4,908	0,796
Gd ₂ (C ₂ O ₄) ₃ H ₂ O	4,985±0,253	0,799±0,041	4,961	0,798	4,851	0,794
Gd ₂ (SO ₄) ₃	4,869±0,200	0,795±0,033	4,849	0,794	4,736	0,789
SmCl ₃ .6H ₂ O	4,882±0,176	0,795±0,029	4,543	0,780	4,624	0,784
Sm(NO ₃) ₃ .6H ₂ O	4,893±0,160	0,796±0,026	4,731	0,789	4,819	0,792
Sm ₂ O ₃	5,145±0,157	0,806±0,025	5,100	0,804	5,218	0,808
Sm ₂ (SO ₄) ₃	4,503±0,150	0,778±0,026	4,528	0,779	4,905	0,796

Çizelge 4.25. Deneysel ve teorik moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin sıçrama faktörü değerleri.

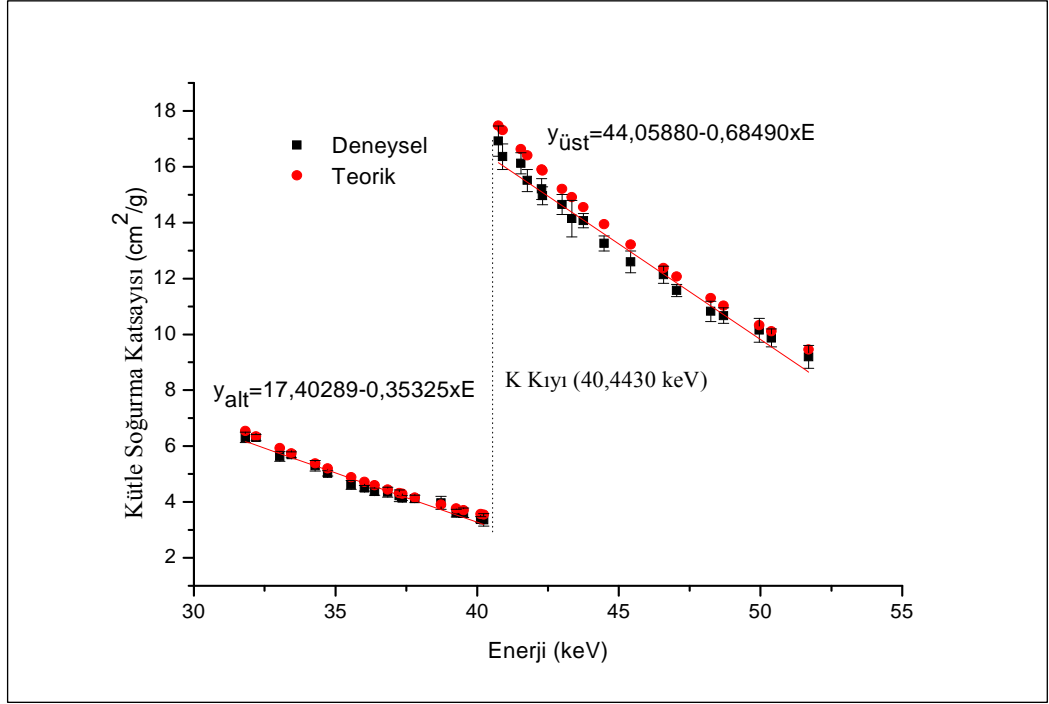
Numune	Moleküler Tesir Kesiti Sıçrama Faktörü (J_{σ_M})			Atomik Tesir Kesiti Sıçrama Faktörü (J_{σ_A})			Elektronik Tesir Kesiti Sıçrama Faktörü (J_{σ_E})	
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	WinXCOM	FFAST
CeCl ₃ .7H ₂ O	0,788±0,026	0,782	0,792	0,788±0,026	0,782	0,792	0,657	0,670
Ce(SO ₄) ₂	0,801±0,020	0,798	0,802	0,801±0,020	0,798	0,802	0,744	0,757
Ce(OH) ₄	0,809±0,024	0,809	0,818	0,809±0,024	0,809	0,818	0,770	0,779
Ce ₂ O ₃	0,806±0,027	0,811	0,821	0,806±0,027	0,811	0,821	0,803	0,812
Gd ₂ O ₃	0,804±0,035	0,805	0,801	0,804±0,035	0,805	0,801	0,795	0,791
Gd ₂ (CO ₃) ₃ H ₂ O	0,802±0,043	0,801	0,796	0,802±0,044	0,801	0,796	0,757	0,751
Gd ₂ (C ₂ O ₄) ₃ H ₂ O	0,799±0,041	0,798	0,794	0,799±0,041	0,798	0,794	0,739	0,733
Gd ₂ (SO ₄) ₃	0,795±0,033	0,794	0,789	0,795±0,033	0,794	0,789	0,739	0,733
SmCl ₃ .6H ₂ O	0,795±0,029	0,780	0,784	0,795±0,029	0,780	0,784	0,658	0,663
Sm(NO ₃) ₃ .6H ₂ O	0,796±0,026	0,789	0,792	0,796±0,026	0,789	0,792	0,650	0,652
Sm ₂ O ₃	0,806±0,025	0,804	0,808	0,806±0,025	0,804	0,808	0,795	0,799
Sm ₂ (SO ₄) ₃	0,778±0,026	0,779	0,796	0,778±0,026	0,779	0,796	0,738	0,744



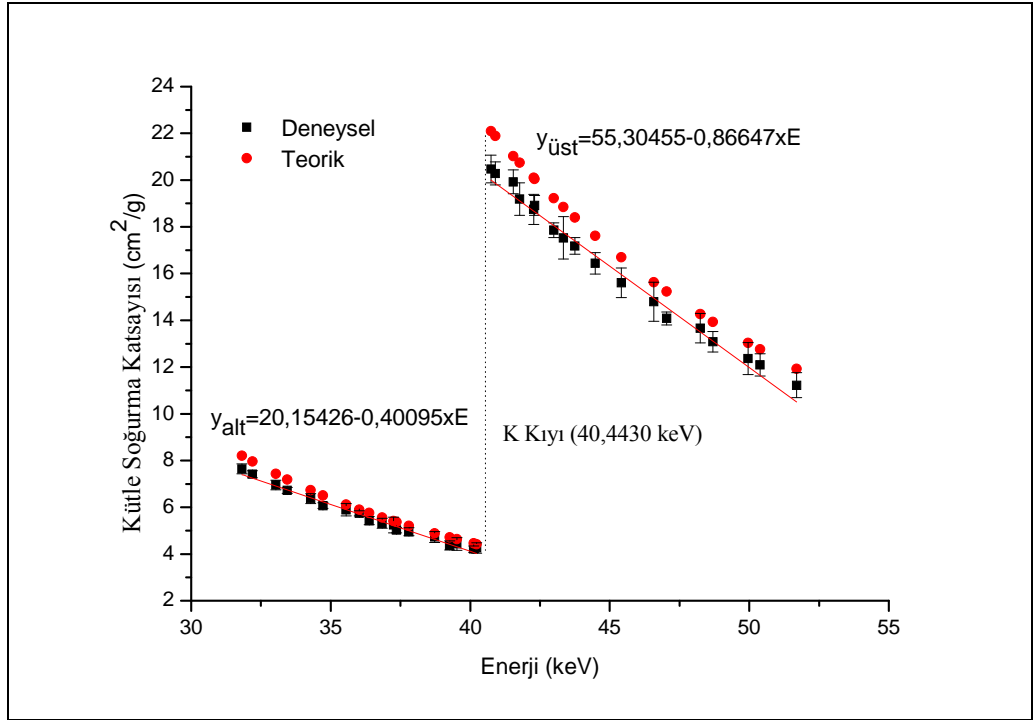
Şekil 4.8.a. $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



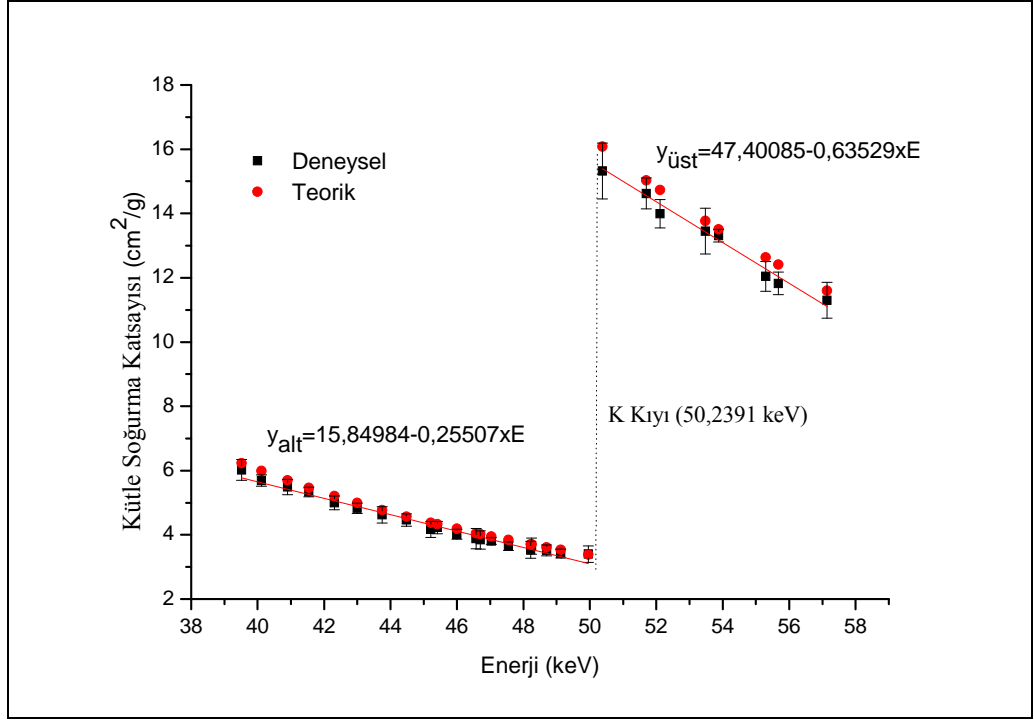
Şekil 4.8.b. $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



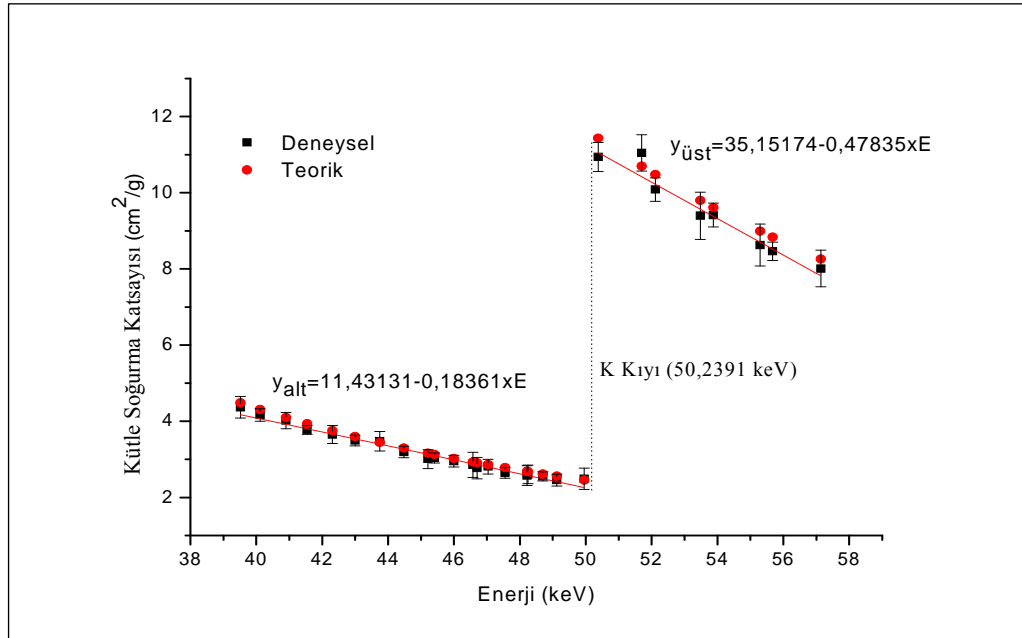
Şekil 4.8.c. $\text{Ce}(\text{OH})_4$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



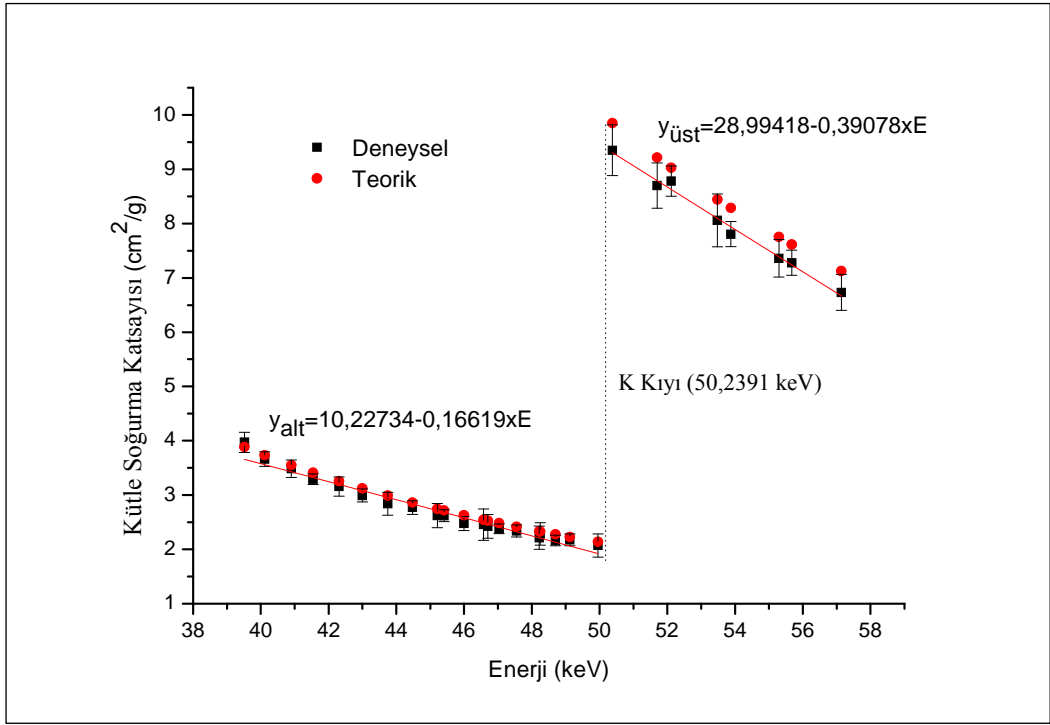
Şekil 4.8.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



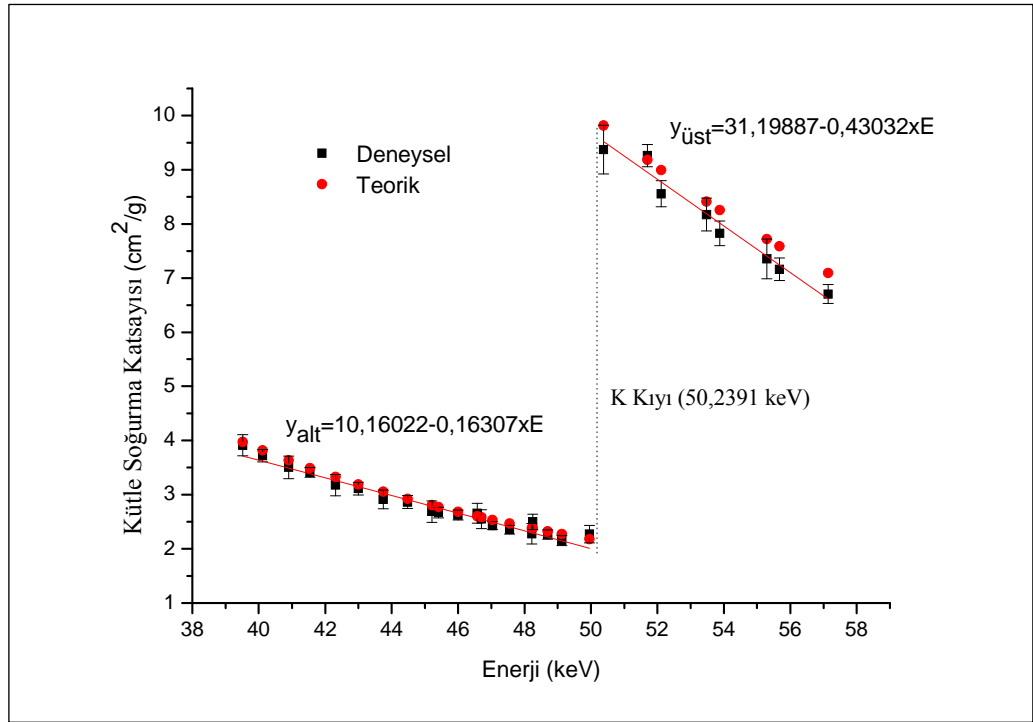
Şekil 4.8.e. Gd_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



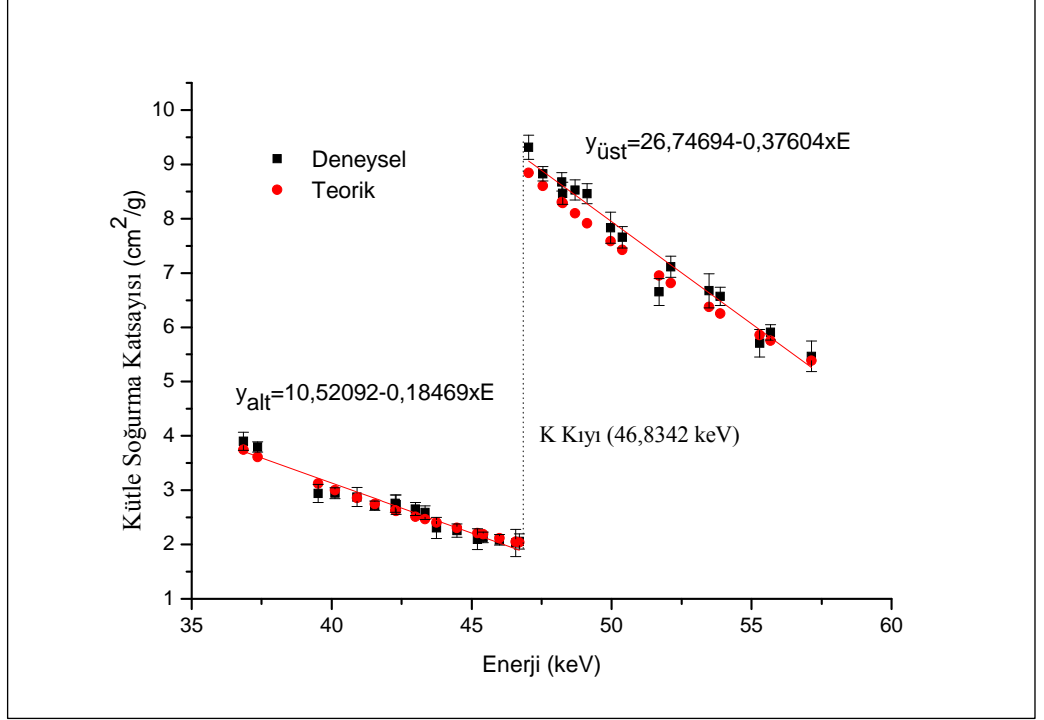
Şekil 4.8.f. $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



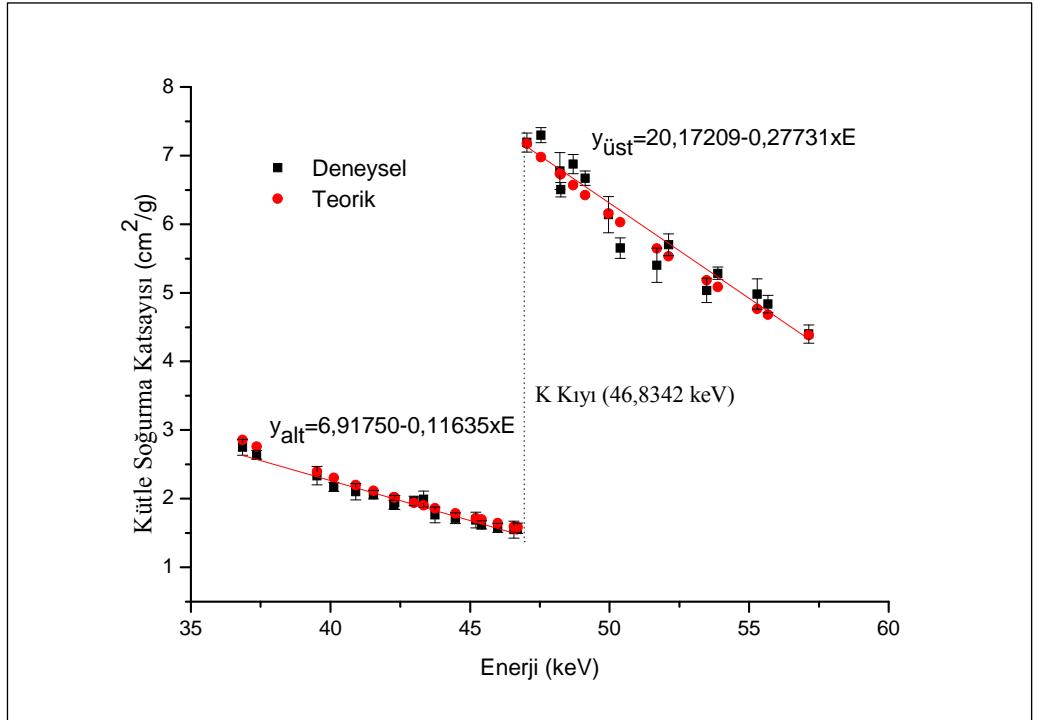
Şekil 4.8.g. $\text{Gd}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



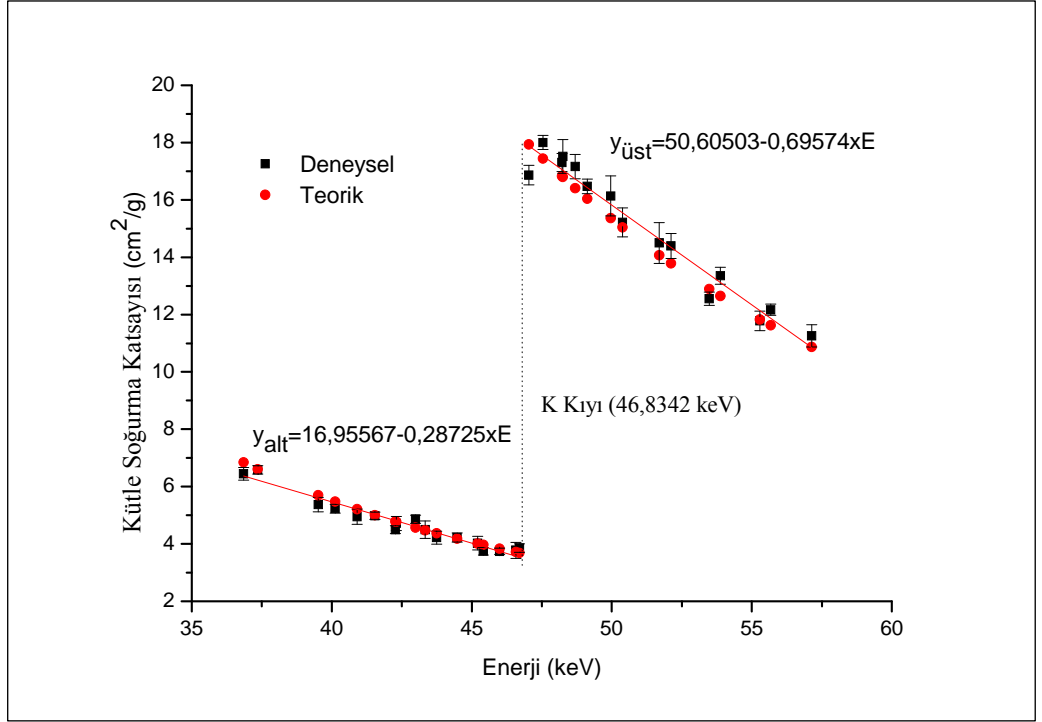
Şekil 4.8.h. $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



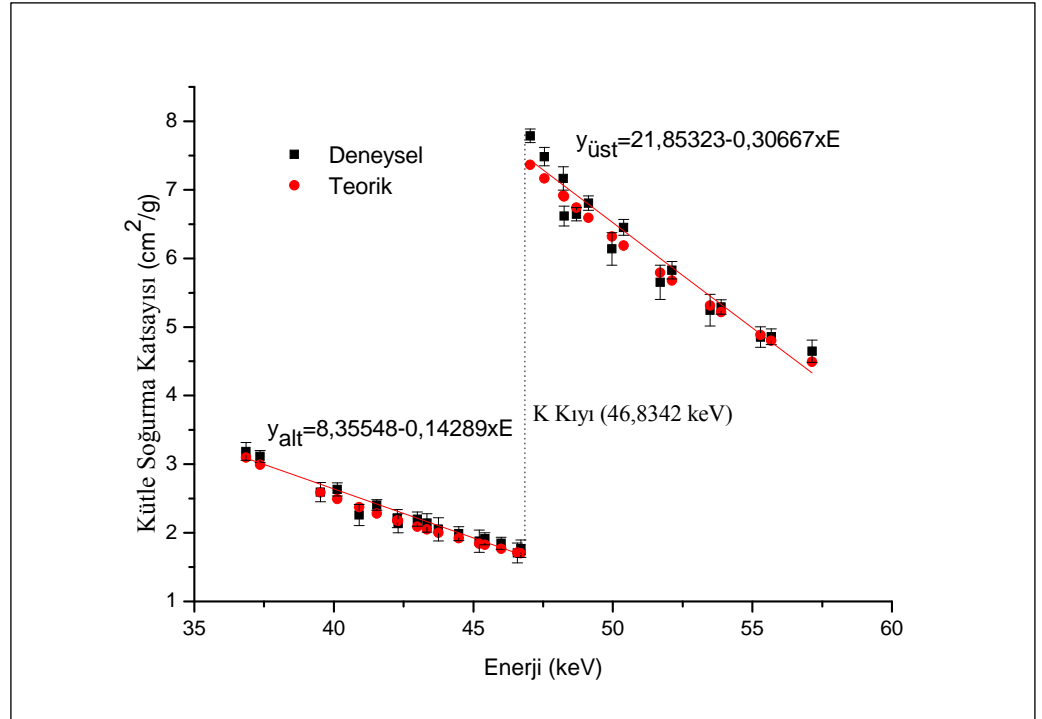
Şekil 4.8.i. $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



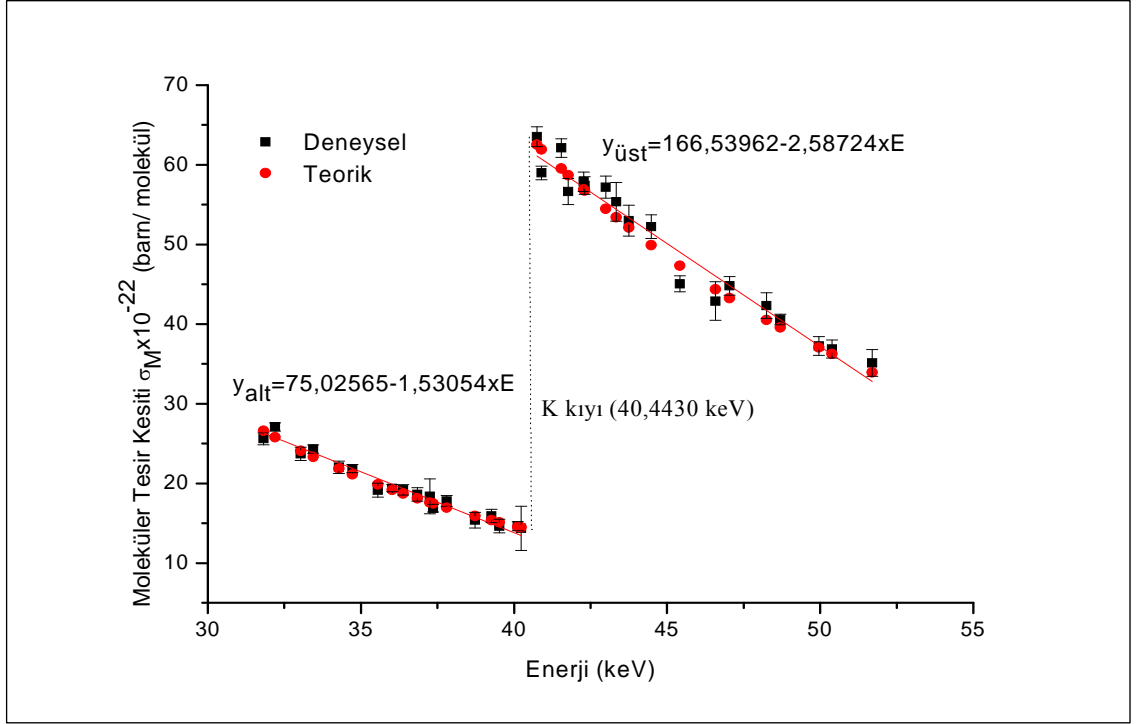
Şekil 4.8.j. $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



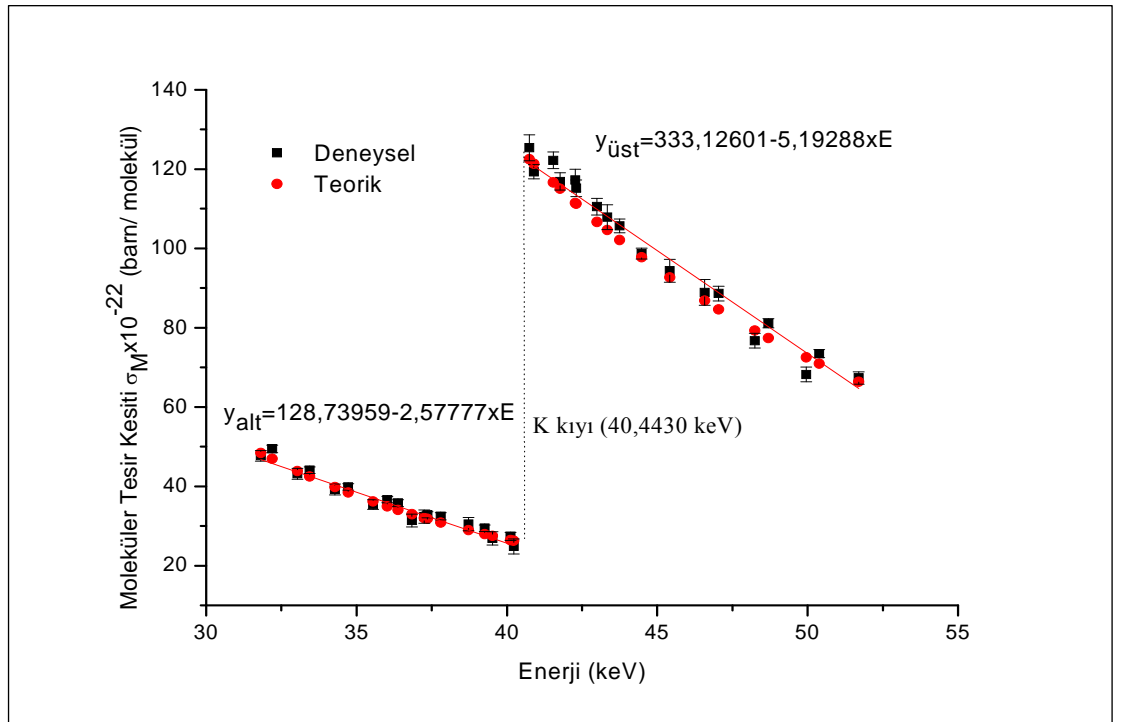
Şekil 4.8.k. Sm_2O_3 için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



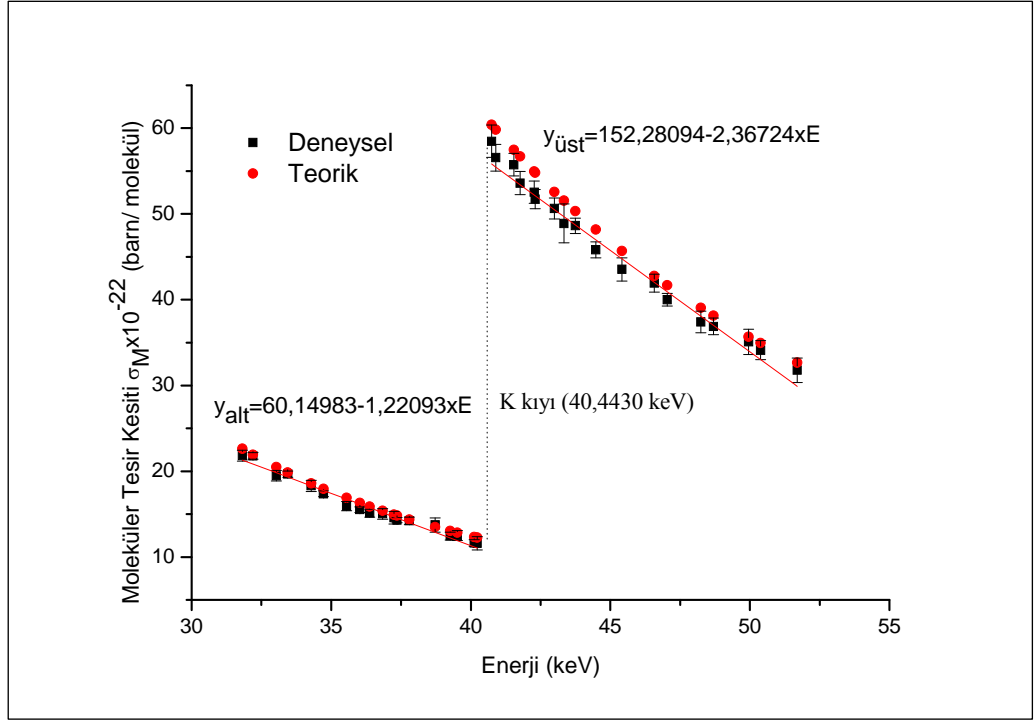
Şekil 4.8.l. $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



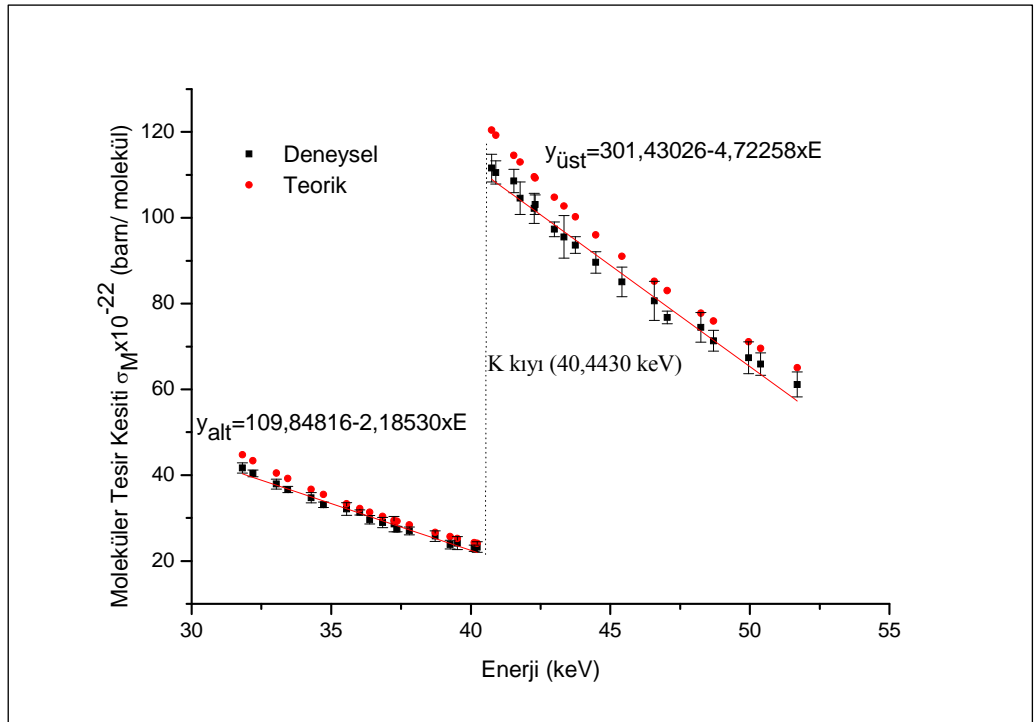
Şekil 4.9.a. $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



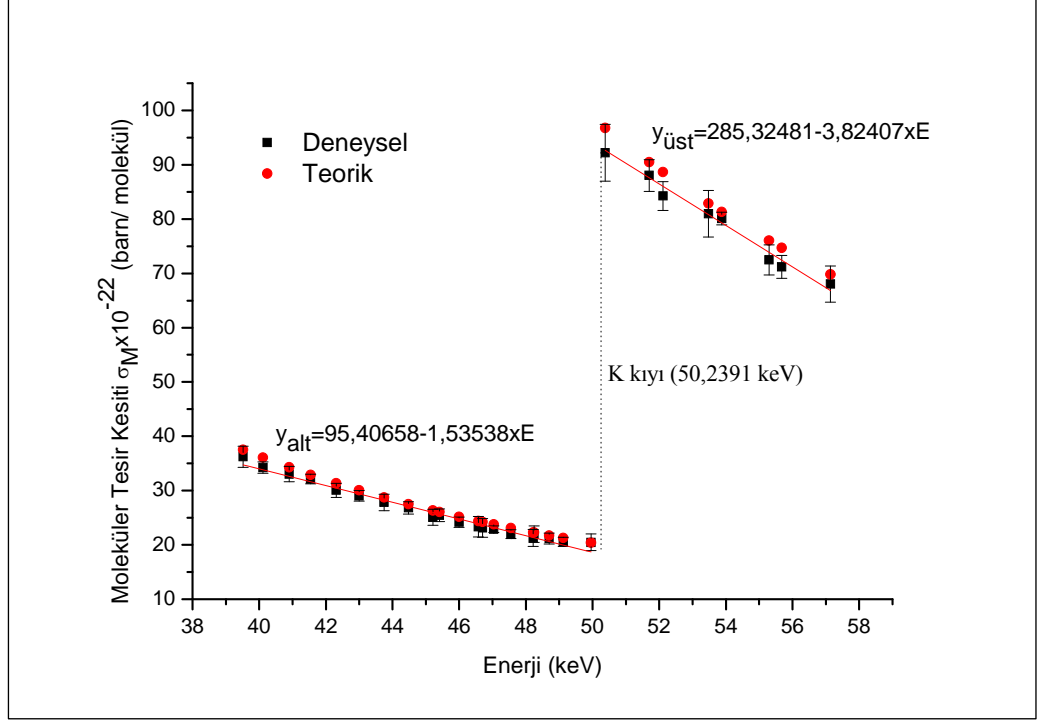
Şekil 4.9.b. $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



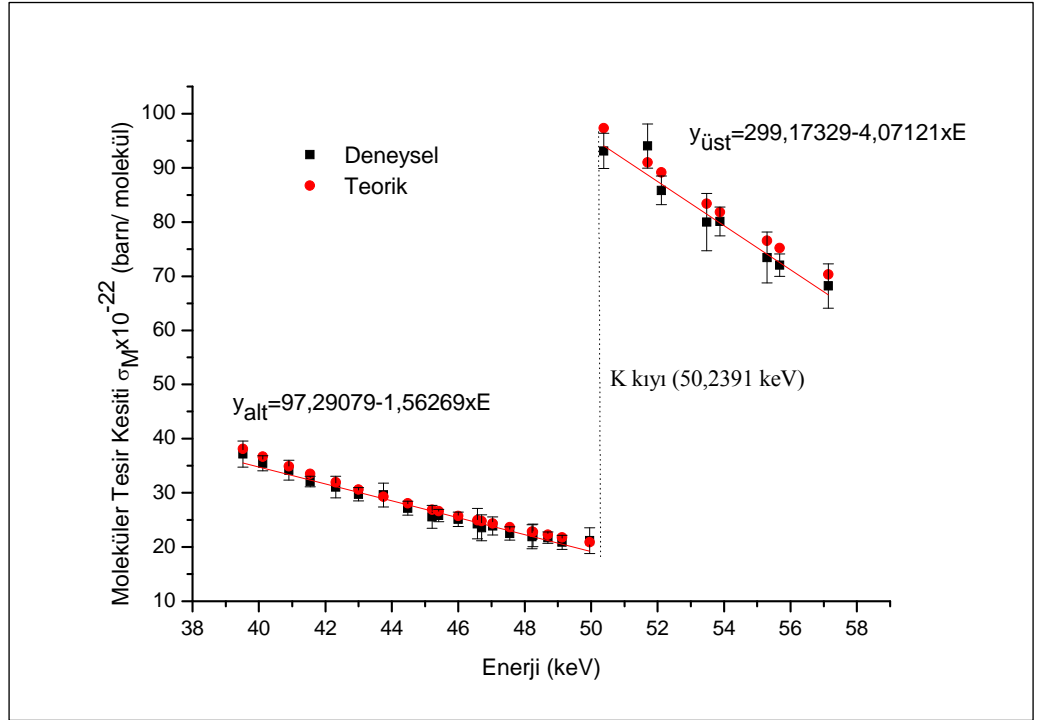
Şekil 4.9.c. $\text{Ce}(\text{OH})_4$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



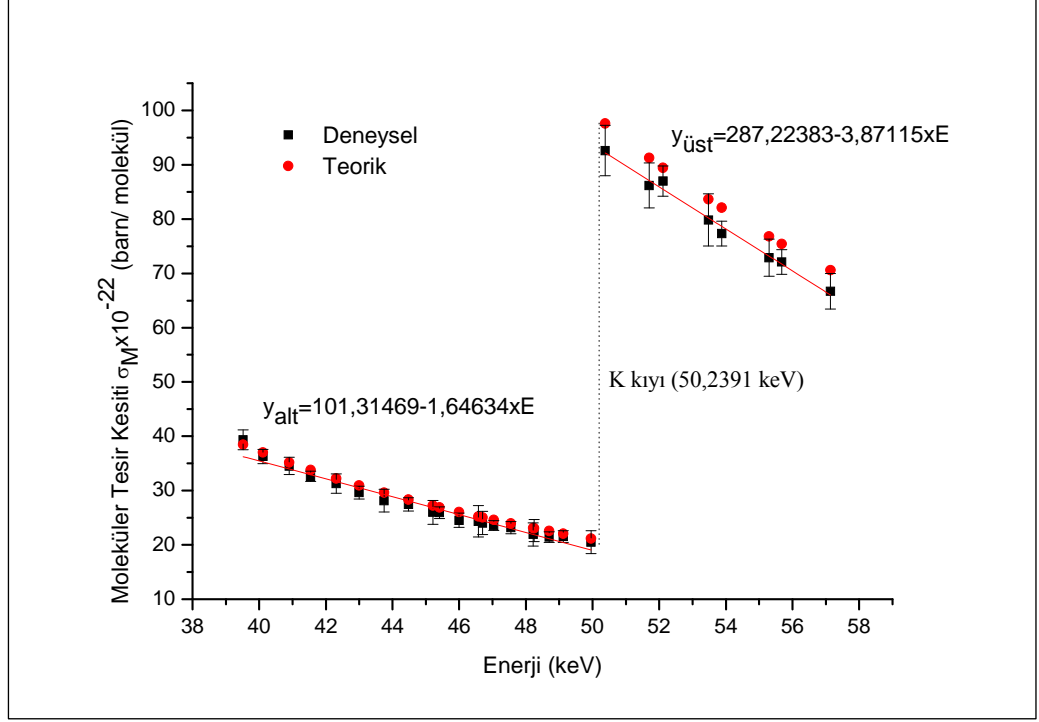
Şekil 4.9.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



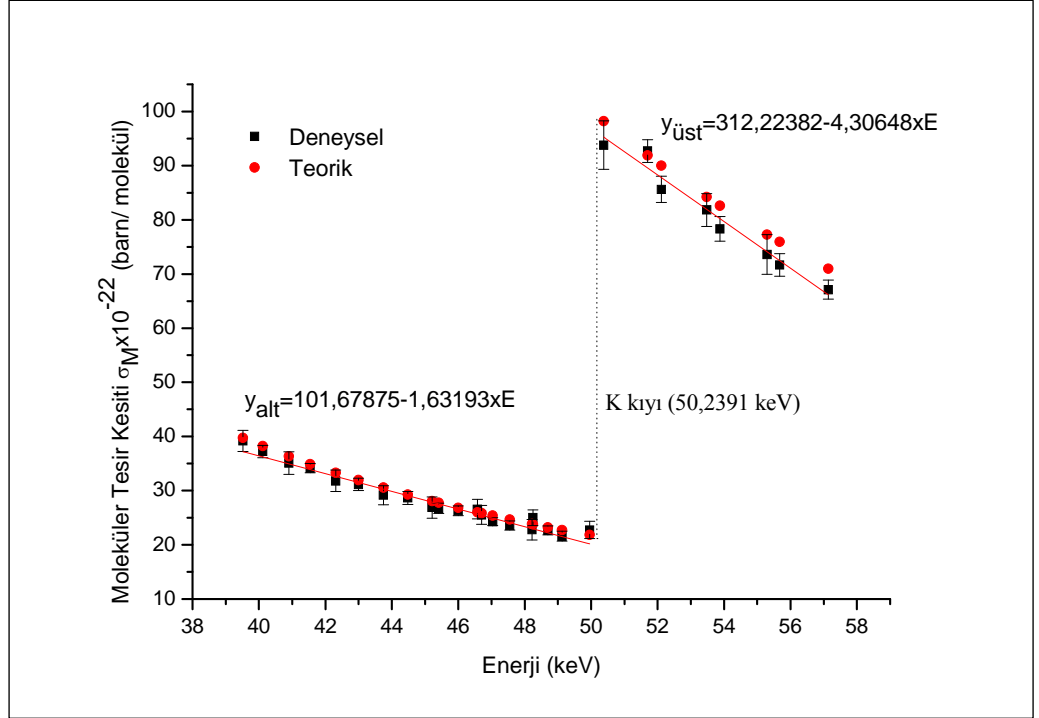
Şekil 4.9.e. Gd_2O_3 için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



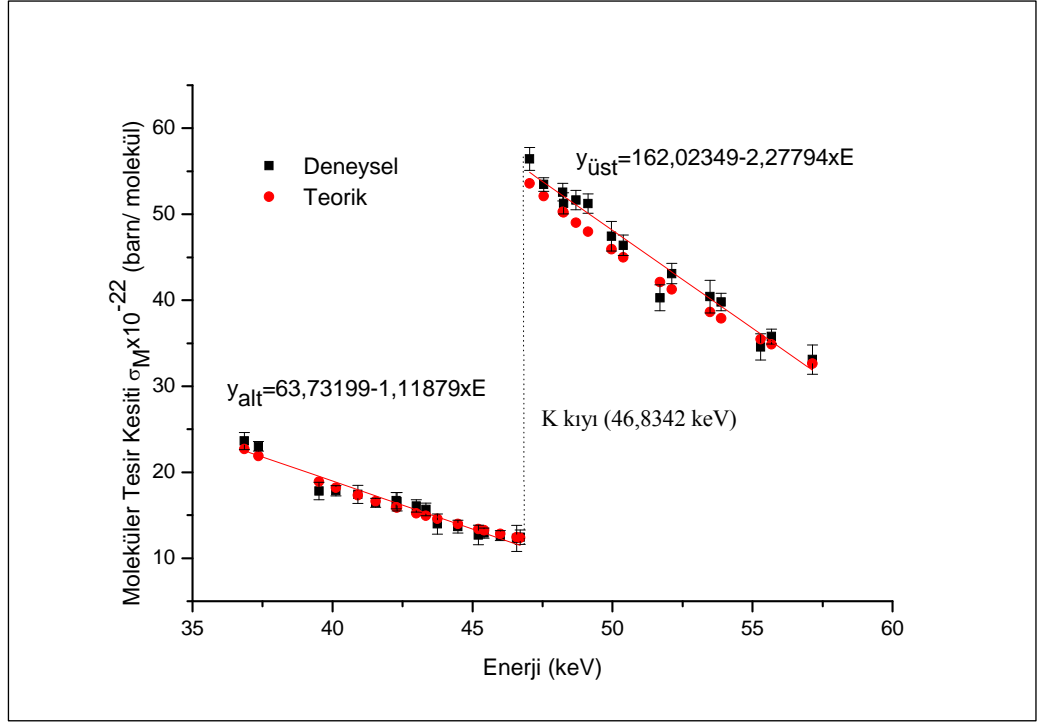
Şekil 4.9.f. $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



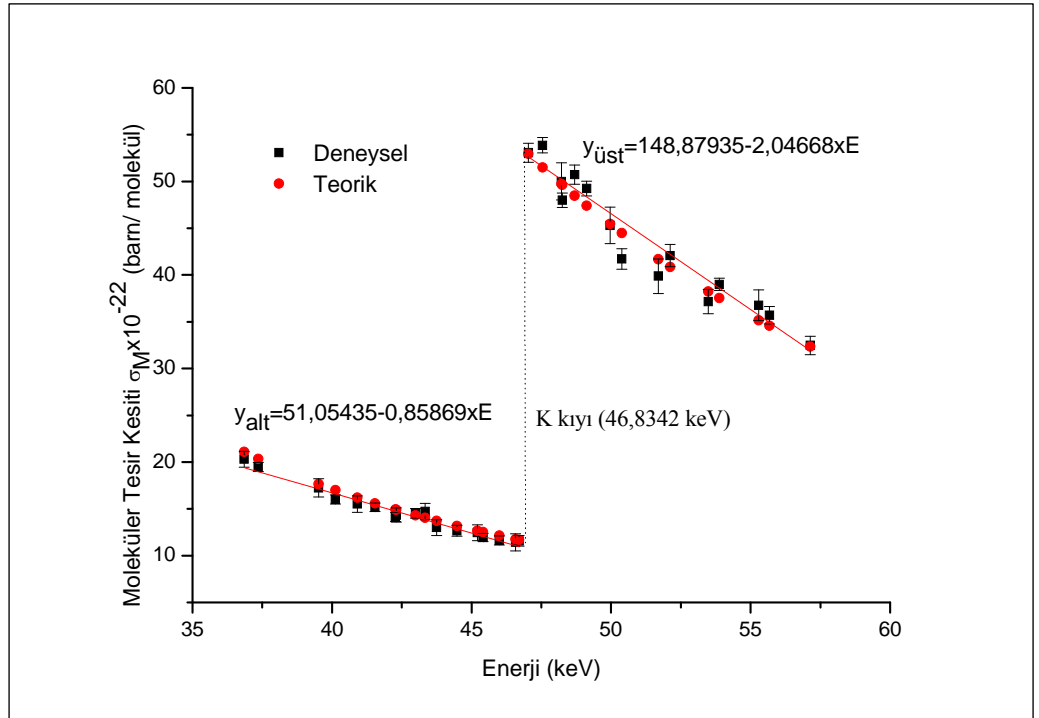
Şekil 4.9.g. $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



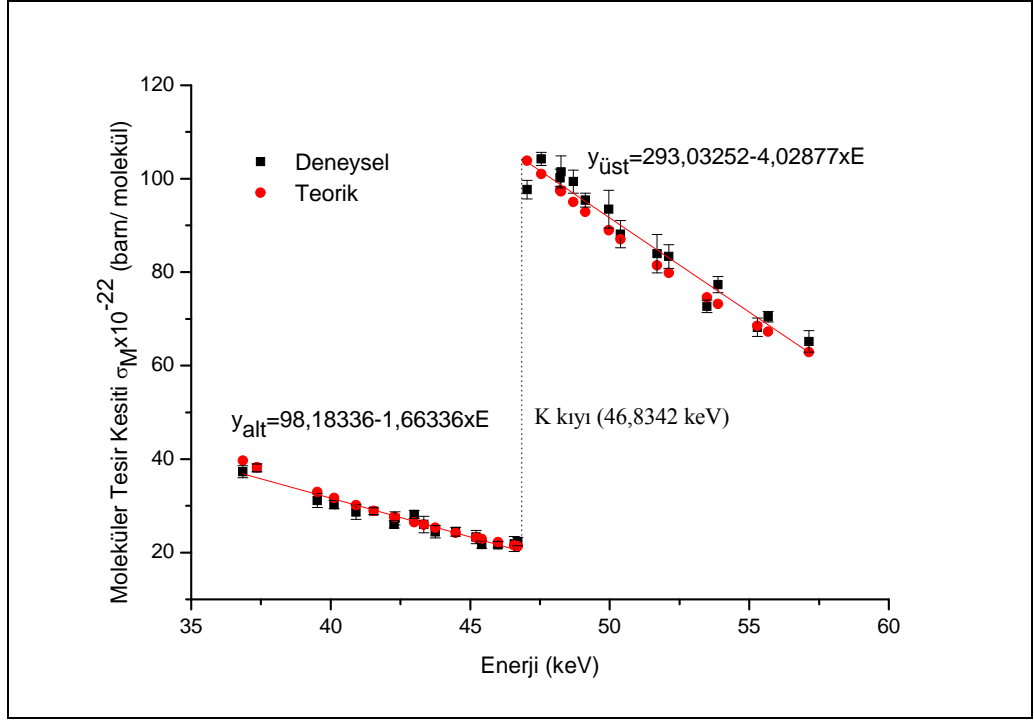
Şekil 4.9.h. $Gd_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



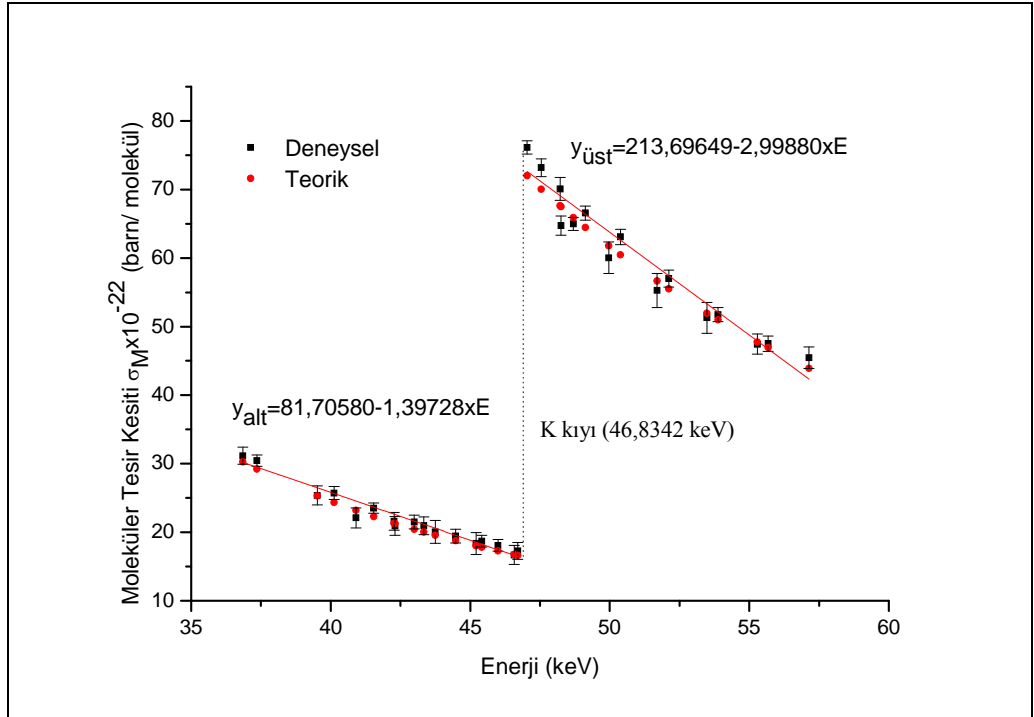
Şekil 4.9.i. $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



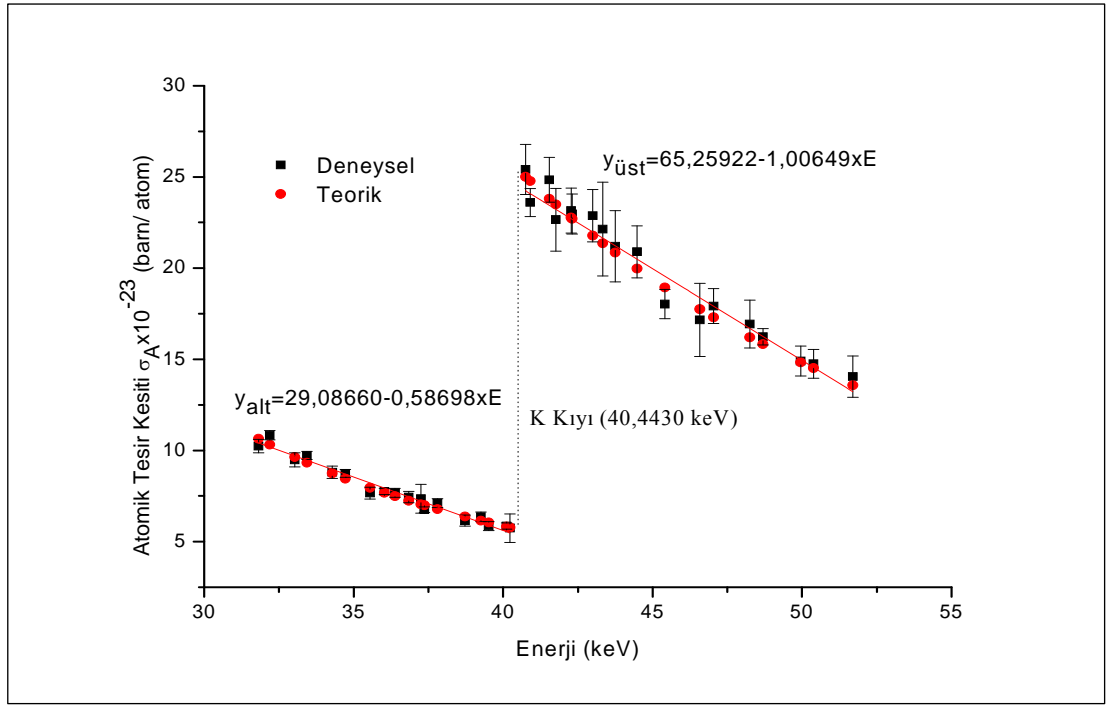
Şekil 4.9.j. $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



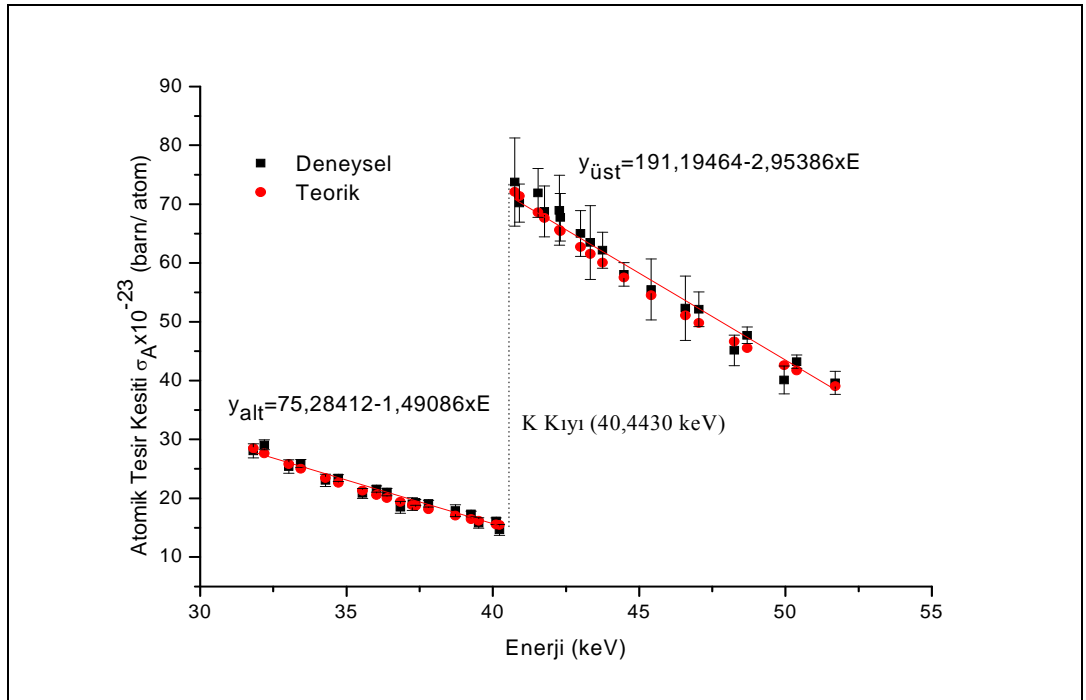
Şekil 4.9.k. Sm_2O_3 için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



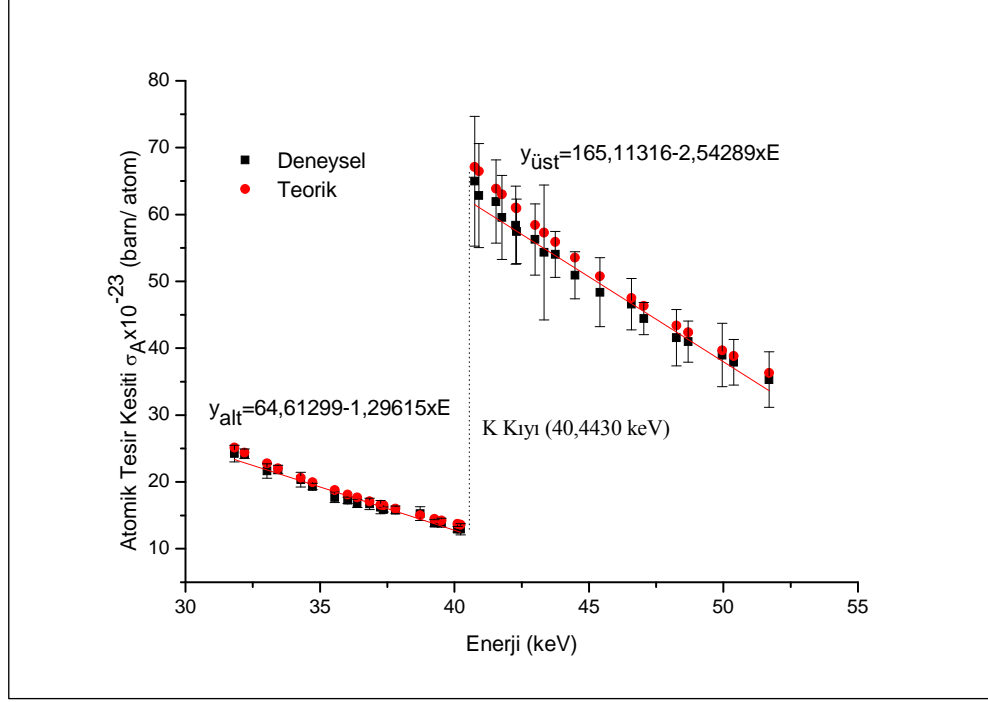
Şekil 4.9.l. $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ için K kıyısı çevresinde moleküler tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



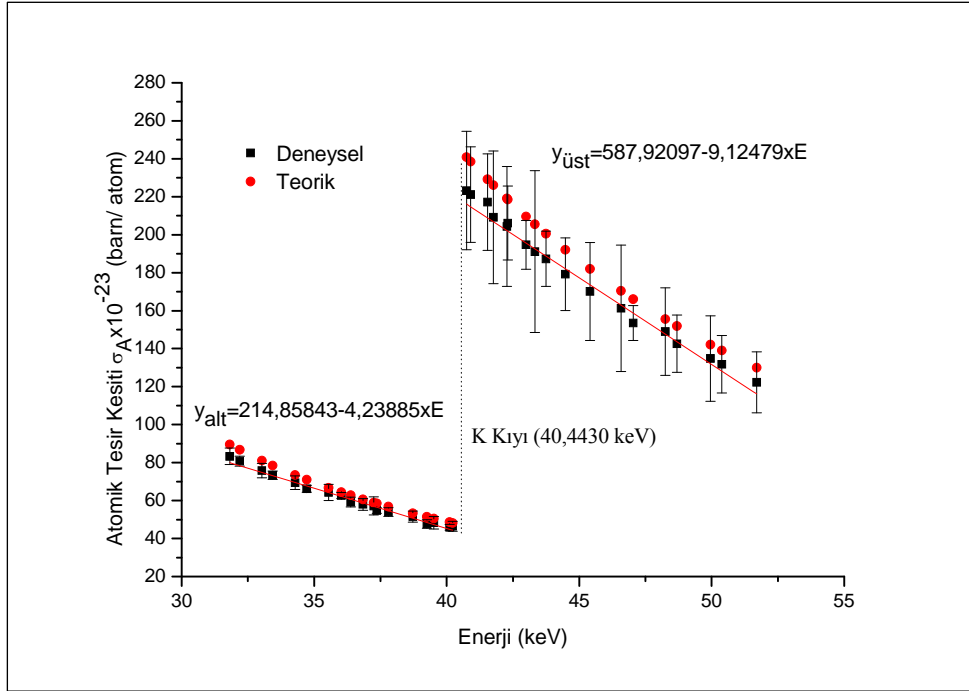
Şekil 4.10.a. $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



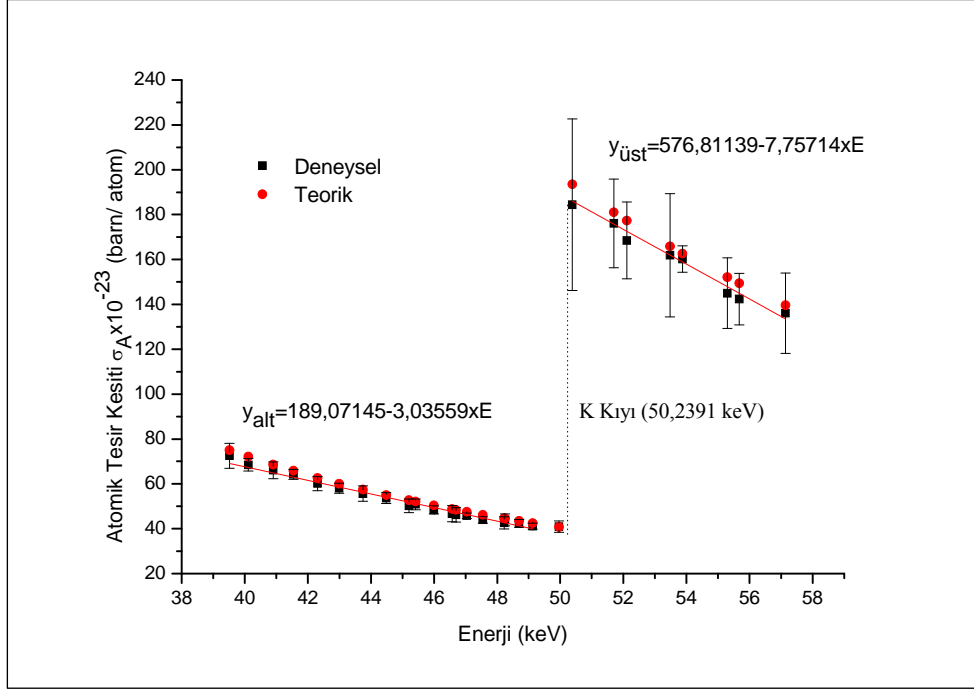
Şekil 4.10.b. $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



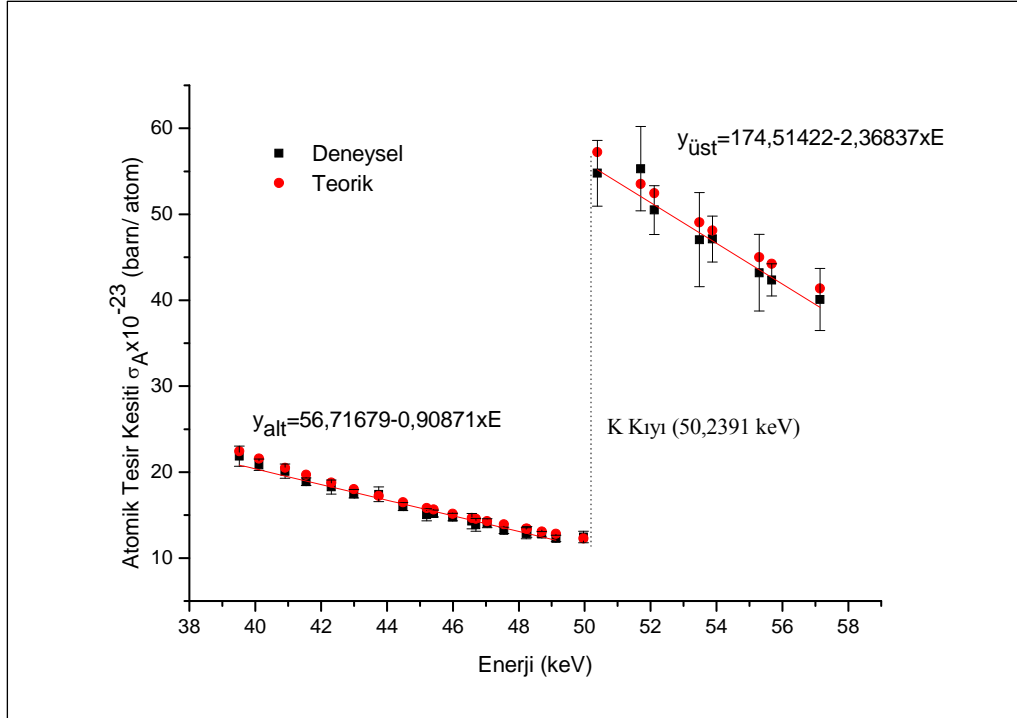
Şekil 4.10.c. Ce(OH)₄ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



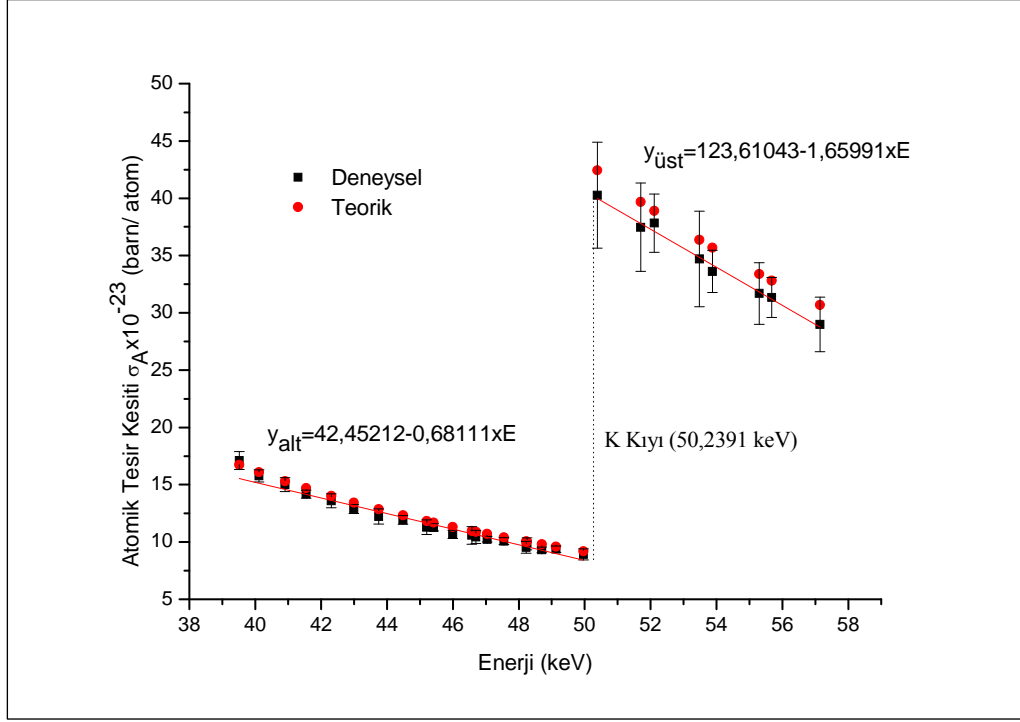
Şekil 4.10.d. Ce₂O₃ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



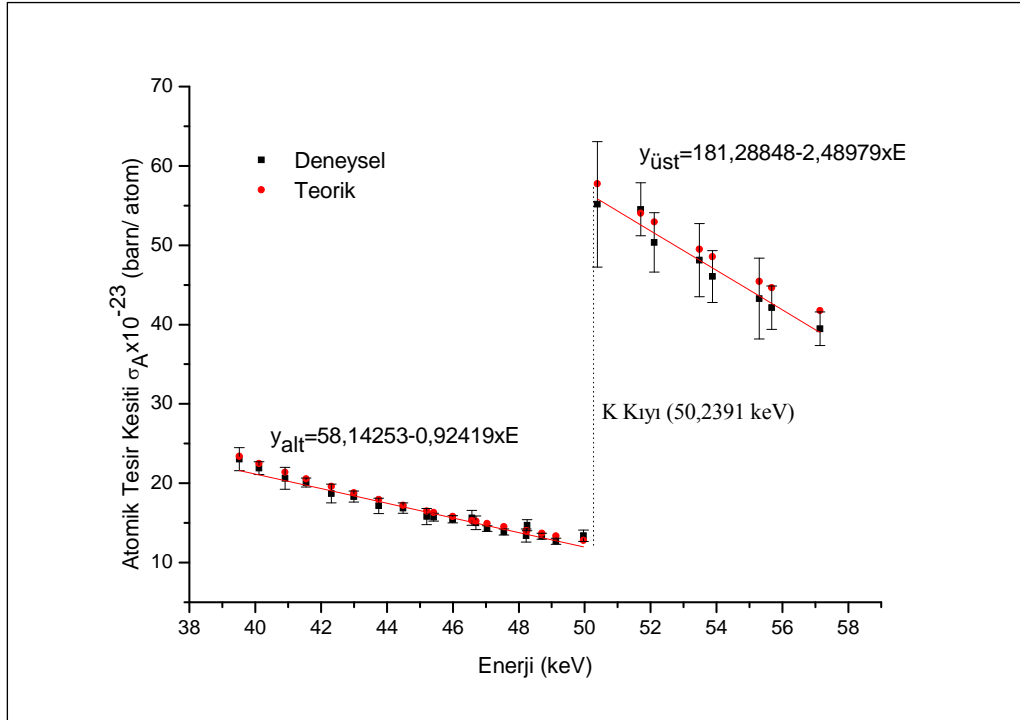
Şekil 4.10.e. Gd_2O_3 için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



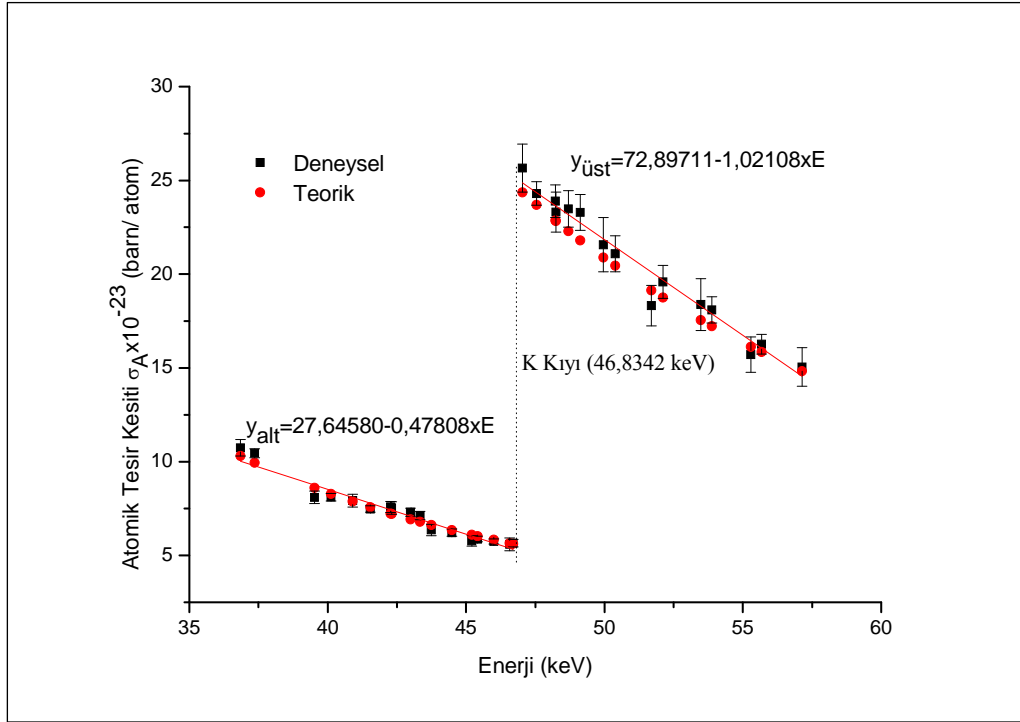
Şekil 4.10.f. $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



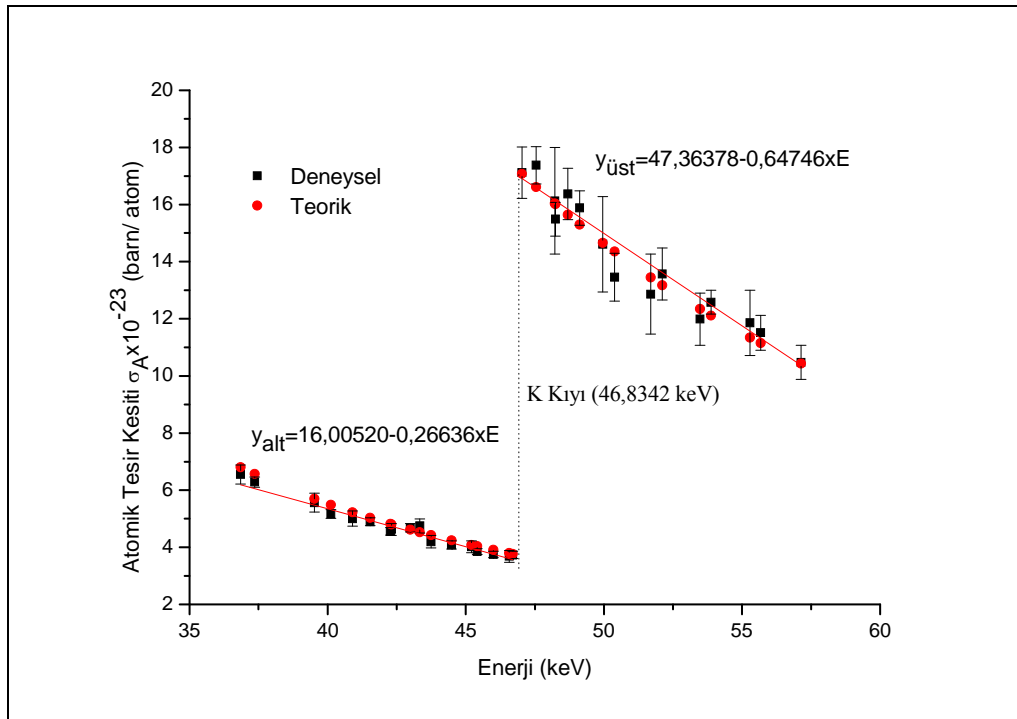
Şekil 4.10.g. $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



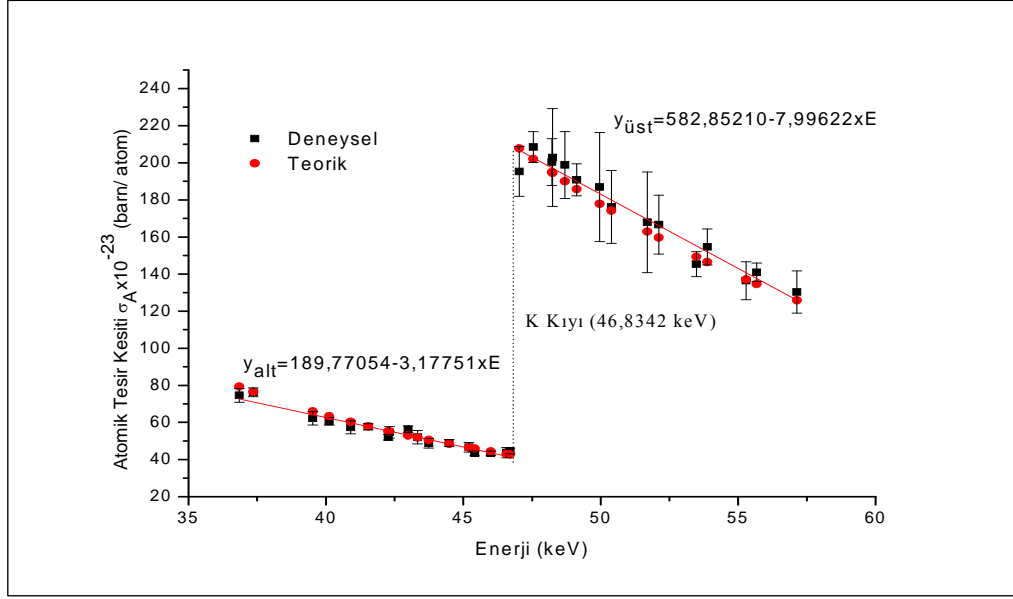
Şekil 4.10.h. $Gd_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



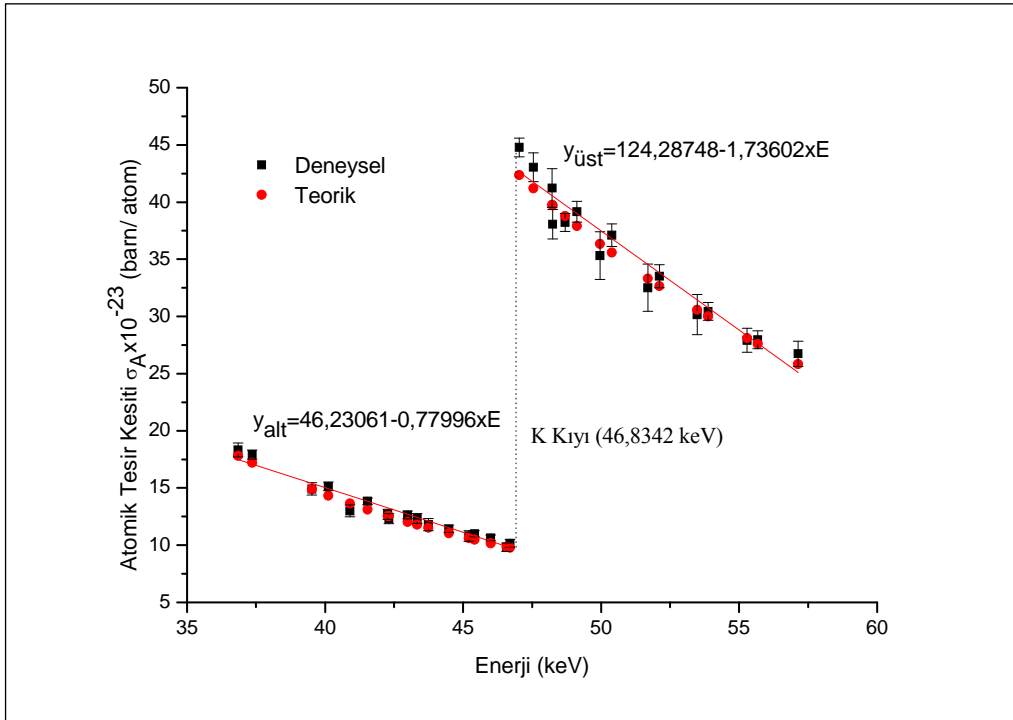
Şekil 4.10.i. $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



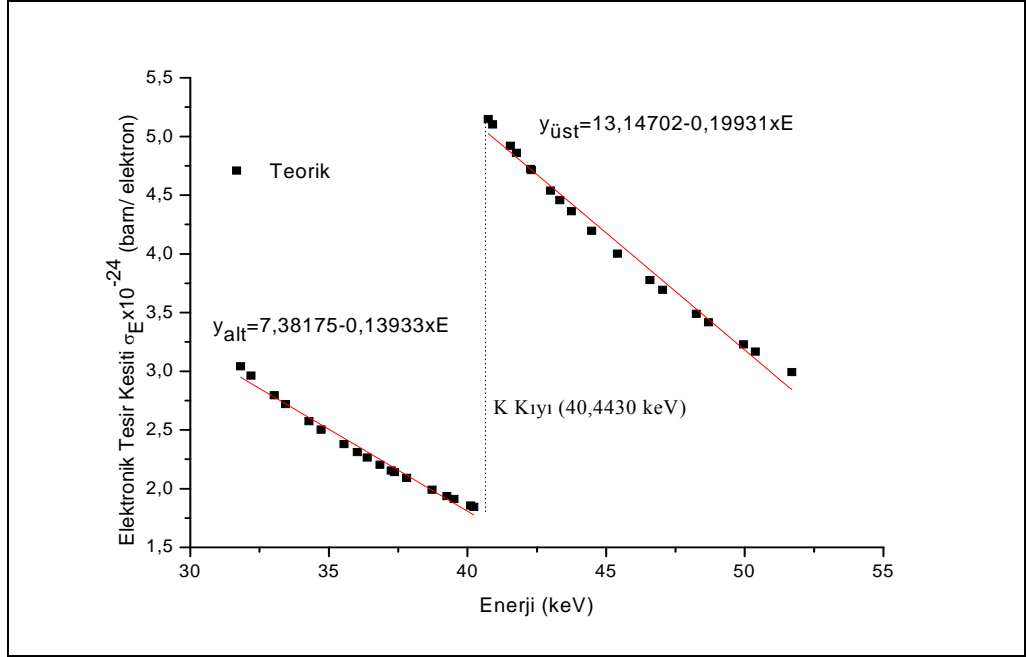
Şekil 4.10.j. $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



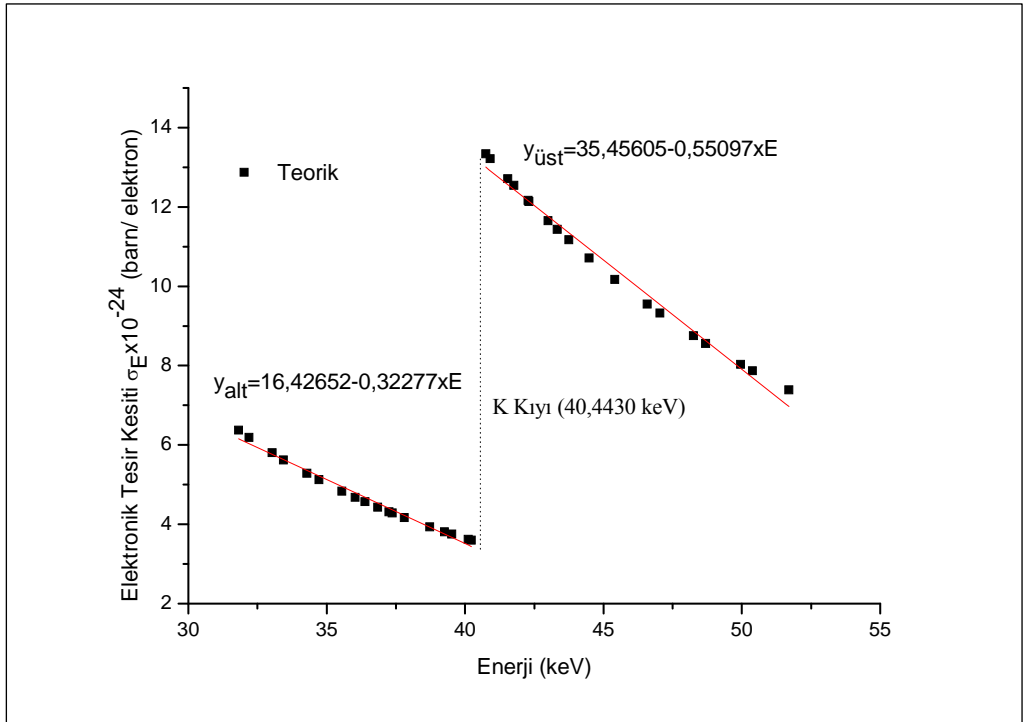
Şekil 4.10.k. Sm_2O_3 için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



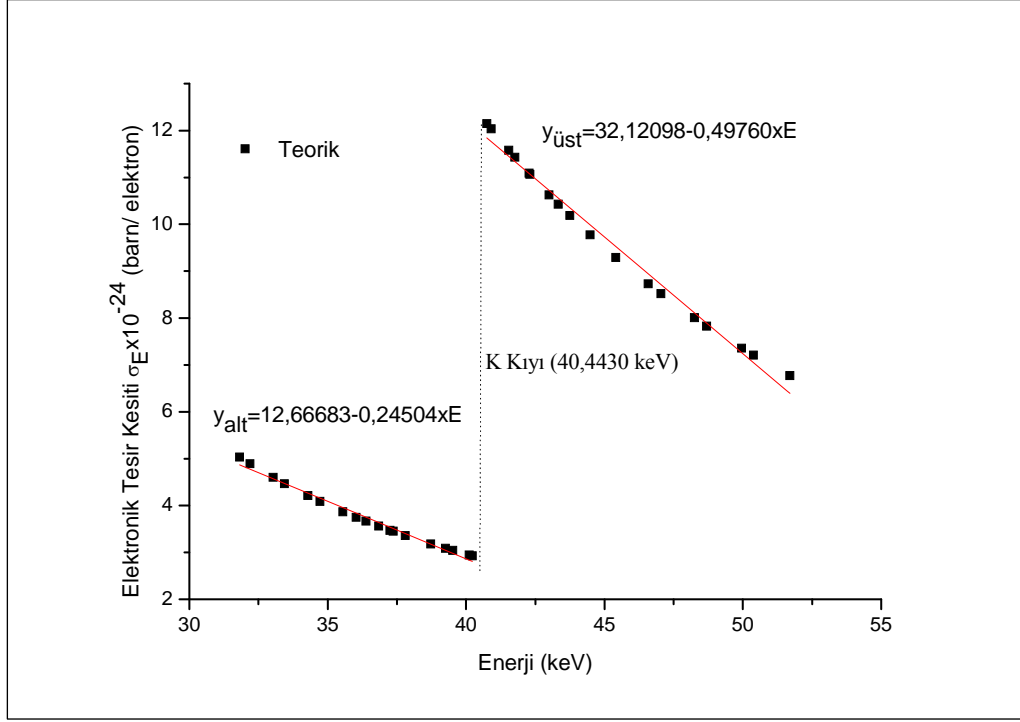
Şekil 4.10.l. $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)$ için K kıyısı çevresinde atomik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



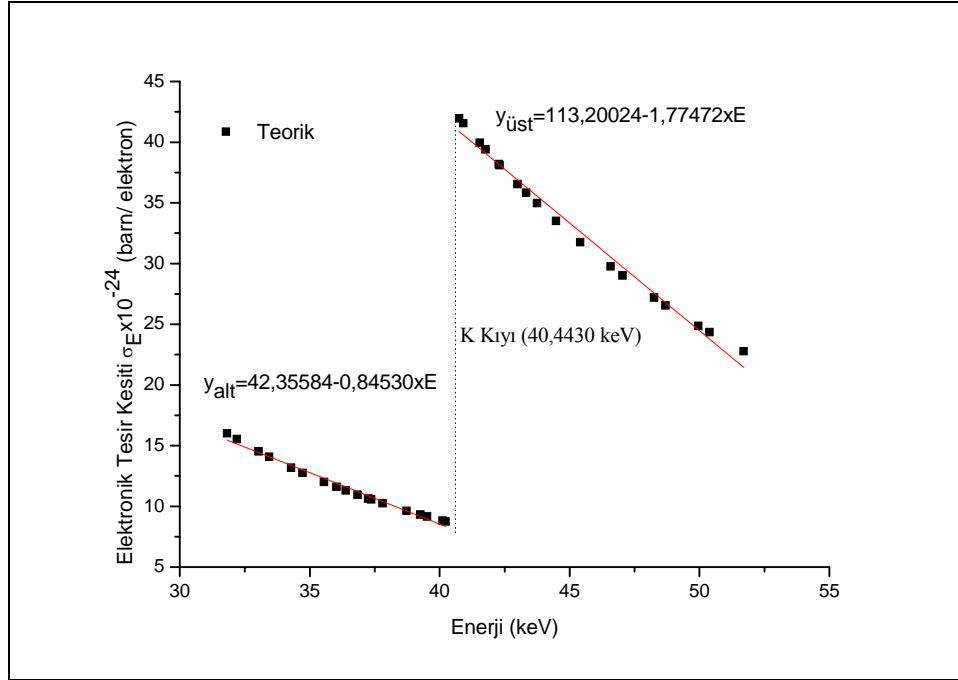
Şekil 4.11.a. $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



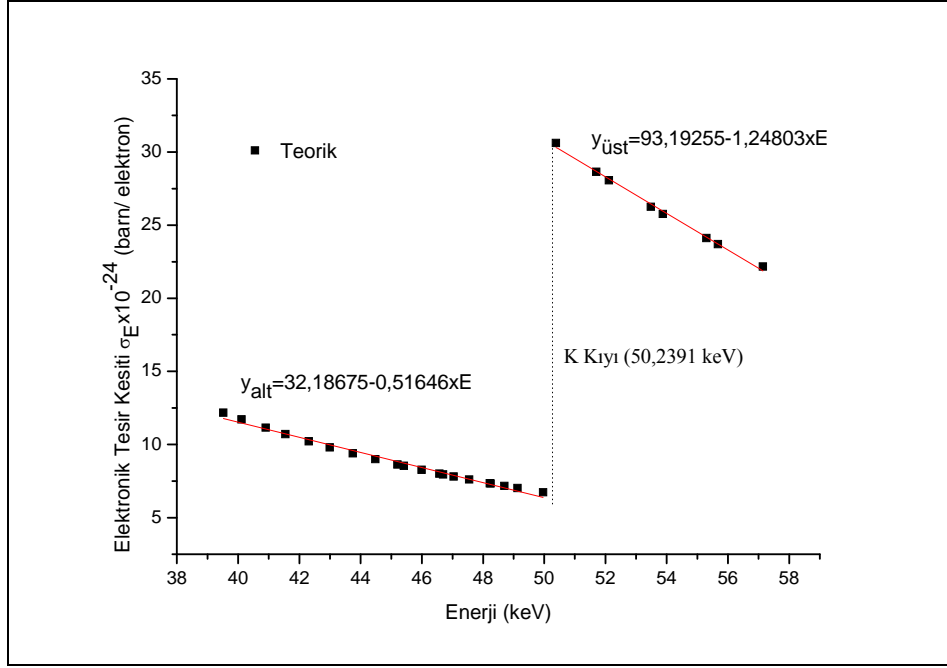
Şekil 4.11.b. $\text{Ce}(\text{SO}_4)_3$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



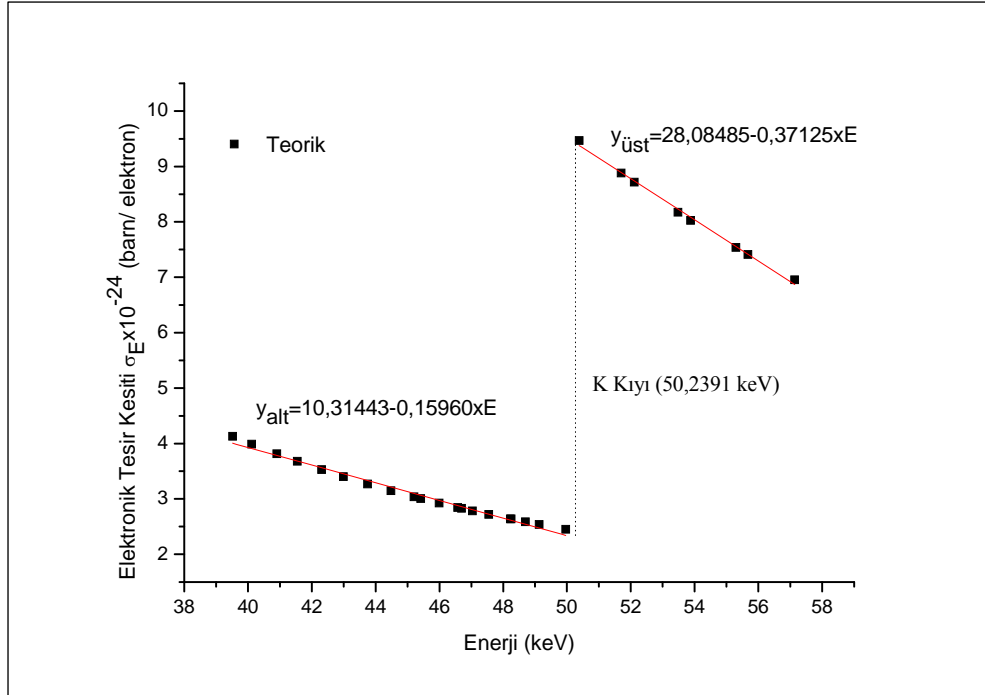
Şekil 4.11.c. Ce(OH)_4 için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



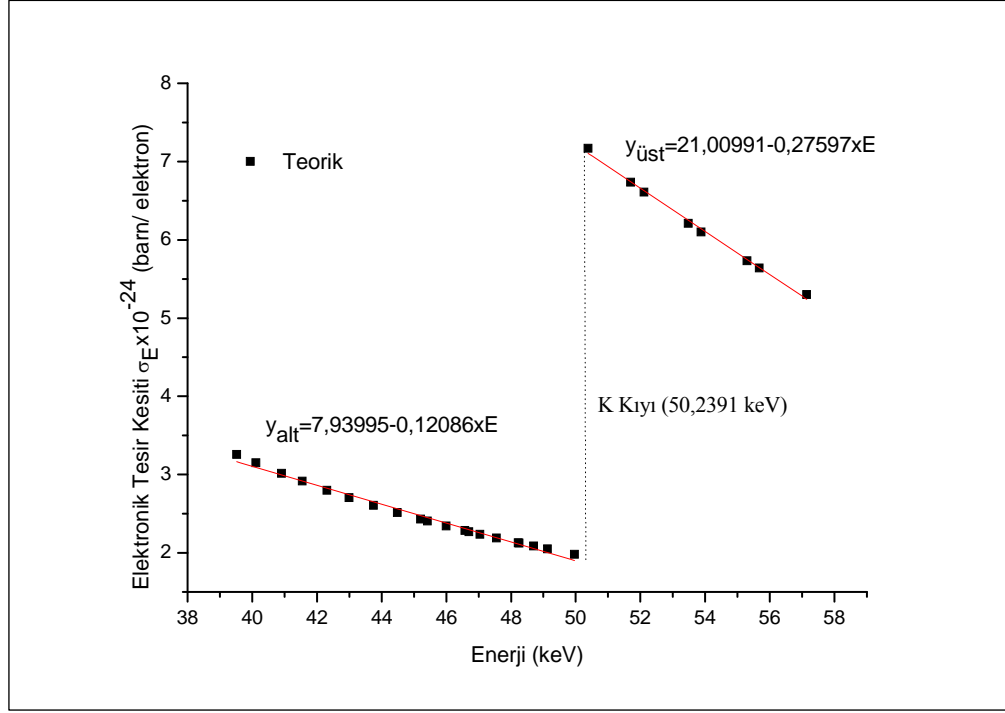
Şekil 4.11.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



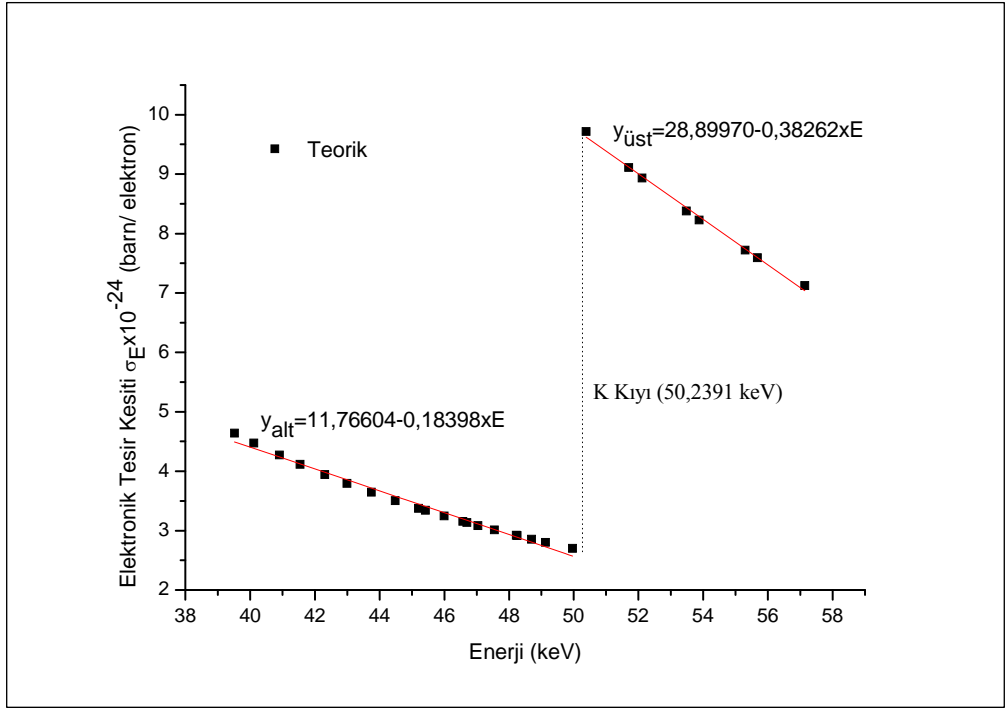
Şekil 4.11.e. Gd₂O₃ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



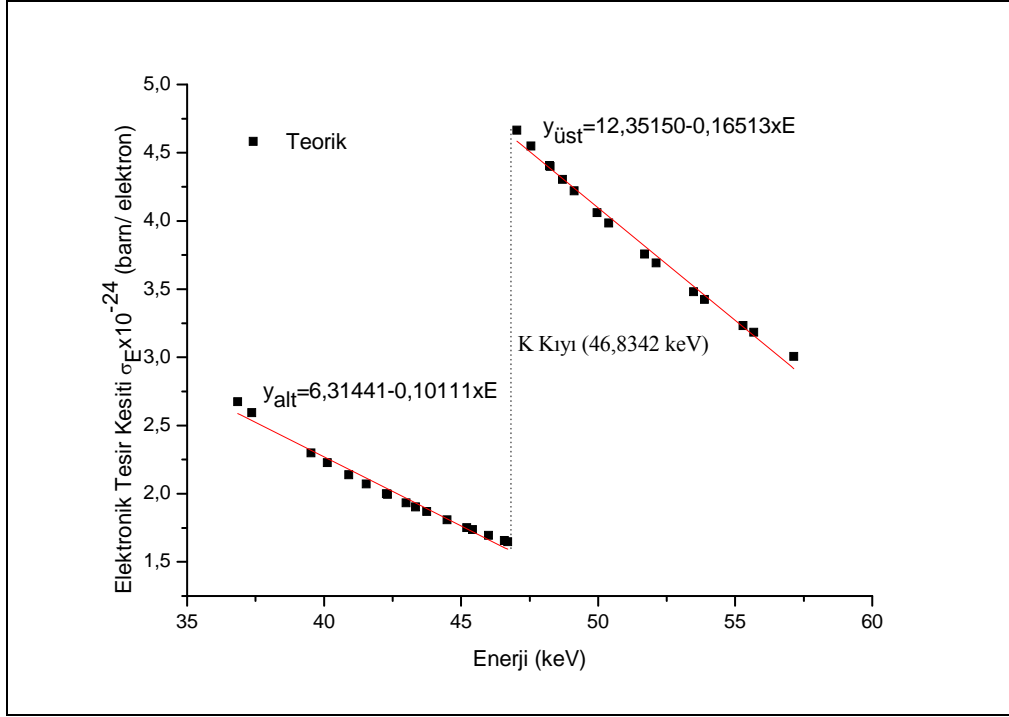
Şekil 4.11.f. Gd₂(CO₃)₃.H₂O için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



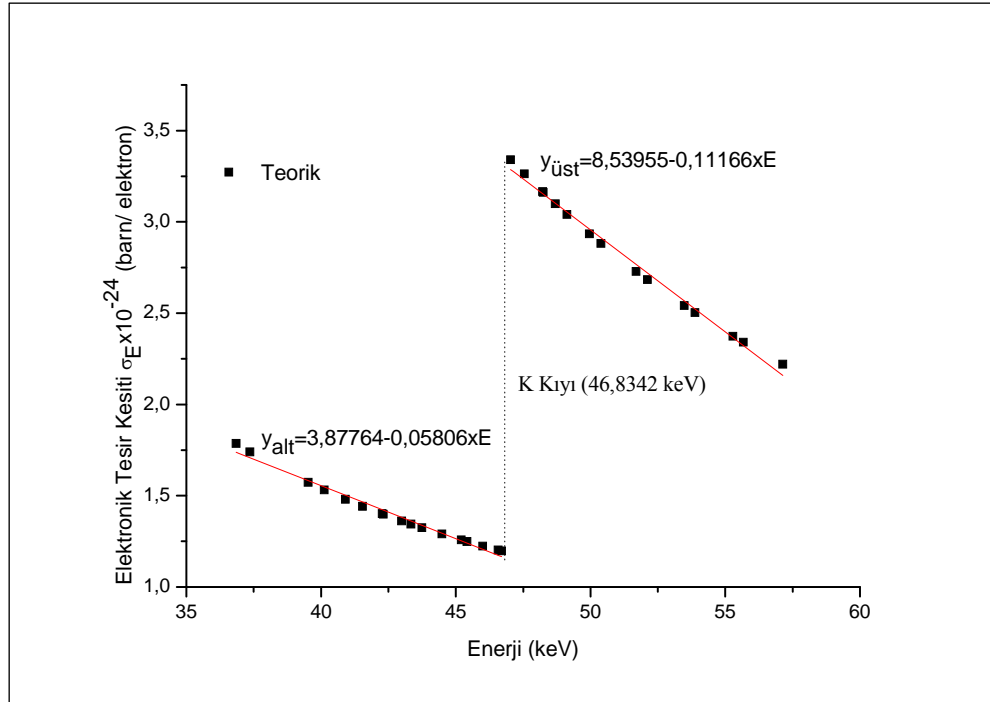
Şekil 4.11.g. $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



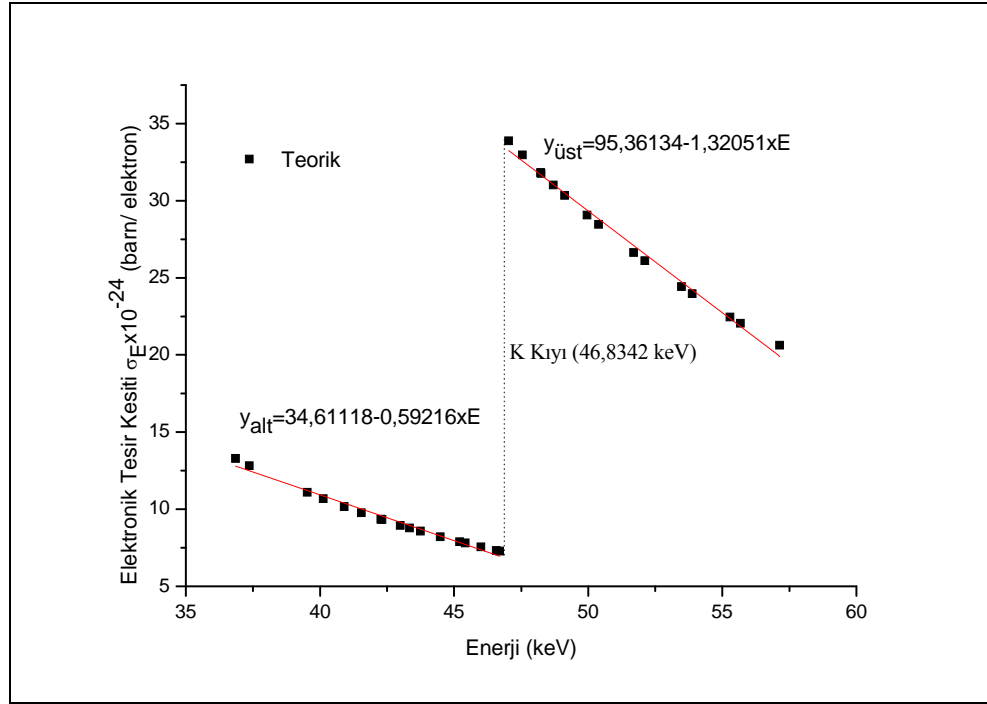
Şekil 4.11.h. $Gd_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



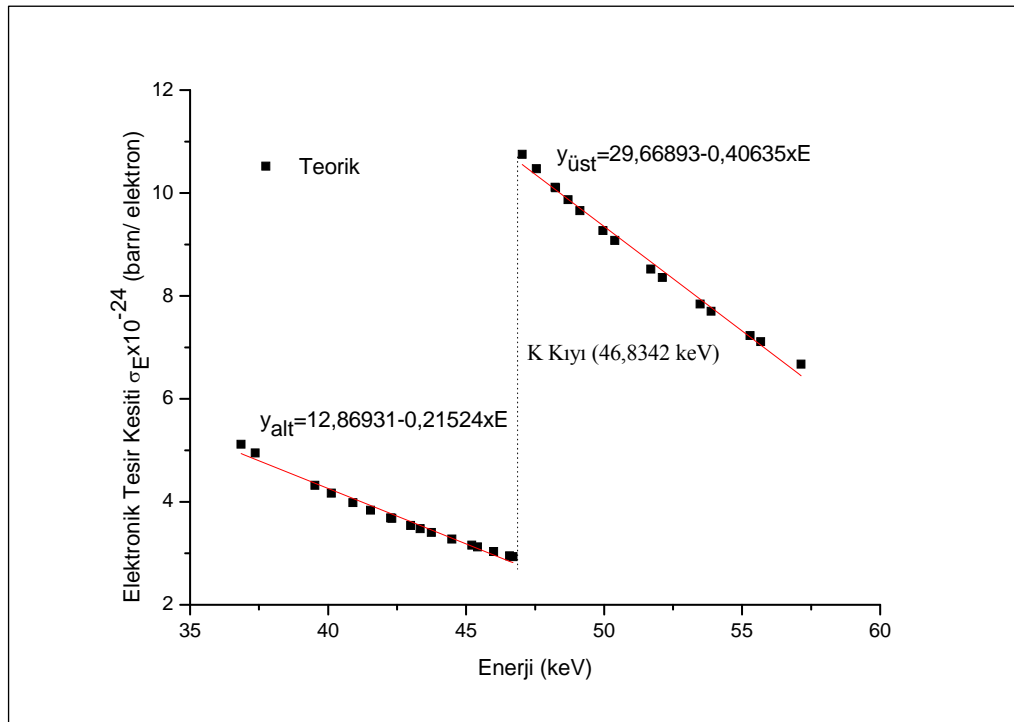
Şekil 4.11.i. $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.11.j. $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.11.k. Sm_2O_3 için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.11.l. $Sm_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde elektronik tesir kesitlerinin enerjiye göre değişimi

4.5. Etkin Atom Numarası ve Etkin Elektron Yoğunluğuna Ait Araştırma Bulguları

$CeCl_3 \cdot 7H_2O$, $Ce(SO_4)_2$, $Ce(OH)_4$, Ce_2O_3 , Gd_2O_3 , $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$, $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$, $Gd_2(SO_4)_3$, $SmCl_3 \cdot 6H_2O$, $Sm(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, Sm_2O_3 ve $Sm_2(SO_4)_3$ bileşikleri için bir önceki bölümde bulunan atomik ve elektronik tesir kesitleri yardımıyla aynı enerjilerde etkin atom numaraları belirlenmiştir. Elde edilen etkin atom numaraları yardımıyla etkin elektron yoğunlukları elde edilmiştir. Çizelge 4.26-4.31'de elde edilen deneysel sonuçlar teorik sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.12(a-l)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak etkin atom numarasının ve Şekil 4.13(a-l)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak etkin elektron yoğunluğu grafikleri verilmiştir.

Çizelge 4.26. K tabakası çevresinde $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ ve $Ce(SO_4)_2$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.

Enerji (keV)	$CeCl_3 \cdot 7H_2O$				$Ce(SO_4)_2$			
	WinXCOM		Deneysel		WinXCOM		Deneysel	
	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$
31,817	34,964	27,334	33,661±0,986	26,316±0,771	44,702	24,320	44,023±1,217	23,950±0,662
32,194	34,818	27,221	36,556±0,688	28,579±0,538	44,640	24,286	46,992±0,895	25,566±0,487
33,034	34,481	26,957	33,925±1,199	26,523±0,937	44,494	24,207	43,783±1,408	23,820±0,766
33,442	34,314	26,827	35,755±0,738	27,954±0,577	44,420	24,166	46,073±0,887	25,066±0,483
34,279	33,965	26,554	34,226±1,230	26,758±0,962	44,262	24,081	43,591±1,520	23,716±0,827
34,720	33,780	26,409	34,947±0,814	27,322±0,636	44,177	24,034	45,738±0,906	24,884±0,493
35,550	33,426	26,132	32,218±1,456	25,188±1,138	44,010	23,944	43,091±1,466	23,444±0,798
36,026	33,218	25,970	33,560±0,764	26,238±0,598	43,911	23,890	46,076±0,967	25,067±0,526
36,378	33,066	25,851	33,890±1,140	26,495±0,891	43,838	23,850	46,005±1,152	25,029±0,627
36,847	32,860	25,690	33,793±1,516	26,419±1,185	43,737	23,795	41,666±2,110	22,668±1,148
37,255	32,679	25,549	34,131±4,070	26,684±3,182	43,647	23,746	44,089±2,269	23,987±1,234
37,361	32,635	25,514	31,529±0,870	24,649±0,680	43,625	23,734	45,004±1,059	24,485±0,576
37,801	32,440	25,361	34,040±1,287	26,612±1,007	43,527	23,681	45,817±1,278	24,927±0,695
38,726	32,024	25,036	30,920±1,993	24,173±1,558	43,315	23,565	45,506±2,490	24,757±1,355
39,258	31,786	24,850	32,882±1,734	25,707±1,355	43,190	23,498	45,458±1,281	24,731±0,697
39,522	31,668	24,758	30,634±1,801	23,950±1,408	43,129	23,464	42,141±2,631	22,927±1,431
40,118	31,398	24,547	31,530±1,237	24,650±0,967	42,985	23,386	44,489±1,632	24,204±0,888
40,228	31,349	24,509	31,120±6,010	24,329±4,699	42,959	23,372	40,641±3,116	22,111±1,695
40,748	48,602	37,997	49,369±0,976	38,597±0,763	54,027	29,393	55,290±1,436	30,080±0,781
40,902	48,564	37,967	46,245±0,674	36,154±0,527	54,014	29,386	53,098±0,798	28,888±0,434
41,542	48,398	37,837	50,501±0,948	39,481±0,741	53,959	29,356	56,557±0,964	30,770±0,524
41,764	48,340	37,792	46,625±1,352	36,452±1,057	53,940	29,346	54,808±1,021	29,818±0,555
42,271	48,204	37,686	49,019±1,032	38,323±0,807	53,894	29,321	56,665±1,350	30,828±0,734
42,309	48,193	37,678	48,735±0,947	38,101±0,740	53,891	29,319	55,814±1,011	30,366±0,550
42,996	48,007	37,532	50,417±1,223	39,416±0,956	53,827	29,285	55,770±1,043	30,342±0,567
43,335	47,916	37,461	49,667±2,178	38,830±1,703	53,796	29,268	55,500±1,602	30,195±0,872
43,744	47,802	37,372	48,597±1,786	37,993±1,396	53,757	29,247	55,652±0,937	30,277±0,510
44,482	47,594	37,209	49,790±1,403	38,926±1,097	53,685	29,207	54,193±0,766	29,483±0,417
45,414	47,327	37,001	45,048±0,993	35,219±0,776	53,592	29,156	54,538±1,678	29,671±0,913
46,578	46,983	36,732	45,436±2,562	35,522±2,003	53,469	29,090	54,757±1,974	29,791±1,074
47,038	46,846	36,624	48,528±1,257	37,939±0,983	53,420	29,063	55,921±1,185	30,424±0,645
48,249	46,477	36,336	48,540±1,866	37,949±1,459	53,286	28,990	51,557±1,247	28,049±0,679
48,695	46,338	36,227	47,521±0,777	37,152±0,608	53,234	28,962	55,760±0,789	30,336±0,429
49,959	45,942	35,917	46,175±1,447	36,100±1,132	53,087	28,882	49,930±1,363	27,164±0,741
50,384	45,808	35,812	46,553±1,424	36,395±1,113	53,036	28,854	54,907±0,763	29,872±0,415
51,698	45,380	35,478	46,946±2,238	36,702±1,750	52,874	28,766	53,612±1,261	29,167±0,686

Çizelge 4.27. K tabakası çevresinde $Ce(OH)_4$ ve Ce_2O_3 için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.

Enerji (keV)	$Ce(OH)_4$				Ce_2O_3			
	WinXCOM		Deneysel		WinXCOM		Deneysel	
	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	$N_E \times$ 10^{23}	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$
31,817	49,952	17,231	48,165±1,398	16,615±0,482	55,855	10,773	52,011±1,473	10,032±0,284
32,194	49,816	17,184	49,488±0,886	17,071±0,305	55,827	10,768	52,001±1,007	10,030±0,194
33,034	49,502	17,076	47,019±1,482	16,219±0,511	55,760	10,755	52,204±1,568	10,069±0,302
33,442	49,345	17,021	48,898±0,936	16,867±0,323	55,727	10,748	52,096±1,024	10,048±0,197
34,279	49,018	16,909	48,267±1,716	16,650±0,592	55,656	10,735	52,648±1,775	10,155±0,342
34,720	48,844	16,849	47,229±0,887	16,292±0,306	55,618	10,727	51,882±1,024	10,007±0,197
35,550	48,509	16,733	45,756±1,559	15,784±0,538	55,543	10,713	53,509±2,416	10,321±0,466
36,026	48,313	16,665	46,001±0,998	15,868±0,344	55,499	10,704	54,003±1,031	10,416±0,199
36,378	48,168	16,616	45,758±1,373	15,784±0,474	55,466	10,698	52,321±1,713	10,091±0,330
36,847	47,972	16,548	46,901±1,912	16,178±0,660	55,422	10,689	52,923±2,148	10,208±0,414
37,255	47,800	16,488	46,684±2,342	16,103±0,808	55,382	10,682	53,726±3,418	10,362±0,659
37,361	47,757	16,474	46,012±0,953	15,872±0,329	55,372	10,680	51,866±1,167	10,004±0,225
37,801	47,570	16,409	47,018±1,479	16,219±0,510	55,329	10,671	52,632±1,818	10,151±0,351
38,726	47,169	16,271	47,924±2,839	16,531±0,979	55,234	10,653	53,472±2,583	10,313±0,498
39,258	46,938	16,191	44,797±1,643	15,453±0,567	55,179	10,643	51,144±2,222	9,864±0,429
39,522	46,824	16,152	45,613±2,139	15,734±0,738	55,152	10,637	52,729±3,247	10,170±0,626
40,118	46,560	16,061	43,924±1,467	15,151±0,506	55,088	10,625	52,055±1,668	10,040±0,322
40,228	46,512	16,044	44,093±2,946	15,210±1,016	55,076	10,623	53,067±2,835	10,235±0,547
40,748	55,254	19,060	53,498±1,711	18,454±0,590	57,398	11,071	53,193±1,543	10,260±0,298
40,902	55,235	19,053	52,210±1,452	18,010±0,501	57,394	11,070	53,194±1,302	10,260±0,251
41,542	55,153	19,025	53,486±1,260	18,450±0,435	57,379	11,067	54,378±1,384	10,488±0,267
41,764	55,125	19,015	52,113±1,320	17,976±0,455	57,374	11,066	53,085±1,918	10,239±0,370
42,271	55,058	18,992	52,649±1,297	18,161±0,447	57,361	11,064	53,510±1,838	10,321±0,355
42,309	55,052	18,990	51,940±1,123	17,916±0,387	57,360	11,063	54,113±1,207	10,437±0,233
42,996	54,960	18,958	52,931±1,284	18,259±0,443	57,343	11,060	53,259±0,944	10,272±0,182
43,335	54,915	18,943	52,088±2,407	17,968±0,830	57,335	11,058	53,323±2,760	10,285±0,532
43,744	54,859	18,924	53,029±0,970	18,292±0,335	57,324	11,056	53,537±1,099	10,326±0,212
44,482	54,756	18,888	52,077±1,058	17,964±0,365	57,305	11,053	53,484±1,481	10,316±0,286
45,414	54,623	18,842	52,064±1,602	17,959±0,553	57,280	11,048	53,543±2,146	10,327±0,414
46,578	54,451	18,783	53,370±1,347	18,410±0,465	57,247	11,042	54,191±3,071	10,452±0,592
47,038	54,382	18,759	52,160±0,971	17,993±0,335	57,234	11,039	52,901±1,034	10,203±0,199
48,249	54,196	18,695	51,915±1,751	17,908±0,604	57,198	11,032	54,772±2,543	10,564±0,491
48,695	54,126	18,671	52,363±1,366	18,063±0,471	57,184	11,029	53,709±1,818	10,359±0,351
49,959	53,924	18,601	52,996±2,237	18,281±0,772	57,145	11,022	54,176±2,972	10,449±0,573
50,384	53,856	18,577	52,602±1,719	18,145±0,593	57,132	11,019	54,143±2,116	10,443±0,408
51,698	53,636	18,502	52,166±2,339	17,995±0,807	57,088	11,011	53,686±2,567	10,355±0,495

Çizelge 4.28. K tabakası çevresinde Gd_2O_3 ve $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.

Enerji (keV)	Gd_2O_3				$Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$			
	WinXCOM		Deneysel		WinXCOM		Deneysel	
	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$
39,522	61,601	10,706	59,513±3,162	10,343±0,550	54,305	29,847	52,916±3,436	29,084±1,888
40,118	61,546	10,697	58,454±1,795	10,159±0,312	54,088	29,728	52,297±2,070	28,743±1,138
40,902	61,471	10,684	59,260±2,564	10,299±0,446	53,798	29,568	52,722±2,822	28,977±1,551
41,542	61,408	10,673	59,927±1,650	10,415±0,287	53,557	29,436	51,317±1,587	28,205±0,872
42,309	61,331	10,659	58,810±2,549	10,221±0,443	53,263	29,274	51,799±3,362	28,469±1,848
42,996	61,260	10,647	59,191±1,955	10,287±0,340	52,996	29,128	51,445±2,079	28,275±1,143
43,744	61,182	10,633	59,245±3,281	10,297±0,570	52,707	28,969	53,241±3,929	29,262±2,159
44,482	61,103	10,620	59,616±2,536	10,361±0,441	52,414	28,808	50,738±2,419	27,887±1,330
45,208	61,023	10,606	58,087±3,469	10,096±0,603	52,122	28,647	49,522±4,062	27,218±2,233
45,414	61,000	10,602	59,534±2,733	10,347±0,475	52,041	28,603	50,497±2,237	27,754±1,230
45,998	60,934	10,590	58,445±2,268	10,158±0,394	51,803	28,472	50,547±2,641	27,782±1,452
46,578	60,868	10,579	58,255±4,769	10,125±0,829	51,567	28,342	50,257±5,784	27,622±3,179
46,700	60,855	10,577	58,086±4,346	10,095±0,755	51,518	28,315	49,041±4,972	26,954±2,733
47,038	60,815	10,570	58,583±1,598	10,182±0,278	51,379	28,239	50,494±3,502	27,752±1,925
47,547	60,756	10,559	57,714±2,111	10,031±0,367	51,170	28,124	48,638±2,628	26,732±1,444
48,221	60,677	10,546	57,911±4,287	10,065±0,745	50,893	27,972	48,803±4,937	26,823±2,714
48,249	60,673	10,545	59,824±4,156	10,397±0,722	50,881	27,965	49,453±4,644	27,180±2,552
48,695	60,619	10,536	59,019±2,763	10,257±0,480	50,694	27,863	49,432±2,375	27,169±1,305
49,128	60,567	10,527	58,555±2,327	10,177±0,404	50,516	27,764	48,408±3,067	26,606±1,686
49,959	60,466	10,509	60,752±4,569	10,559±0,794	50,169	27,574	50,855±5,783	27,951±3,179
50,384	63,227	10,989	60,240±3,417	10,470±0,594	60,440	33,219	57,842±2,020	31,791±1,110
51,698	63,188	10,982	61,458±2,040	10,681±0,355	60,260	33,120	62,254±2,704	34,216±1,486
52,113	63,176	10,980	60,024±1,890	10,432±0,328	60,203	33,089	57,948±1,779	31,849±0,978
53,476	63,134	10,973	61,663±3,262	10,717±0,567	60,008	32,982	57,547±3,808	31,629±2,093
53,876	63,121	10,970	62,186±0,923	10,808±0,160	59,950	32,950	58,707±1,949	32,266±1,071
55,293	63,075	10,963	60,133±2,311	10,451±0,402	59,742	32,835	57,329±3,670	31,509±2,017
55,674	63,063	10,960	60,094±1,779	10,444±0,309	59,685	32,804	57,167±1,636	31,420±0,899
57,142	63,013	10,952	61,386±3,010	10,669±0,523	59,460	32,680	57,663±3,458	31,692±1,901

Çizelge 4.29. K tabakası çevresinde $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ ve $Gd_2(SO_4)_3$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.

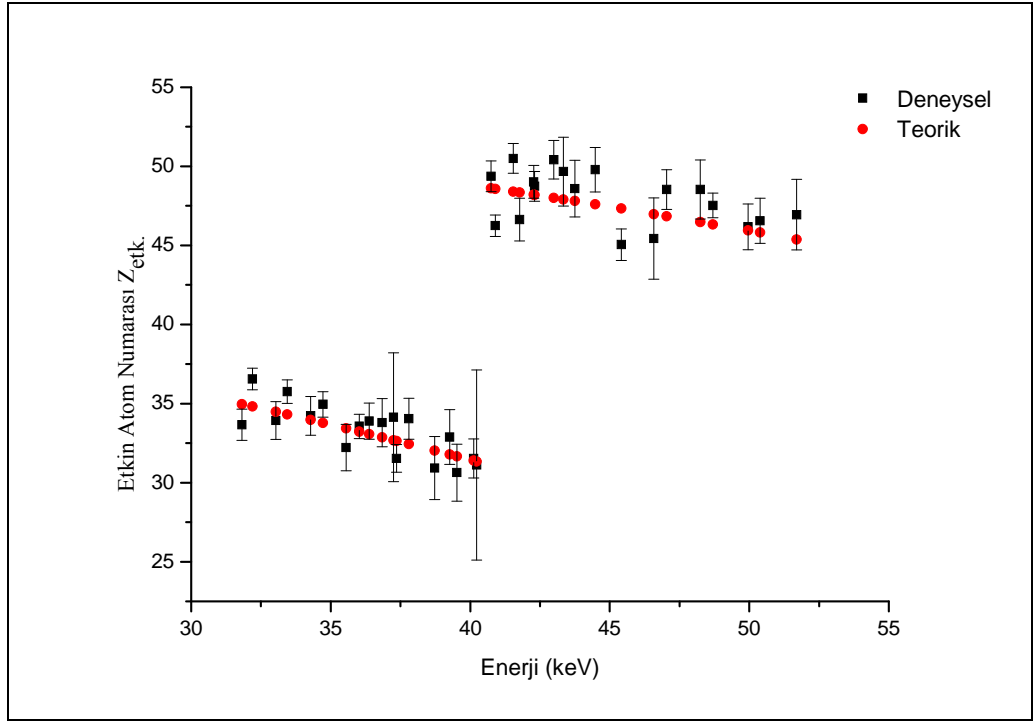
Enerji (keV)	$Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$				$Gd_2(SO_4)_3$			
	WinXCOM		Deneysel		WinXCOM		Deneysel	
	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$
39,522	51,348	38,183	52,513±2,441	39,049±1,815	50,410	25,137	49,661±2,472	24,763±1,232
40,118	51,082	37,984	50,093±1,809	37,249±1,346	50,267	25,065	48,940±1,504	24,404±0,750
40,902	50,727	37,721	49,765±2,291	37,005±1,704	50,072	24,968	48,302±2,864	24,086±1,428
41,542	50,433	37,502	48,651±1,443	36,177±1,073	49,908	24,886	48,786±1,251	24,327±0,624
42,309	50,076	37,237	48,558±2,755	36,108±2,049	49,707	24,786	47,464±2,935	23,668±1,463
42,996	49,753	36,996	47,641±1,909	35,426±1,420	49,523	24,694	48,279±1,791	24,074±0,893
43,744	49,403	36,736	46,957±3,497	34,917±2,600	49,322	24,594	47,040±2,804	23,456±1,398
44,482	49,051	36,475	47,459±2,144	35,291±1,594	49,118	24,492	48,069±1,998	23,969±0,996
45,208	48,702	36,215	46,502±3,949	34,579±2,936	48,912	24,390	46,839±3,426	23,356±1,708
45,414	48,606	36,143	46,861±1,952	34,846±1,452	48,856	24,362	47,033±1,693	23,453±0,844
45,998	48,322	35,932	45,510±2,430	33,842±1,807	48,687	24,278	47,617±1,640	23,744±0,818
46,578	48,041	35,724	46,325±5,485	34,447±4,079	48,519	24,194	49,575±3,395	24,720±1,693
46,700	47,983	35,680	45,965±4,104	34,179±3,052	48,485	24,177	47,863±3,277	23,867±1,634
47,038	47,818	35,558	45,765±1,720	34,031±1,279	48,385	24,127	46,333±1,392	23,104±0,694
47,547	47,571	35,374	46,051±2,198	34,243±1,634	48,235	24,052	46,017±1,595	22,946±0,795
48,221	47,245	35,132	44,810±4,339	33,321±3,227	48,037	23,953	45,936±3,792	22,906±1,891
48,249	47,231	35,121	46,301±4,163	34,430±3,095	48,028	23,949	50,466±2,875	25,165±1,433
48,695	47,012	34,958	44,656±2,008	33,206±1,493	47,893	23,882	46,676±1,727	23,275±0,861
49,128	46,802	34,802	45,694±2,323	33,978±1,728	47,764	23,817	45,297±1,915	22,587±0,955
49,959	46,398	34,502	44,972±4,618	33,441±3,434	47,513	23,692	49,560±3,474	24,713±1,732
50,384	59,155	43,987	56,148±2,801	41,752±2,083	59,463	29,651	56,782±2,714	28,314±1,353
51,698	58,915	43,809	55,611±2,674	41,353±1,989	59,311	29,575	59,841±1,337	29,839±0,667
52,113	58,839	43,753	57,232±1,824	42,558±1,357	59,263	29,551	56,372±1,591	28,110±0,793
53,476	58,581	43,561	55,895±3,366	41,564±2,503	59,098	29,469	57,419±2,127	28,632±1,061
53,876	58,504	43,504	55,113±1,628	40,982±1,211	59,049	29,445	55,997±1,639	27,923±0,817
55,293	58,229	43,299	55,265±2,592	41,095±1,928	58,871	29,356	56,063±2,789	27,956±1,395
55,674	58,154	43,243	55,555±1,764	41,311±1,311	58,822	29,332	55,521±1,621	27,685±0,808
57,142	57,858	43,023	54,675±2,687	40,657±1,998	58,629	29,235	55,420±1,437	27,635±0,716

Çizelge 4.30. K tabakası çevresinde $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri

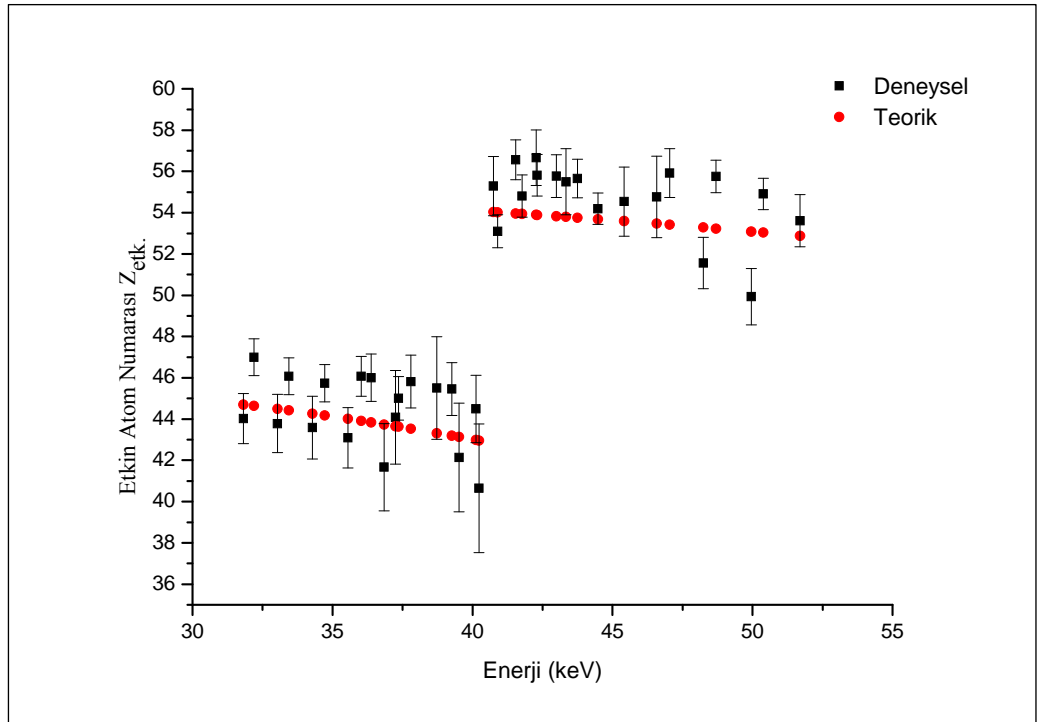
Enerji (keV)	$\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$				$\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$			
	WinXCOM		Deneysel		WinXCOM		Deneysel	
	Z_{eff}	$N_E \times 10^{23}$	Z_{eff}	$N_E \times 10^{23}$	Z_{eff}	$N_E \times 10^{23}$	Z_{eff}	$N_E \times 10^{23}$
36,847	38,551	25,183	40,171±1,708	26,241±1,116	38,083	39,198	36,670±1,546	37,745±1,592
37,361	38,335	25,042	40,288±0,981	26,317±0,641	37,731	38,836	36,098±0,891	37,155±0,918
39,522	37,396	24,429	35,218±2,020	23,006±1,320	36,249	37,311	35,376±2,018	36,412±2,077
40,118	37,129	24,254	36,422±1,225	23,792±0,800	35,840	36,890	33,743±1,018	34,731±1,048
40,902	36,775	24,023	36,990±2,244	24,163±1,466	35,307	36,341	33,801±1,921	34,791±1,977
41,542	36,483	23,832	36,069±1,166	23,562±0,761	34,873	35,895	33,939±1,023	34,933±1,053
42,271	36,147	23,612	37,913±2,167	24,766±1,416	34,382	35,389	32,539±1,121	33,492±1,154
42,309	36,128	23,600	37,721±2,447	24,640±1,599	34,355	35,361	33,089±1,710	34,058±1,760
42,996	35,809	23,392	37,796±1,677	24,690±1,095	33,895	34,888	34,393±1,210	35,400±1,245
43,335	35,656	23,292	37,437±1,788	24,455±1,168	33,676	34,663	35,284±2,071	36,318±2,132
43,744	35,465	23,167	34,023±2,866	22,225±1,872	33,406	34,385	31,680±2,074	32,608±2,135
44,482	35,121	22,942	34,370±1,852	22,451±1,210	32,923	33,887	31,642±1,448	32,569±1,490
45,208	34,780	22,719	32,960±2,984	21,531±1,949	32,451	33,402	31,970±2,189	32,906±2,253
45,414	34,686	22,658	33,799±1,553	22,078±1,014	32,323	33,270	30,827±1,105	31,730±1,138
45,998	34,410	22,478	33,881±1,584	22,133±1,035	31,948	32,883	30,627±1,284	31,524±1,321
46,578	34,139	22,301	33,756±4,155	22,051±2,714	31,582	32,507	30,653±2,448	31,551±2,520
46,700	34,082	22,264	34,326±2,336	22,423±1,526	31,507	32,430	31,187±1,492	32,101±1,535
47,038	52,213	34,107	55,000±1,309	35,928±0,855	51,114	52,611	51,239±0,973	52,740±1,002
47,547	52,080	34,020	53,422±0,799	34,897±0,522	50,918	52,410	53,249±0,799	54,809±0,823
48,221	51,902	33,904	54,248±1,057	35,437±0,690	50,659	52,143	50,952±2,016	52,444±2,075
48,249	51,894	33,899	52,997±1,270	34,620±0,829	50,647	52,131	48,980±0,792	50,415±0,815
48,695	51,774	33,820	54,532±1,189	35,622±0,777	50,472	51,950	52,819±1,073	54,367±1,104
49,128	51,657	33,744	55,205±1,206	36,062±0,788	50,303	51,776	52,230±0,830	53,760±0,855
49,959	51,429	33,595	53,118±1,923	34,699±1,256	49,974	51,438	49,806±2,136	51,265±2,198
50,384	51,312	33,519	52,917±1,361	34,567±0,889	49,807	51,266	46,692±1,233	48,060±1,269
51,698	50,938	33,274	48,745±1,822	31,842±1,190	49,275	50,719	47,140±2,181	48,521±2,244
52,113	50,820	33,197	53,073±1,450	34,669±0,947	49,109	50,547	50,572±1,419	52,054±1,461
53,476	50,418	32,935	52,778±2,487	34,476±1,624	48,547	49,968	47,158±1,666	48,539±1,714
53,876	50,299	32,857	52,827±1,354	34,508±0,884	48,381	49,798	50,258±0,850	51,730±0,875
55,293	49,873	32,579	48,594±2,143	31,743±1,400	47,794	49,193	49,971±2,218	51,435±2,283
55,674	49,756	32,502	51,074±1,223	33,364±0,799	47,634	49,029	49,187±1,288	50,627±1,326
57,142	49,299	32,204	50,047±2,585	32,692±1,689	47,013	48,390	47,190±1,429	48,572±1,471

Çizelge 4.31. K tabakası çevresinde Sm_2O_3 ve $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ için etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu değerleri.

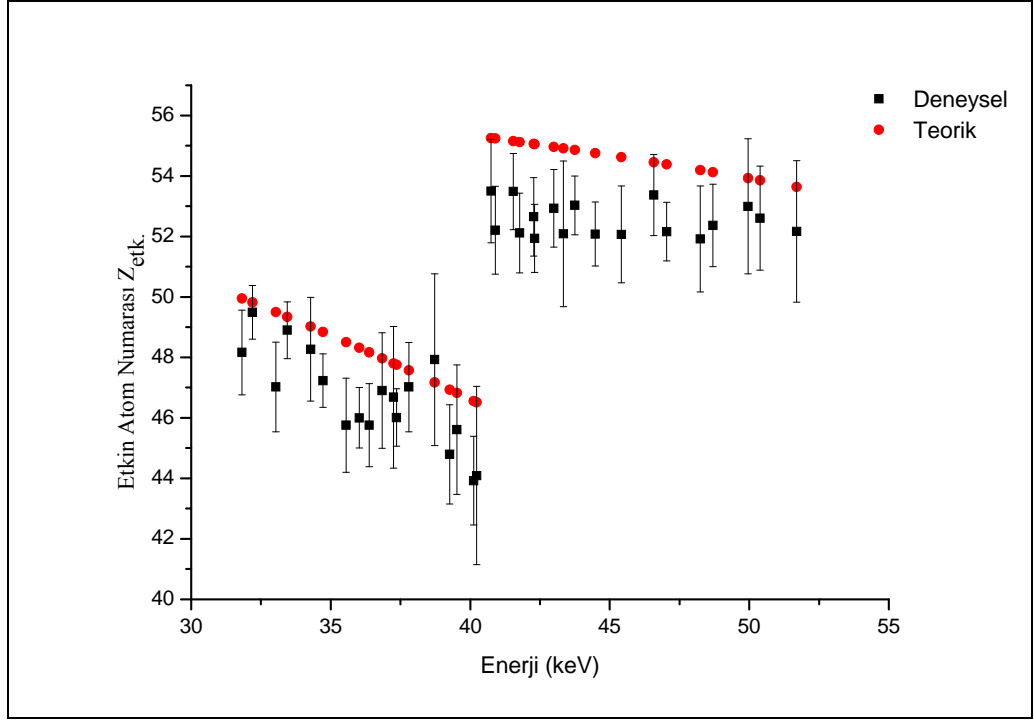
Enerji (keV)	Sm_2O_3				$\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$			
	WinXCOM		Deneysel		WinXCOM		Deneysel	
	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$	Z_{eff}	N_E $\times 10^{23}$
36,847	59,706	10,807	56,171±1,917	10,167±0,347	34,811	17,961	35,809±1,441	18,476±0,744
37,361	59,661	10,799	59,455±1,310	10,761±0,237	34,747	17,928	36,188±1,001	18,672±0,517
39,522	59,462	10,763	56,082±2,636	10,151±0,477	34,458	17,779	34,519±1,881	17,811±0,970
40,118	59,404	10,752	56,696±1,654	10,262±0,299	34,374	17,736	36,298±1,331	18,728±0,687
40,902	59,325	10,738	56,361±3,029	10,201±0,548	34,261	17,677	32,631±2,194	16,836±1,132
41,542	59,260	10,726	59,022±1,440	10,683±0,261	34,166	17,628	36,045±1,135	18,598±0,585
42,271	59,183	10,712	55,688±1,653	10,079±0,299	34,056	17,571	34,453±2,070	17,776±1,068
42,309	59,179	10,711	58,566±3,080	10,600±0,557	34,049	17,568	33,475±2,167	17,272±1,118
42,996	59,105	10,698	62,921±1,852	11,389±0,335	33,943	17,513	35,703±1,670	18,421±0,861
43,335	59,069	10,691	59,256±4,030	10,725±0,729	33,892	17,487	35,419±2,189	18,275±1,129
43,744	59,023	10,683	56,966±3,075	10,311±0,557	33,828	17,454	34,656±2,881	17,881±1,487
44,482	58,940	10,668	59,512±2,248	10,772±0,407	33,710	17,393	34,890±1,783	18,002±0,920
45,208	58,857	10,653	59,107±3,539	10,698±0,641	33,592	17,332	34,214±2,970	17,653±1,532
45,414	58,834	10,649	55,595±1,975	10,063±0,357	33,560	17,315	35,198±1,617	18,161±0,834
45,998	58,765	10,636	57,349±1,745	10,380±0,316	33,463	17,265	35,033±1,664	18,076±0,859
46,578	58,696	10,624	59,703±4,390	10,806±0,794	33,366	17,216	33,257±2,788	17,159±1,439
46,700	58,681	10,621	61,366±2,367	11,107±0,428	33,346	17,205	34,635±2,494	17,870±1,287
47,038	61,291	11,094	57,637±1,162	10,432±0,210	39,388	20,322	41,647±0,528	21,488±0,272
47,547	61,278	11,091	63,228±0,866	11,444±0,157	39,358	20,307	41,114±0,727	21,213±0,375
48,221	61,259	11,088	62,988±1,165	11,401±0,211	39,319	20,287	40,756±0,979	21,029±0,505
48,249	61,258	11,088	63,865±2,147	11,560±0,389	39,317	20,286	37,695±0,818	19,449±0,422
48,695	61,246	11,085	64,074±1,589	11,597±0,288	39,290	20,272	38,726±0,561	19,981±0,290
49,128	61,234	11,083	62,895±0,967	11,384±0,175	39,264	20,259	40,530±0,635	20,912±0,328
49,959	61,210	11,079	64,304±2,793	11,639±0,506	39,213	20,232	38,108±1,466	19,662±0,756
50,384	61,198	11,077	61,952±2,054	11,213±0,372	39,186	20,219	40,874±0,731	21,089±0,377
51,698	61,158	11,070	63,025±3,107	11,407±0,562	39,101	20,175	38,156±1,701	19,687±0,878
52,113	61,145	11,067	63,850±1,931	11,557±0,350	39,074	20,160	40,112±0,868	20,696±0,448
53,476	61,102	11,059	59,500±1,103	10,769±0,200	38,981	20,112	38,460±1,693	19,844±0,873
53,876	61,089	11,057	64,508±1,445	11,676±0,261	38,953	20,098	39,531±0,784	20,396±0,405
55,293	61,042	11,049	60,784±1,768	11,002±0,320	38,852	20,046	38,595±1,190	19,914±0,614
55,674	61,029	11,046	63,883±1,011	11,563±0,183	38,824	20,032	39,299±0,920	20,277±0,475
57,142	60,978	11,037	63,177±2,195	11,435±0,397	38,715	19,975	40,048±1,396	20,663±0,720



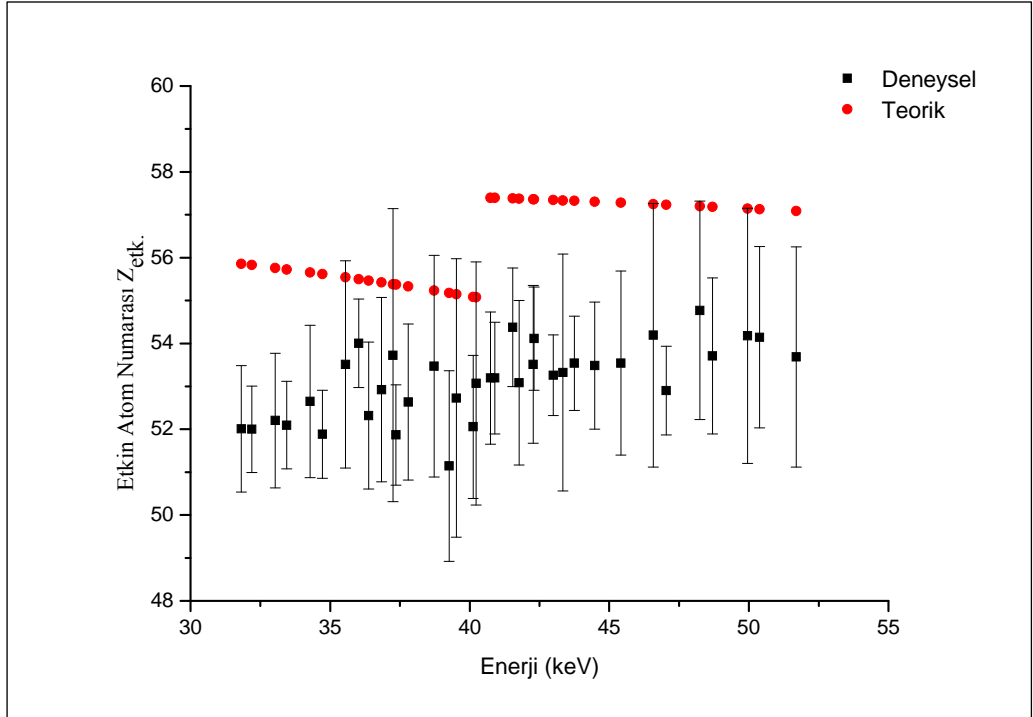
Şekil 4.12.a. $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ için K kıyası çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



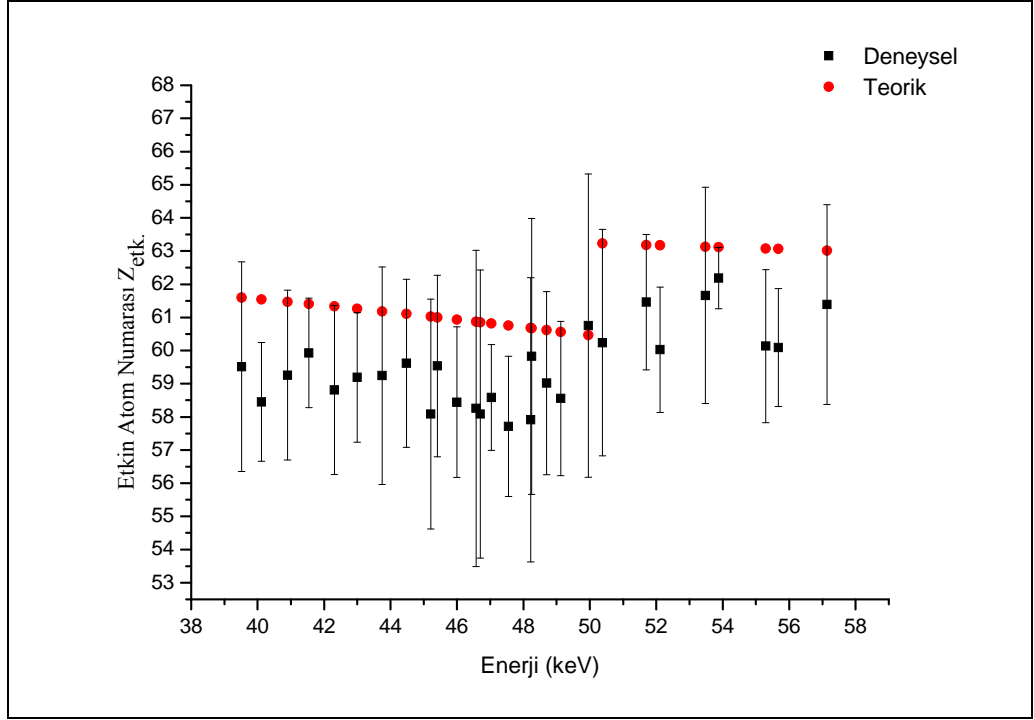
Şekil 4.12.b. $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ için K kıyası çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



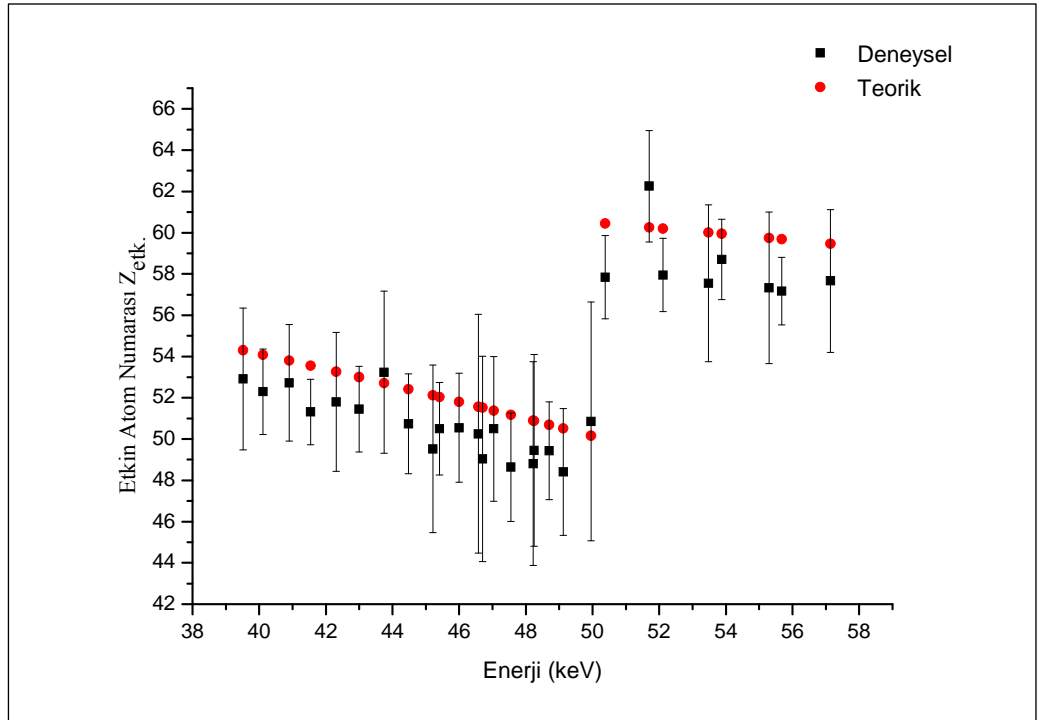
Şekil 4.12.c. $\text{Ce}(\text{OH})_4$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



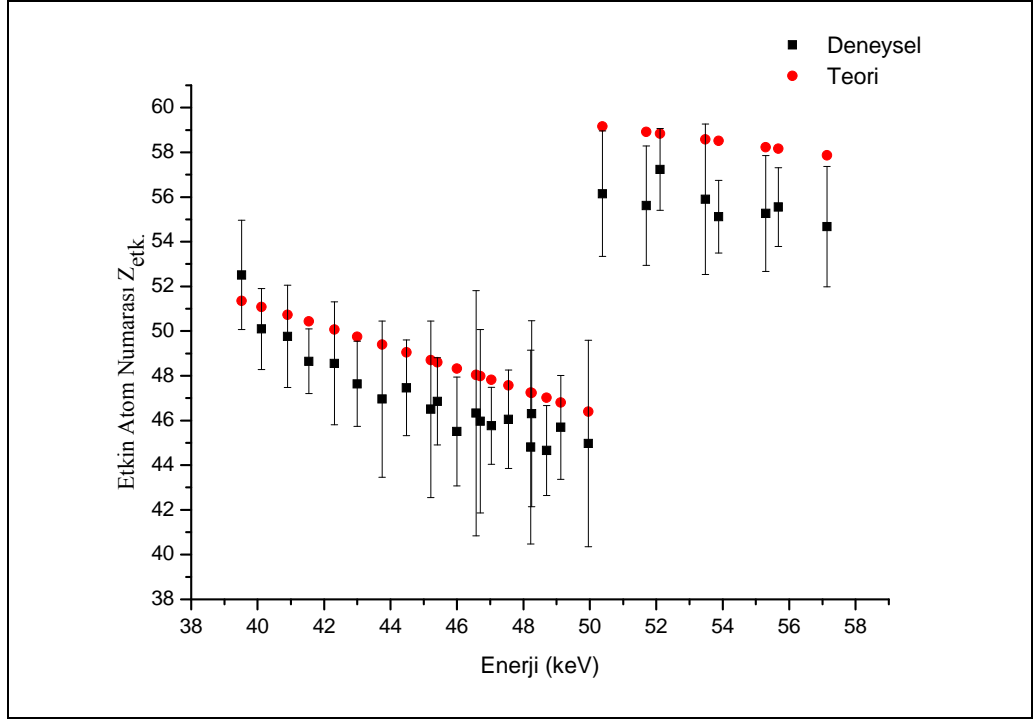
Şekil 4.12.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



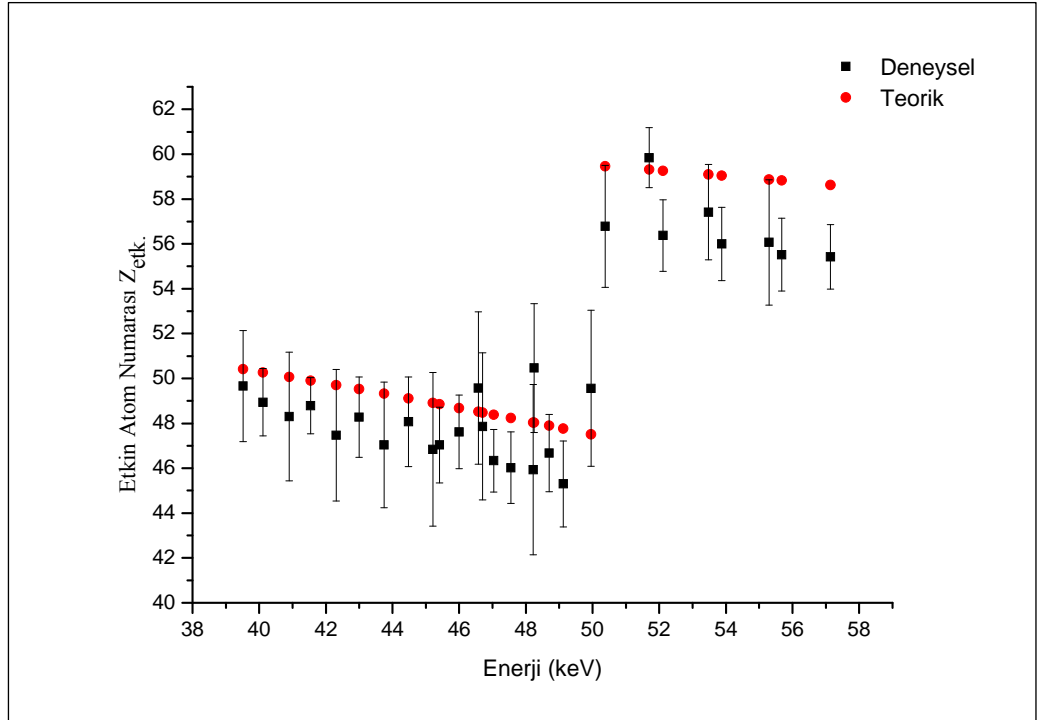
Şekil 4.12.e. Gd_2O_3 için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



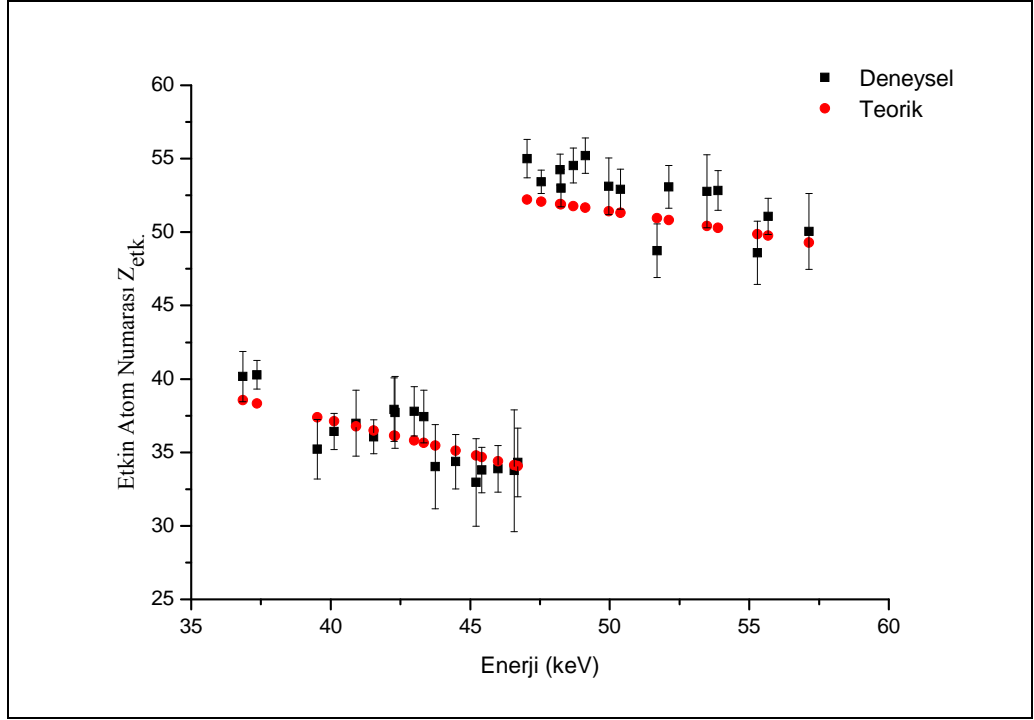
Şekil 4.12.f. $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



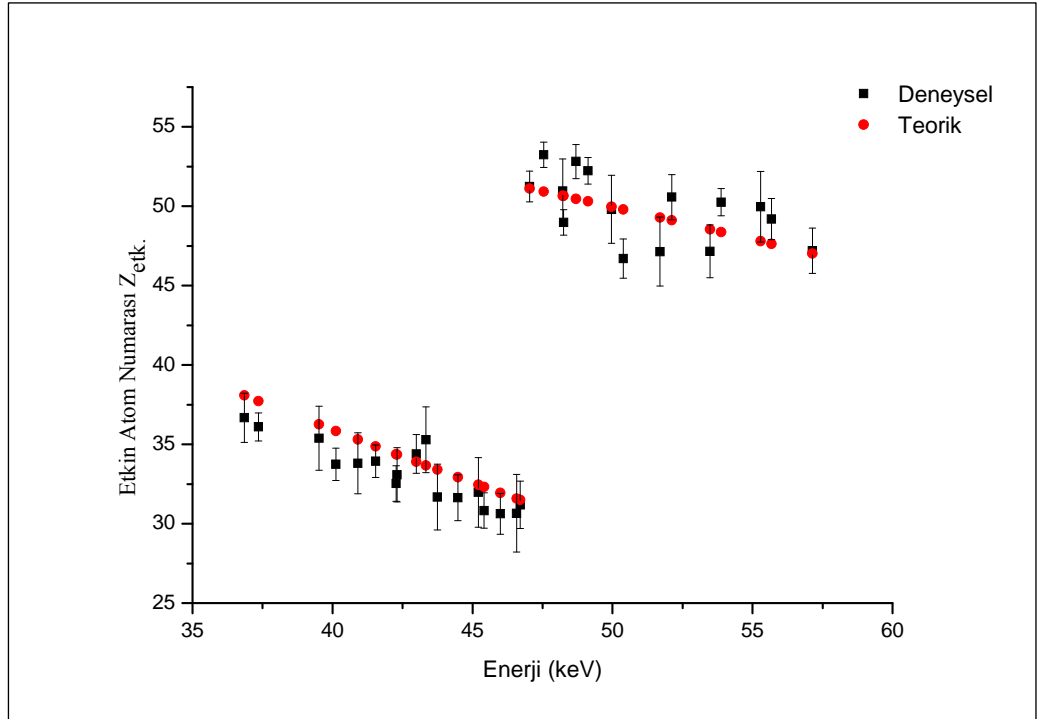
Şekil 4.12.g. Gd₂(C₂O₄)₃.H₂O için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



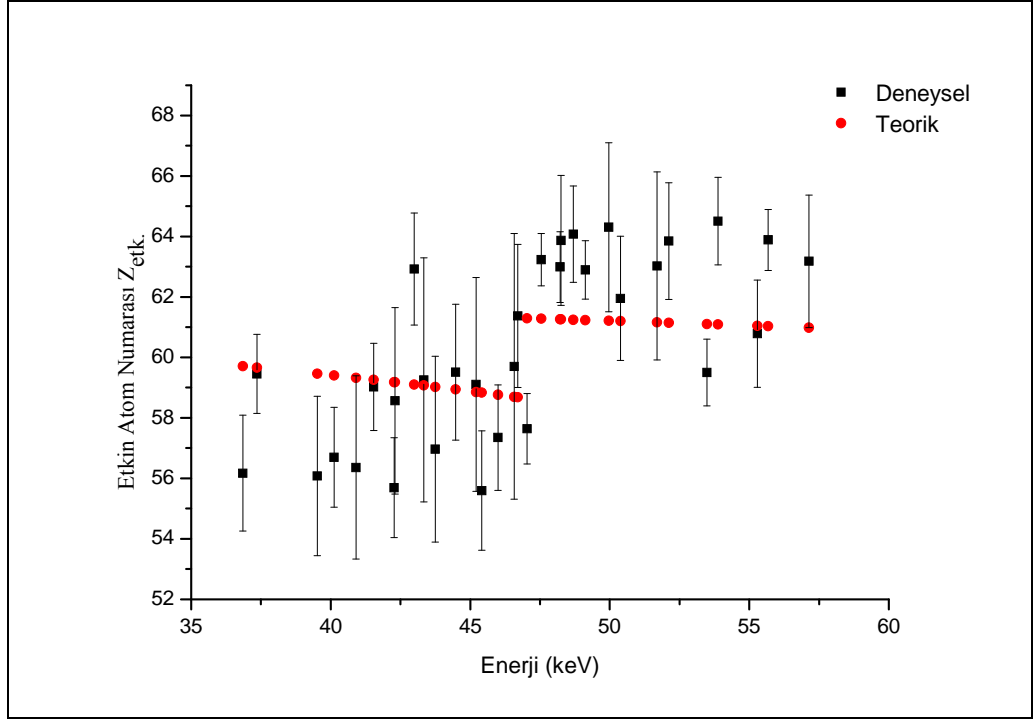
Şekil 4.12.h. Gd₂(SO₄)₃ için K kıyısı çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



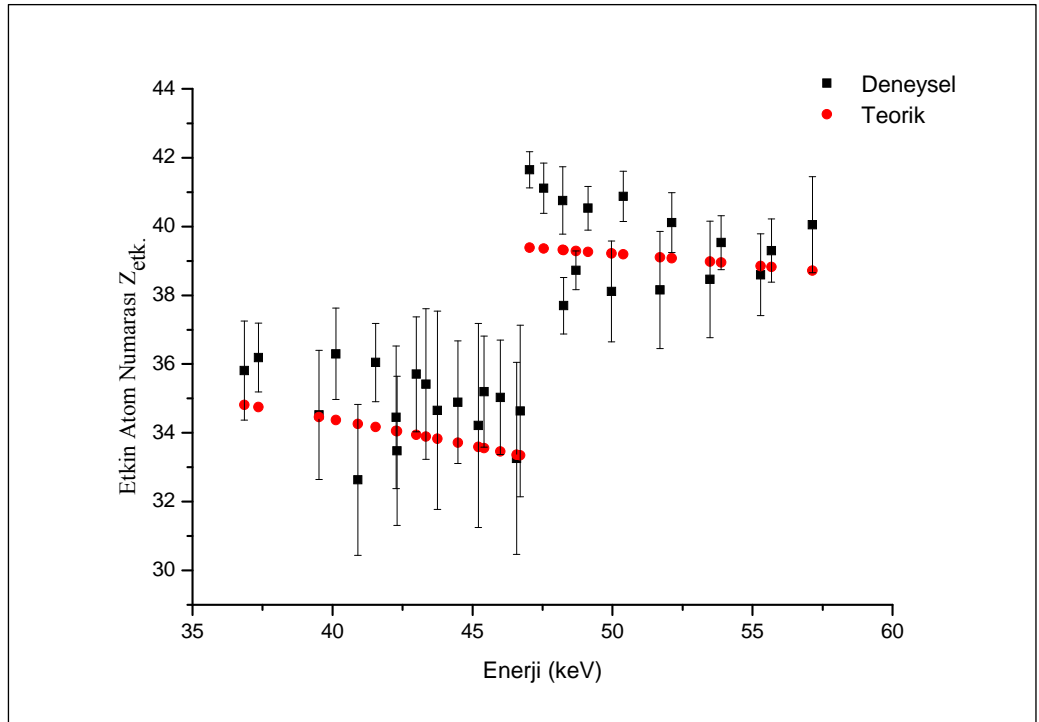
Şekil 4.12.i. SmCl₃.6H₂O için K kıyası çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



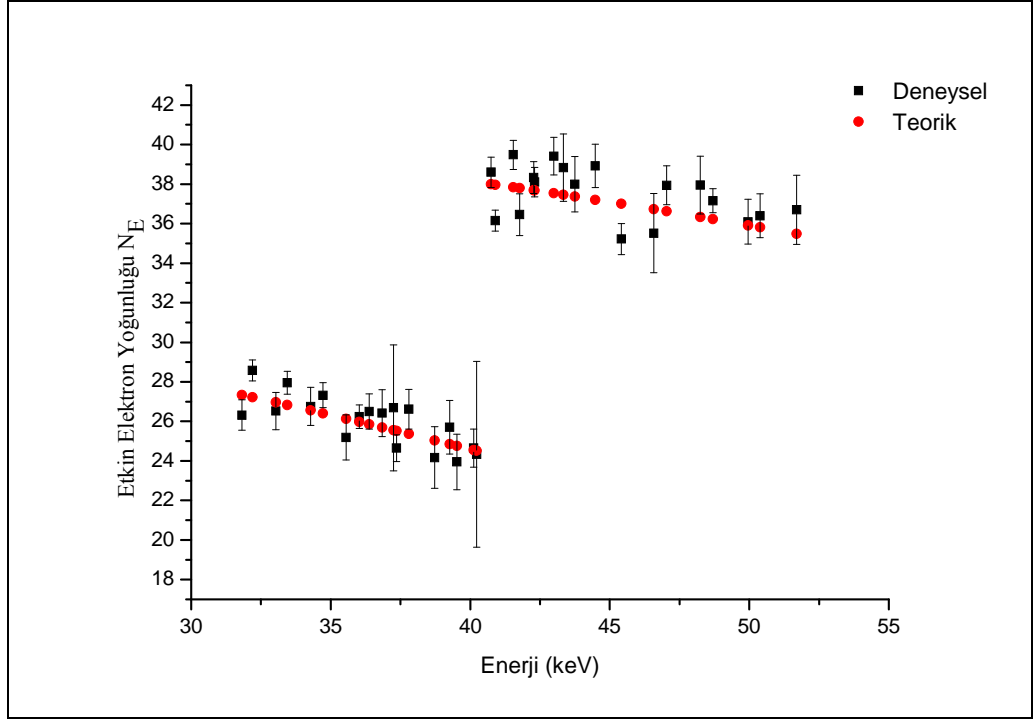
Şekil 4.12.j. Sm(NO₃)₃.6H₂O için K kıyası çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



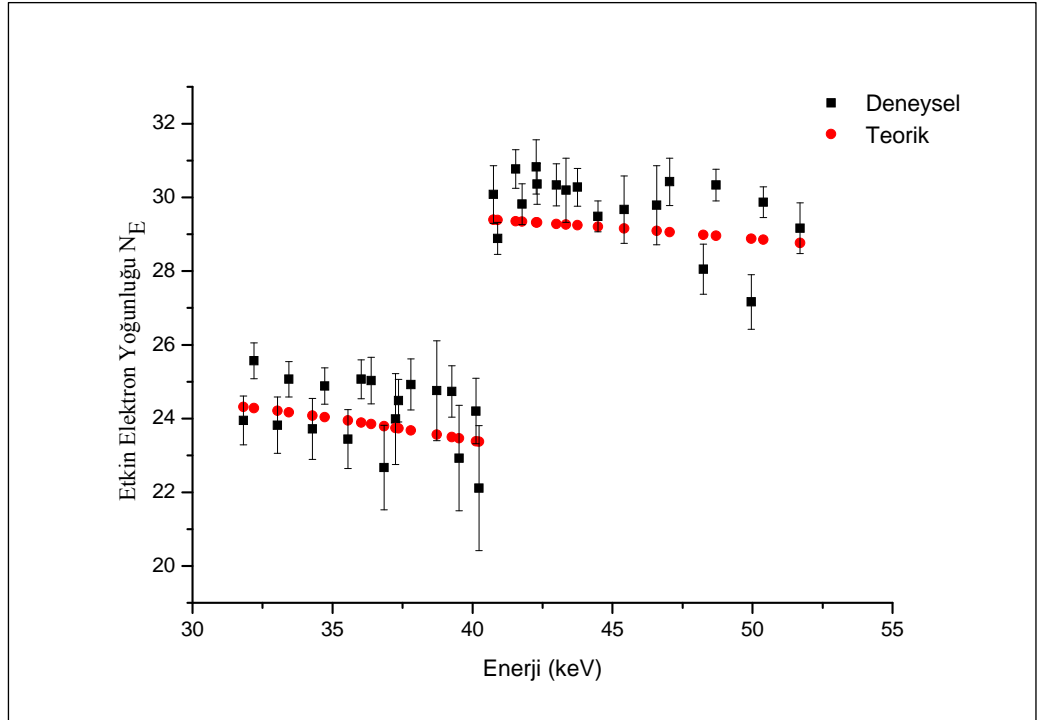
Şekil 4.12.k. Sm₂O₃ için K kıyası çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



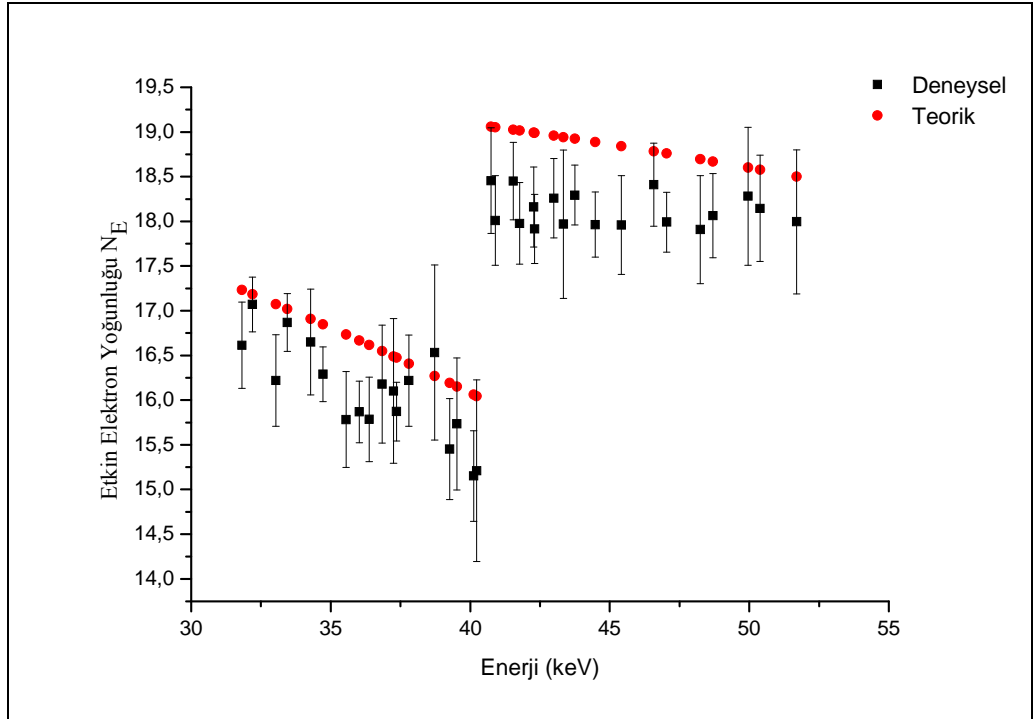
Şekil 4.12.l. Sm₂(SO₄)₃ için K kıyası çevresinde etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi



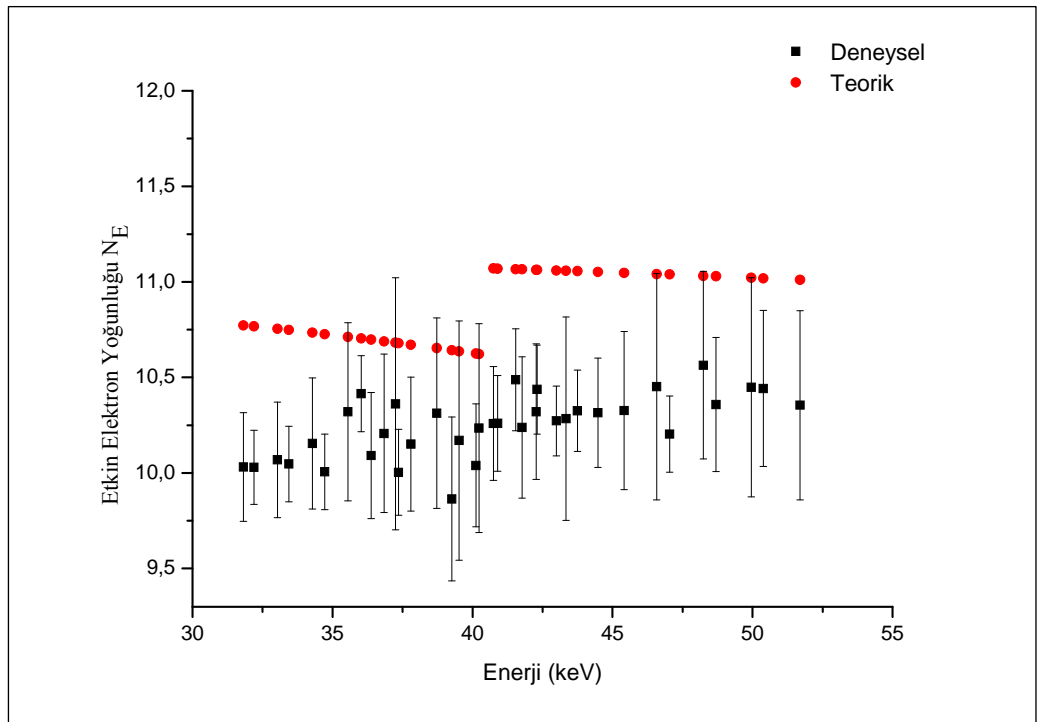
Şekil 4.13.a. $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



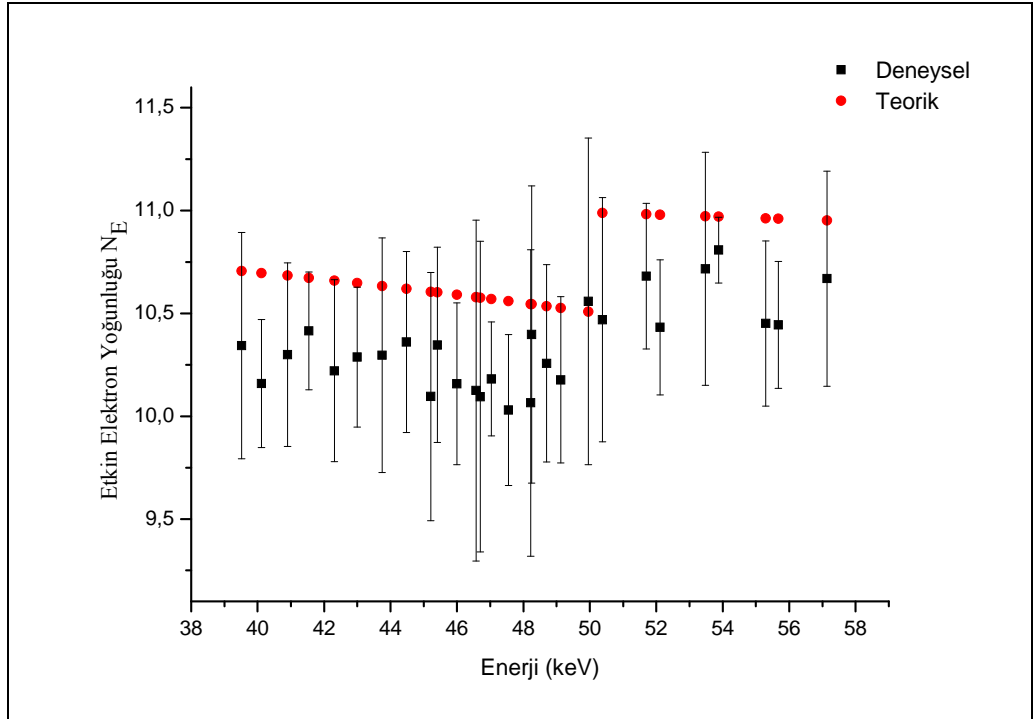
Şekil 4.13.b. $Ce(SO_4)_2$ için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



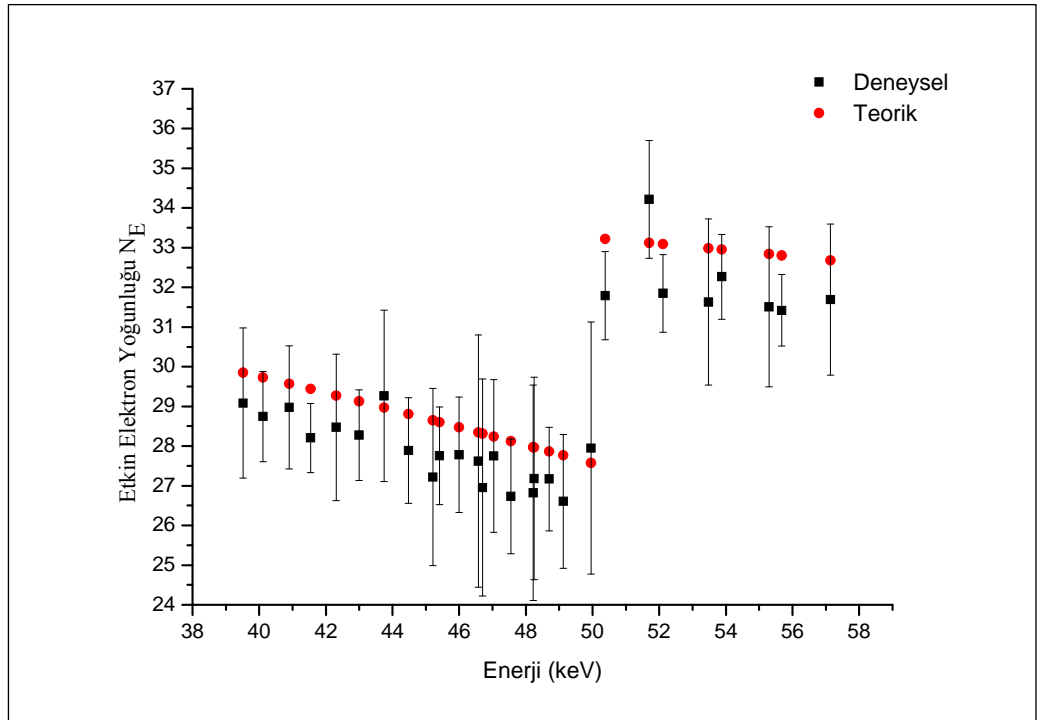
Şekil 4.13.c. Ce(OH)_4 için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



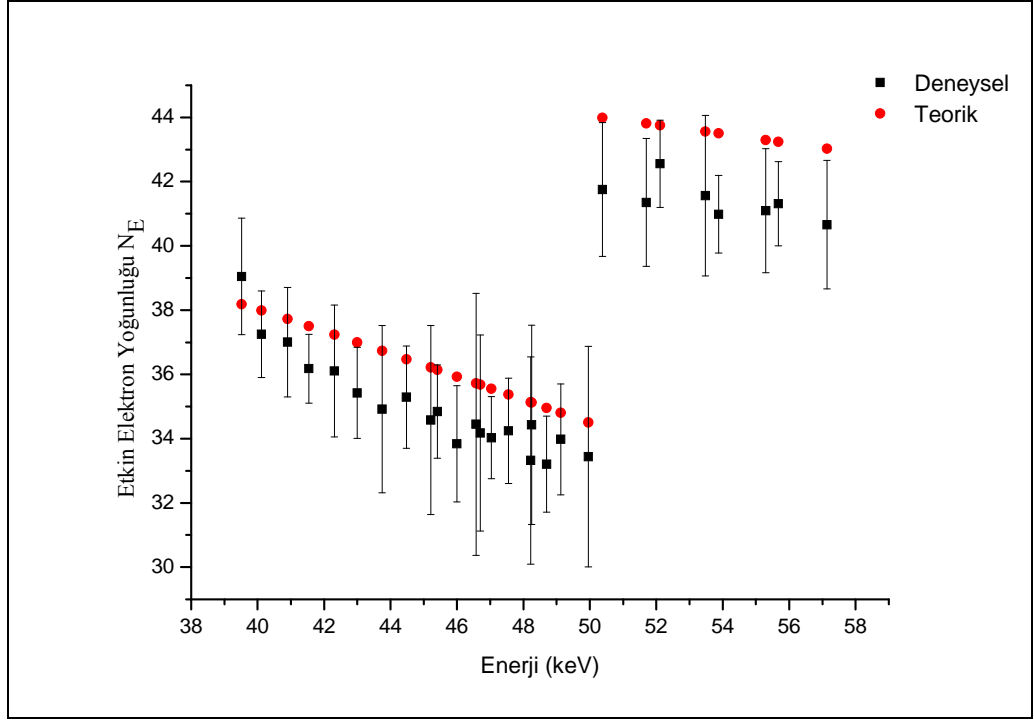
Şekil 4.13.d. Ce_2O_3 için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



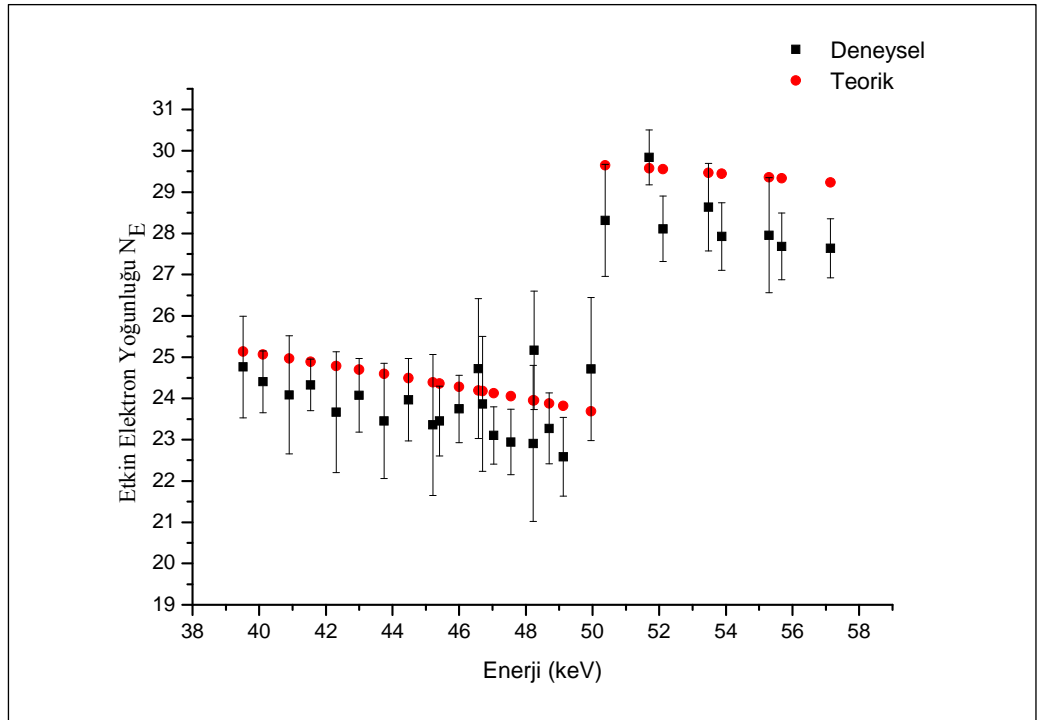
Şekil 4.13.e. Gd_2O_3 için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



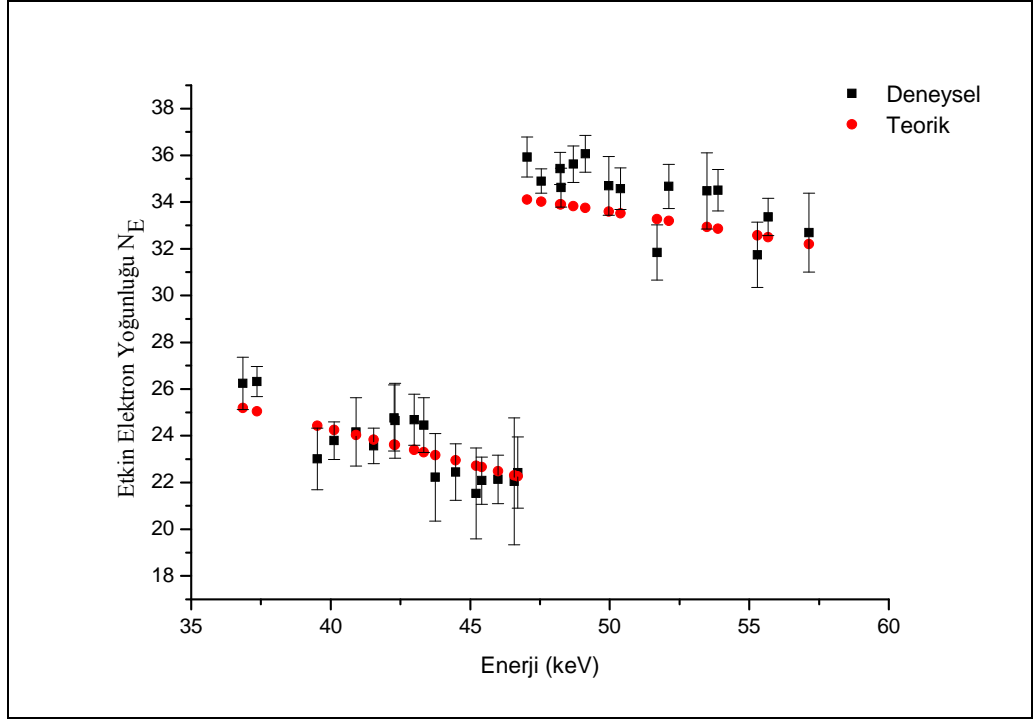
Şekil 4.13.f. $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



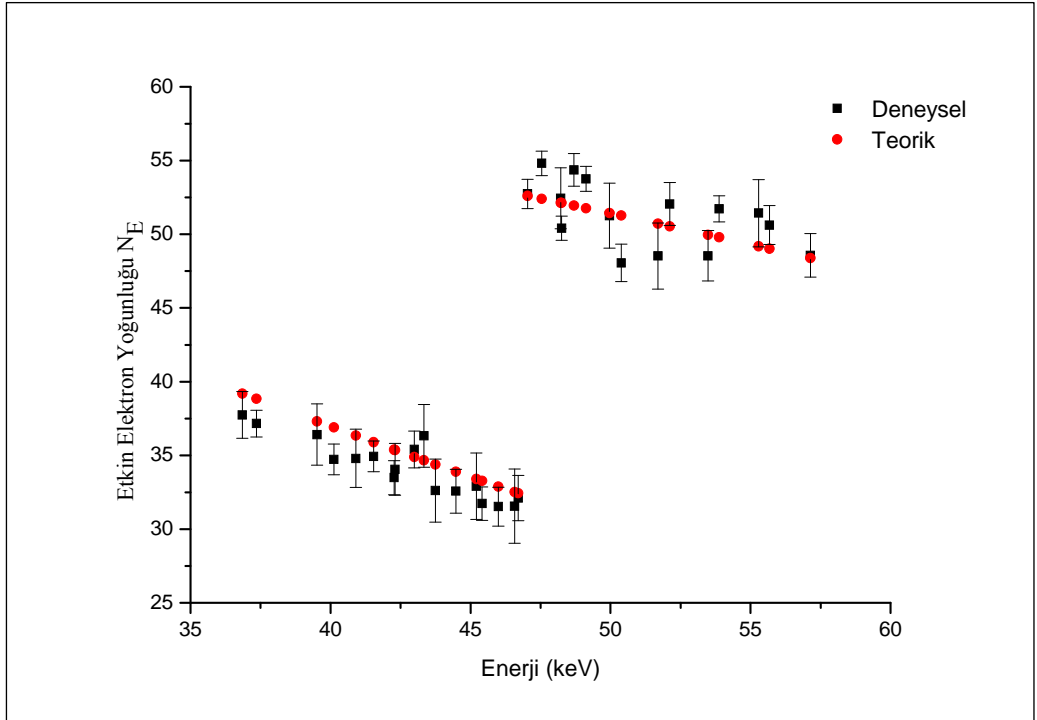
Şekil 4.13.g. $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



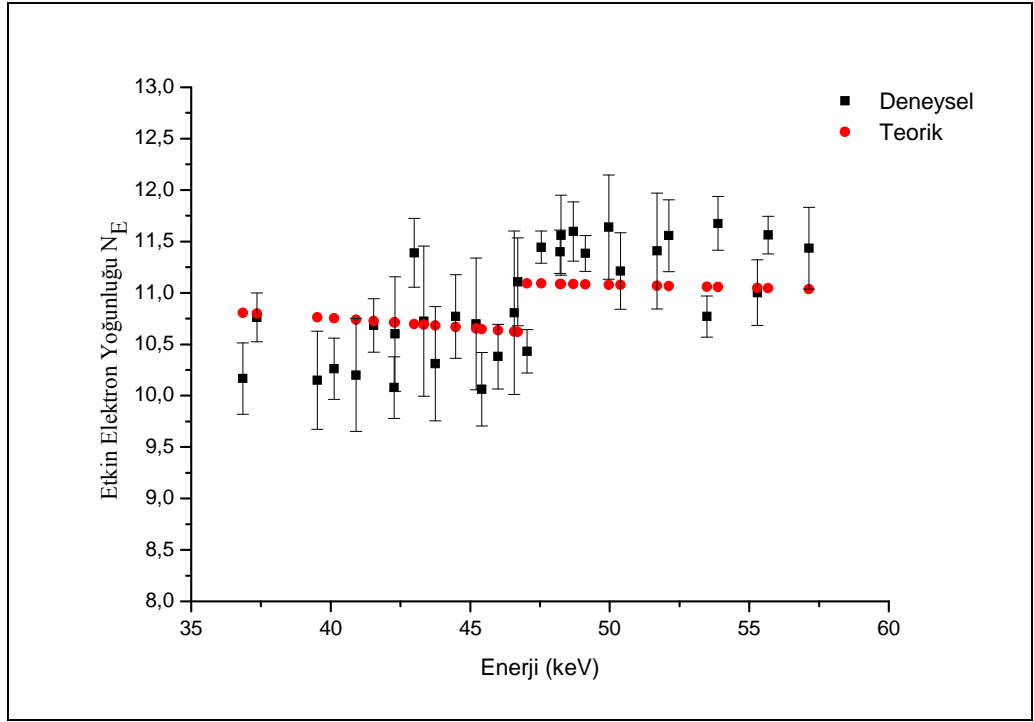
Şekil 4.13.h. $Gd_2(SO_4)_3$ için K kıyısı çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



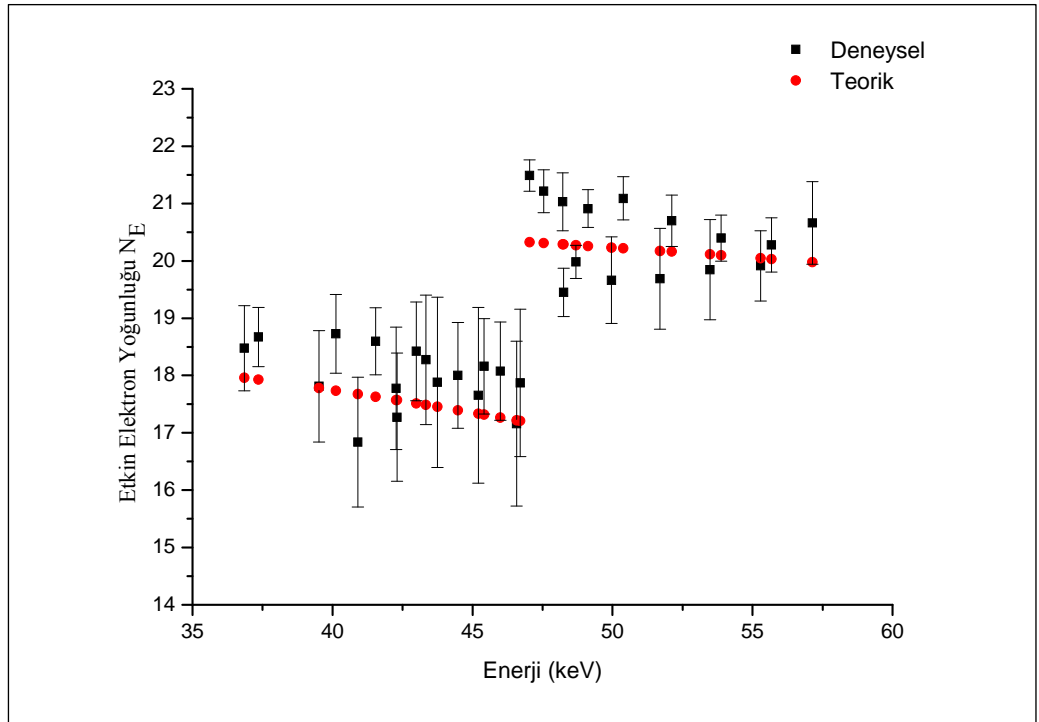
Şekil 4.13.i. $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



Şekil 4.13.j. $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



Şekil 4.13.k. Sm_2O_3 için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi



Şekil 4.13.l. $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ için K kıyası çevresinde etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Doğrudan Uyarma Geometrisiyle Elde Edilen Sonuçlar

5.1.1. K tabakası soğurma sıçrama faktörleri

Bu yöntemde, deneysel toplam atomik soğurma tesir kesiti için (3.3) denklemi, deneysel $K\alpha$ üretim tesir kesiti için (3.4) ve deneysel $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranı için (3.9) denklemi kullanıldı ve (3.2) denklemindeki toplam saçılma tesir kesiti, σ_{ts} için WinXCOM programının teorik değerleri ve K tabakası floresans verim değerleri için Krause (1979) tabloları kullanılarak K tabakası soğurma sıçrama faktörü değerleri elde edildi.

$56 \leq Z \leq 68$ aralığındaki bazı elementlerin toplam atomik soğurma tesir kesitleri (σ_t), $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları ve $K\alpha$ üretim tesir kesiti deneysel ve teorik değerleri Çizelge 4.1'de birlikte verilmiştir. Toplam atomik soğurma tesir kesiti deneysel değerlerinin teorik değerlerle $\leq 5\%$ hata ile uyumlu olduğu görülmüştür. $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranı deneysel sonuçlarının teorik değerlerle $\leq 9\%$ hata ile uyumlu olduğu ve $K\alpha$ üretim tesir kesiti deneysel sonuçlarının teorik değerlerle $\leq 7\%$ hata ile uyumlu oldukları gözlemlenmiştir.

Şekil 4.2(a-c)'de sırasıyla $K\alpha$ üretim tesir kesitlerinin, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarının ve toplam atomik soğurma tesir kesitlerinin atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafikleri verilmiştir ve bu parametrelerin artan atom numarasıyla arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2'de 59,54 keV uyarma enerjisinde aynı elementlerin deneysel soğurma sıçrama faktörleri, Broll (1986) ve FFAST, WinXCOM paket programlarıyla elde edilen teorik sonuçlarla ve diğer deneysel sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.3'de K tabakası soğurma sıçrama faktörü değerleri atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafiklendirilmiştir. Deneysel sonuçların Broll (1986) ile $\leq 9\%$, FFAST ile $\leq 7\%$ ve WinXCOM ile $\leq 8\%$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Ölçümlerdeki toplam yüzde bağıl hata $\leq 10\%$ olarak hesaplanmıştır. Bu hata, pik alanlarının belirlenmesindeki hata ($\leq 2\%$), numune kalınlığındaki hata ($\leq 3\%$), dedektör verimindeki hata ($\leq 2\%$) ve istatistiksel hataya ($\leq 2\%$) atfedilebilir. İstatistiksel hatayı azaltmak için, her bir pik için alınan sayımın 10000'in üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. Elde edilen pikler Micro Origin 7.5 programı yardımıyla Gaussian fonksiyonu olarak fit edilmiştir.

Ba, La, Ce, Gd, Tb, Dy, Ho ve Er numuneleri için deneysel olarak bulunan soğurma sıçrama faktörlerinin teorik değerlerle uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Deneysel soğurma sıçrama faktörü değerlerinin elde edilmesi doğrudan uyarma geometrisiyle daha kolay, hızlı ve ucuzdur. Ancak, geçiş geometrisiyle elde edilenler kadar güvenilir değildir. Bunun sebebi, doğrudan uyarma geometrisinde soğurma sıçrama faktörünü elde etmek için daha çok deneysel parametrenin belirlenmesidir, bu da hata kaynaklarının çoğalmasını ifade eder.

5.1.2. L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörleri

L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörünü belirlemek için, (3.11) denklemiyle X-ışını üretim tesir kesitleri deneysel olarak belirlenmiştir ve burada bulunan deneysel X-ışını üretim tesir kesitleri (3.10) denkleminde kullanılarak L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörleri elde edilmiştir. Denklem (3.10)'daki σ_{TL3} fotoiyonizasyon tesir kesiti değerleri WinXCOM paket programından ve L_{III} alttabakası floresans verimi ω_3 Krause (1979) tablolarından alınmıştır. Denklem (3.10) ile elde edilen L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörü değerleri denklem (3.16)'da yerine konularak deneysel L_{III} alttabakası soğurma sıçrama oranı değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.3'de $70 \leq Z \leq 92$ aralığındaki bazı elementlerin L_{III} alttabakası deneysel, teorik ve diğer deneysel sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.4'de L_{III} alttabakası X-ışını üretim tesir kesitinin atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafiği verilmiştir. Şekil 4.4'den de görüldüğü gibi, L_{III} X-ışını üretim tesir kesiti artan atom numarasıyla

arttığı gözlemlenmiştir. L_{III} X-ışını üretim tesir kesiti deneysel sonuçlarının teorik değerler ile $\leq 9\%$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4'de L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı değerleri teorik değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.5(a, b)'de L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranlarının atom numarasının bir fonksiyonu olarak grafikleri verilmiştir. L_{III} soğurma sıçrama faktörü teorik hesaplanan değerler ile deneysel sonuçlar arasında $\leq 9\%$, teorik hesaplanan soğurma sıçrama oranları ile deneysel sonuçlar arasında $\leq 7\%$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Broll (1986) teorik değerleri ile deneysel L_{III} soğurma sıçrama faktörleri arasında $\leq 10\%$ (Hg ≤ 26 , Pb ≤ 19 , Bi ≤ 22 ve U ≤ 24 hariç) hata ile uyumlu olduğu ve Broll (1986) teorik değerleri ile deneysel L_{III} soğurma sıçrama oranları arasında $\leq 6\%$ (Hg ≤ 17 , Pb ≤ 12 , Bi ≤ 13 ve U ≤ 14 hariç) hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Ölçümlerdeki toplam yüzde bağıl hata L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranları değerleri için $\leq 7\%$ olarak hesaplanmıştır. Bu hata, pik alanlarının belirlenmesindeki hata ($\leq 2\%$), numune kalınlığındaki hata ($\leq 2\%$), dedektör verimindeki hata ($\leq 2\%$) ve istatistiksel hataların ($\leq 1\%$) toplamı şeklinde atfedilebilir.

Yb, Hf, Ta, W, Hg, Tl, Pb, Bi, Th ve U elementleri için deneysel olarak elde edilen L_{III} soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı değerlerinin teorik değerlerle uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Broll (1986) teorik değerleri ile deneysel sonuçlar bazı elementlerde (Hg, Pb, Bi ve U) büyük farklılıklar vardır. L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörlerini hesaplamak K tabakasına göre biraz daha karışıktır. Gelen foton enerjisine göre farklı bağıntılar kullanılır. Yani, $J_{LIII} = r_{LIII} - 1/r_{LIII}$ ($E_{LIII} < E_0 < E_{II}$), $J_{LIII} = r_{LIII} - 1/r_{LII}r_{LIII}$ ($E_{LII} < E_0 < E_I$), $J_{LIII} = r_{LIII} - 1/r_{LI}r_{LII}r_{LIII}$ ($E_{LI} < E_0$) şeklindedir. Broll (1986) teorik değerlerini verdiği tabloyu hazırlarken, gelen foton enerjisini farklı farklı tutarak tabloyu oluşturmuştur. Yapılan deneysel çalışma $E_I < E_0$ durumu için yapılmıştır. Bu nedenle Broll (1986) tablolarında gelen foton enerjisi belirtilmediği için Hg, Pb, Bi ve U elementlerinde büyük farklılık görülmüş olabilir.

5.2. Geçiş Geometrisiyle Elde Edilen Sonuçlar

Bu yöntemde, ilgili numunenin soğurma kıyısı yakınlarındaki deneysel toplam kütle soğurma katsayıları (3.18) eşitliği yardımıyla bulundu. Teorik değerler WinXCOM ve FFAST paket programları yardımıyla elde edildi. Teorik değerler ile deneysel sonuçlar arasındaki fark, teorik hesaplamalarda karışım kuralının kullanılmasına atfedilebilir. Çünkü, kütle soğurma katsayısı, kimyasal, moleküler ve termal çevreden etkilenir. Karışım kuralı bu etkileri ihmal eder.

Çizelge 4.5-4.10'da sırasıyla La_2O_3 , Ce, Pr, Nd_2O_3 , Sm ve Gd numuneleri için, K tabakası soğurma kıyıları yakınlarındaki farklı enerjilerde toplam kütle soğurma katsayıları teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.6(a)-(f)'de aynı numunelerin kütle soğurma katsayılarına karşı enerjinin bir fonksiyonu olarak grafikleri verilmiştir. Şekil 4.6(a)-(f)'den de görüldüğü gibi, artan enerjiyle toplam kütle soğurma katsayısının azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak, ilgili elementin K tabakası soğurma kıyısı enerjisinde toplam kütle soğurma katsayısında ani bir artış olduğu ve sonra tekrar artan enerjiyle azaldığı gözlemlenmiştir. Deneysel toplam kütle soğurma katsayısı değerleri ile teorik değerler arasında La_2O_3 için $\leq 6\%$, Ce için $\leq 10\%$, Pr için $\leq 7\%$, Nd_2O_3 için $\leq 7\%$, Sm için $\leq 12\%$ ve Gd için $\leq 6\%$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Toplam kütle soğurma katsayıları için bağıl yüzde hata $\leq 5\%$ olarak belirlenmiştir. Bu hata, sayıdaki istatistiksel hataya ($\leq 2\%$) ve numune kalınlığı belirlenmesindeki hataya ($\leq 3\%$) atfedilebilir.

K tabakası soğurma sıçrama oranı değerlerini bulmak için, ilgili numunenin soğurma kıyısı enerjisinin altındaki ve üstündeki toplam kütle soğurma katsayıları Micro Origin 7.5 programıyla lineer fit edilerek, üst kıyının alt kıyıya oranından soğurma sıçrama oranı değerleri elde edilmiştir. Daha sonra sıçrama oranı değerleri denklem (3.21)'de yerine konularak soğurma sıçrama faktörü değerleri elde edilmiştir. Çizelge 4.11'de deneysel ve teorik soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.6.a.-f'de ilgili numunelerin kütle soğurma katsayısına karşı enerji grafikleri ve deneysel fit değerleri verilmiştir. Şekil 4.7(a, b)'de sırasıyla soğurma

sıçrama oranının atom numarasına göre grafiği ve soğurma sıçrama faktörünün atom numarasına göre grafiği teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Soğurma sıçrama oranı deneysel sonuçları ile WinXCOM teorik değerleri arasında $\leq 9\%$, FFAST paket programı ile deneysel sonuçlar arasında $\leq 11\%$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Soğurma sıçrama faktörü deneysel sonuçları ile WinXCOM teorik değerleri arasında $\leq 3\%$, FFAST paket program ile deneysel sonuçlar arasında $\leq 4\%$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

K tabakası soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörleri için belirlenen toplam yüzde bağıl hata $\leq 5\%$ 'dir. Bu toplam bağıl yüzde hatayı, sayımlardaki istatistiksel hataya ($\leq 2\%$) ve numune kalınlığının belirlenmesindeki hataya ($\leq 3\%$) atfedebiliriz.

Deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerlerinin teorik değerler ile uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Geçiş geometrisiyle elde edilen sonuçlar, doğrudan uyarma geometrisiyle elde edilenlere göre daha güvenilirdir. Bunun sebebi, geçiş geometrisinde hesaplanan ara parametreler daha azdır ve bu da hata ihtimaliyetini düşürmektedir. Ancak, geçiş geometrisi doğrudan uyarma geometrisine göre daha çok zaman alan ve daha maliyetli bir yöntemdir.

5.3. Moleküler, Atomik ve Elektronik Tesir Kesiti Değerleri Sonuçları

Toplam kütle soğurma katsayıları yardımıyla bir dizi soğurma parametresi elde edilebilir. (3.22) denklem ile elde edilen deneysel toplam kütle soğurma katsayıları denklem (3.23)'de yerine konularak moleküler tesir kesiti değerleri elde edildi. Daha sonra bulunan moleküler tesir kesiti değerleri (3.24) denkleminde yerine konularak atomik tesir kesiti değerleri bulundu. (3.25) denklemini yardımı ile teorik elektronik tesir kesiti değerleri elde edildi. Bu hesaplamalar ilgili numunenin K kıyası soğurma enerjisine yakın enerjilerde yapıldı. Elde edilen sonuçların enerjiye karşı grafikleri çizildiğinde soğurma kıyası yakınlarında testere dişine benzer bir grafik elde edildi. Elde edilen grafiklerin soğurma kıyasının altındaki ve üstündeki değerleri Micro Origin 7.5 programıyla lineer fit edildi. Daha sonra sırasıyla (3.28), (3.29) ve (3.30) denklemleri

yardımıyla ilgili numunelerin moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin soğurma sıçrama faktörü değerleri elde edildi.

Çizelge 4.12-4.23'de sırasıyla $CeCl_3 \cdot 7H_2O$, $Ce(SO_4)_2$, $Ce(OH)_4$, Ce_2O_3 , Gd_2O_3 , $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$, $Gd_2(C_2O_4) \cdot H_2O$, $Gd_2(SO_4)_3$, $SmCl_3 \cdot 6H_2O$, $Sm(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, Sm_2O_3 , $Sm_2(SO_4)_3$ numunelerinin K soğurma kıyısı yakınlarındaki enerjilerde toplam kütle soğurma katsayıları, moleküler ve atomik tesir kesiti değerlerinin deneysel ve teorik sonuçları karşılaştırmalı olarak ve elektronik tesir kesiti değerlerinin teorik değerleri verilmiştir. İlgili numuneler için, Şekil 4.8(a-1), Şekil 4.9(a-1) ve Şekil 4.8(a-1)'de sırasıyla toplam kütle soğurma katsayısının, moleküler ve atomik kesir kesiti değerlerinin enerjinin bir fonksiyonu olarak deneysel ve teorik grafikleri verilmiştir. Şekil 4.11(a-1)'de ilgili numuneler için teorik elektronik tesir kesiti değerleri enerjinin bir fonksiyonu olarak grafikleri verilmiştir. Şekillerde ilgili numunenin K tabakası soğurma kıyısı altında ve üstünde lineer fit değerleri de verilmiştir.

Deneysel toplam kütle soğurma katsayıları, moleküler ve atomik tesir kesiti değerleri ile teorik değerler arasında Ce_2O_3 için $\leq \%7$, $Ce(SO_4)_2$ için $\leq \%5$, $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ için $\leq \%5$, $Ce(OH)_4$ için $\leq \%6$, Gd_2O_3 için $\leq \%5$, $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için $\leq \%5$, $Gd_2(SO_4)_3$ için $\leq \%6$, $Gd_2(C_2O_4) \cdot H_2O$ için $\leq \%6$, $SmCl_3 \cdot 6H_2O$ için $\leq \%6$, $Sm(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ için $\leq \%5$, Sm_2O_3 için $\leq \%6$ ve $Sm_2(SO_4)_3$ için $\leq \%6$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Bileşikteki element sayısının artmasıyla toplam kütle soğurma katsayısının, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, artan enerji ile toplam kütle soğurma katsayısının, atomik ve moleküler tesir kesiti değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak, soğurma kıyısı enerjisinde ani bir artış olduğu sonra tekrar artan enerji ile azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.24'de ilgili numunelere ait deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri teorik olarak WinXCOM ve FFAST paket programları ile elde edilmiş değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Deneysel soğurma sıçrama oranı değerleri ile WinXCOM teorik değerleri arasında $\leq \%7$ ve deneysel sıçrama oranı değerleri ile FFAST teorik değerleri arasında $\leq \%8$ hata ile uyumlu olduğu

gözlemlenmiştir. Deneysel soğurma sıçrama faktörleri ile WinXCOM ve FFAST teorik değerleri arasında sırasıyla $\leq\%2$ ve $\leq\%3$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.25'de ilgili numunelere ait deneysel moleküler ve atomik tesir kesitinin soğurma sıçrama faktörü değerleri teorik değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca, Çizelge 4.25'de teorik elektronik tesir kesitinin soğurma sıçrama faktörü değerleri de verilmiştir. Çizelge 4.25'den de görüldüğü gibi moleküler tesir kesitinin soğurma sıçrama faktörü değerleri ile atomik tesir kesitinin soğurma sıçrama faktörü değerleri aynıdır. Bunun sebebi, bu iki parametrenin birbirine basit bir denklem ile bağlı olmasıdır. Denklem (3.23) ve (3.24)'den de görüldüğü gibi moleküler tesir kesiti atomik tesir kesitine sadece bileşikteki element sayısına göre bağlıdır. Yani, moleküler tesir kesitinin bileşikteki toplam element sayısına bölümü atomik tesir kesitini verir. Deneysel moleküler ve atomik tesir kesitlerinin soğurma sıçrama faktörü değerlerinin WinXCOM ve FFAST teorik değerleri ile sırasıyla $\leq\%2$ ve $\leq\%3$ hata ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Ölçümlerdeki toplam yüzde bağıl hata $\leq\%5$ olarak belirlenmiştir. Bu hata, sayımlardaki istatistiksel hatanın ($\leq\%2$) ve numune kalınlığı belirlemedeki hatanın ($\leq\%3$) toplamı şeklinde atfedilebilir.

5.4. Etkin Atom Numarası ve Etkin Elektron Yoğunluğuna Ait Sonuçlar

(3.26) denkleminde, daha önce (3.24) ve (3.25) denklemleri yardımıyla bulunan atomik tesir kesiti ve elektronik tesir kesiti değerlerinin yerine konulmasıyla ilgili elementin ilgili enerjide etkin atom numarası elde edildi.

Çizelge 4.26-4.31'de sırasıyla $\text{CeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$, $\text{Ce}(\text{OH})_4$ ve Ce_2O_3 , Gd_2O_3 ve $\text{Gd}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Gd}_2(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{SmCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Sm}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Sm_2O_3 ve $\text{Sm}_2(\text{SO}_4)_3$ numunelerinin K tabakası soğurma kıyısı enerjisine yakın enerjilerde etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu deneysel ve teorik değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 4.12(a-l)'de enerjini bir fonksiyonu

olarak etkin atom numarası değerlerinin ve Şekil 4.13(a-l)'de enerjinin bir fonksiyonu olarak etkin elektron yoğunluğu değerlerinin grafikleri verilmiştir.

Deneysel etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu ile teorik WinXCOM değerleri arasında Ce_2O_3 için $\leq\%7$, $Ce(SO_4)_2$ için $\leq\%5$, $CeCl_3 \cdot 7H_2O$ için $\leq\%5$, $Ce(OH)_4$ için $\leq\%6$, Gd_2O_3 için $\leq\%5$, $Gd_2(CO_3)_3 \cdot H_2O$ için $\leq\%5$, $Gd_2(SO_4)_3$ için $\leq\%6$, $Gd_2(C_2O_4)_3 \cdot H_2O$ için $\leq\%6$, $SmCl_3 \cdot 6H_2O$ için $\leq\%6$, $Sm(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ için $\leq\%5$, Sm_2O_3 için $\leq\%6$ ve $Sm_2(SO_4)_3$ için $\leq\%6$ hata ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Bileşik içindeki element sayısının artmasıyla etkin atom numarasının azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, bileşik içindeki element sayısının artmasıyla etkin elektron yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Artan enerji ile etkin atom numarasının ve etkin elektron yoğunluğunun azaldığı gözlemlenmiştir. Soğurma kıyısı enerjisinde etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğunda ani bir artış olduğu ancak sonra tekrar artan enerji ile azaldığı gözlemlenmiştir. Soğurma kıyısındaki bu artış Polat and İçelli (2010) ve Polat *et al.* (2011)'in belirttiği gibi büyük bir sıçrama değerine (yaklaşık %70-80) sahip değildir. Ölçümlerdeki toplam yüzde bağıl hata $\leq\%5$ 'dir. Bu hata, sayımlardaki istatistiksel hatanın ($\leq\%2$) ve numune kalınlığı belirlenmedeki hatanın ($\leq\%3$) toplamı şeklindedir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, K. K., Ramachandron, N., Karunakaran, N. K., Babu, B. R. S., Joseph, A., Thomas, R., Varier, K. M., 2008. Attenuation studies near K-absorption edges using Compton scattered Am-241 gamma rays. *Pramana Journal of Physics*, 70, 663-641.
- Angelone, M., Bunna, T., Esposito, A., 2001. Measurement of the mass attenuation coefficient for elemental materials in the range $6 \leq Z \leq 82$ using X-rays from 13 up to 50 keV. *Applied Radiation and Isotopes*, 55, 505-511.
- Ayala, A. P., Mainerdi, R. T., 1996. Measurements of the K X-ray absorption jump ratio of erbium by attenuation of a Compton peak. *Radiation Physics and Chemistry*, 47, 177-181.
- Baltaş, H., Çevik, U., Tıraşoğlu, E., Ertuğral, B., Apaydın, G., Kobya, A. I., 2005. Mass attenuation coefficients of YBaCuO and BiPbSrCaCuO superconductors at 511, 611 and 1274 keV energies. *Radiation Measurements*, 39, 33-37.
- Bennal, A. S., Badiger, N. M., 2007. Measurement of K shell absorption and fluorescence parameters for the Mo, Ag, Cd, In, and Sn using a weak gamma source. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 40, 2189-2199.
- Broll, N., 1986. Quantitative X-ray fluorescence analysis: Theory and practice of the fundamental coefficient method. *X-ray Spectrometry*, 15, 271-285.
- Budak, G., Karabulut, A., Ertuğrul, M., 2003. Determination of K-shell absorption jump factor for some elements using EDXRF technique. *Radiation Measurements*, 37, 103-107.
- Budak, G., Polat, R., 2004. Measurement of the K X-ray absorption jump factors and jump ratios of Gd, Dy, Ho and Er by attenuation of a Compton peak. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 88, 525-532.
- Cengiz, E., Doğan, M., Köksal, O. K., 2013. L_{III} subshell absorption jump ratio and jump factor of tantalum. *Radiation Physics and Chemistry*, 85, 8-11.
- Chantler, C. T., Olsen, K., Dragoset, R. A., Chang, J., Kishare, A. R., Kotochigova, S. A., Zucker, D. S., 1995. Detailed tabulation of atomic form factors, photoelectric absorption and scattering cross sections, and mass attenuation coefficients for $Z=1-92$ from $E=1-10$ eV to $E=0,4-1$ meV. *Journal of Physics and Chemistry References Data*, 24, 71-643.
- Chitrallekha, Kerur, B. R., Lagare, M. T., Nathuram, R., Sharma, D. N., 2005. Mass attenuation coefficients of saccharides for low-energy X-rays. *Radiation Physics and Chemistry*, 72, 1-5.
- Çevik, U., Baltaş, H., 2007. Measurement of mass attenuation coefficients and electron densities for BiPbSrCaCuO superconductor at different energies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 256, 619-625.
- Da-Chun, W., Ping-An, L., Huo, Y., 1995. Measurement of the mass attenuation coefficients for SiH_4 and Si. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 95, 161-165.

- Demir, F., 2010. Determination of mass attenuation coefficients of some boron ores at 59,54 keV by using scintillation detectors. *Applied Radiation and Isotopes*, 68, 175-179.
- El-Katab, A. H., Rizk, R. A. M., Abdul-kader, A. M., 2000. Determination of atomic cross-sections and effective atomic numbers for some alloys. *Annals of Nuclear Energy*, 27, 1333-1343.
- Ertuğrul, M., Karabulut, A., Budak, G., 2002. Measurement of the K shell absorption jump factor of some elements. *Radiation Physics and Chemistry*, 64, 1-3.
- Gauglitz, G., Vo-Dinh, T.; 2003. *Handbook of Spectroscopy*. WILEY-VCH Verlag GmbH and Co., 365-366, Weinheim.
- Gerward, L., Guilbert, N., Jensen, K. B., Levring, H., 2001. X-ray absorption in matter: Reengineering XCOM. *Radiation Physics and Chemistry*, 60, 23-24.
- Gowda, S., Krishnaveni, S., Gowda, R., 2005. Studies on effective atomic numbers and electron densities in amino acids and sugars in the energy range 30-1333 keV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 239, 361-369.
- Han, I., Demir, L., 2009. Studies on effective atomic numbers, electron densities from mass attenuation coefficients in Ti_xCo_{1-x} and Co_xCu_{1-x} alloys. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 267, 3505-3510.
- Han, I., Demir, L., 2010. Studies on effective atomic numbers, electron densities and mass attenuation coefficients in Au alloys. *Journal of X-ray Science and Technology*, 18, 39-46.
- Hosur, S. B., Naik L. R., Badiger, N. M., 2011. Study of the K shell photoelectric parameters Dy, Yb and W atoms using low energy bremsstrahlung radiation. *European Physical Journal D*, 62, 155-161.
- İçelli, O., Erzenoğlu, S., 2004a. Effective atomic numbers of some vanadium and nickel compounds for total photon interactions using transmission experiments. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 85, 115-124.
- İçelli, O., Erzenoğlu, S., 2004b. The mass attenuation coefficients in some vanadium and nickel compounds. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 88, 519-524.
- Kahlon, K. S., Sidhu, B. S. Dhaliwal, A. S., Mann, K. S., 2011. Measurement of L_{3-} subshell absorption jump ratios and jump factors of Pb, Th and U. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 184, 177-179.
- Kaya, N., Tıraşoğlu, E., Apaydın, G., Aylıkçı, V., Cengiz, E., 2007. K-shell absorption jump factor and jump ratios in elements between Tm ($Z=69$) and Os ($Z=76$) derived from new mass attenuation coefficient measurements. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 262, 16-23.
- Kaya, N., Kobya, A. I., Tıraşoğlu, E., Apaydın, G., 2008a. An L_{III} ($2P_{3/2}$) subshell absorption jump ratio and jump factor for bismuth. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 41, 225003-225008.
- Kaya, N., Tıraşoğlu, E., Apaydın, G., 2008b. Determination of K shell absorption jump factors and jump ratios in the elements Tm ($Z=69$) and Os ($Z=76$) by measuring K shell fluorescence parameters. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 266, 1043-1048.
- Kaya, N., Apaydın, G., Tıraşoğlu, E., 2011. Measurement of K-shell jump ratios and jump factors for some elements in $76 \leq Z \leq 92$ using EDXRF spectrometer. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 677-681.

- Krause, M. O., 1979. Atomic radiative and radiationless yields for K and L shell. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 8, 307-327.
- Mallikarjuna, M. L., Appaji Gowda, S. B., Gowda, R., Umesh, T. K., 2002. Studies on photon interaction around the K-edge of some rare-earth elements. *Radiation Physics and Chemistry*, 65, 217-223.
- McMaster, W. H., Del Grande, N. K., Mallett, J. H., 1969. Compilation of X-ray cross-sections. Report UCRL-50174, Section II Revision 1, Lawrence Radiation Laboratory (Livermore), University of California.
- Nayak, S. V., Badiger, N. M., 2006. A novel method for measuring K-shell photoelectric parameters of high-Z elements. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 39, 2893-2900.
- Önder, P., Turşucu, A., Demir, D., Gürol, A., 2012. Studies on mass attenuation coefficient, effective atomic number and electron density of some thermoluminescent dosimetric compounds. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 292, 1-10.
- Özdemir, Y., Kurudirek, M., 2009. A study of total mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities for various organic and inorganic compounds at 59,54 keV. *Annals of Nuclear Energy*, 36, 1769-1773.
- Pesen, E., Polat, R., İçelli, O., Yalçın, Z., Orak, S., 2012. The novel terms on the basis of some photon interaction parameters for some barium compounds. *International Journal of Physical Sciences*, 7, 5527-5537.
- Polat, R., İçelli, O., Budak, G., 2004. New method to measure the K-shell absorption jump factor in some rare-earth elements. *Analytica Chimica Acta*, 505, 307-314.
- Polat, R., Budak, G., Gürol, A., Karabulut, A., Ertuğrul, M., 2005. K-shell absorption jump factors for the elements Ag, Cs, Ba and La derived from new mass attenuation coefficient measurements using EDXRF technique. *Radiation Measurements*, 39, 409-415.
- Polat, R., İçelli, O., Yalçın, Z., Pesen, E., Orak, S., 2013. Measurement of K-shell absorption jump factors and jump ratios in some lanthanide elements using EDXRF technique. *Annals of Nuclear Energy*, 54, 267-273.
- Scofield, J. H., 1973. Theoretical photoionization cross-sections from 1 to 1500 keV. Report No. UCRL 51326: Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, CA.
- Scofield, J. H., 1974. Relativistic Hartree-Slater values for K and L X-ray emission rates. *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 14, 121-137.
- Sidhu, B. S., Dhaliwal, A. S., Mann, K. S., 2011a. Measurement of K-shell absorption edge jump factors and jump ratios of some medium elements using EDXRF technique. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 28-32.
- Sidhu, B. S., Dhaliwal, A. S., Mann, K. S., Kahlon, K. S., 2011b. EDXRF technique: An alternative methodology for measuring L_{III} subshell absorption edge jump factor and jump ratio of some high Z elements. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 688-691.
- Sidhu, B. S., Dhaliwal, A. S., Mann, K. S., Kahlon, K. S., 2012. Study of mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities for some low Z compound of dosimetry interest at 59,54 keV incident photon energy. *Annals of Nuclear Energy*, 42, 153-157.

- Singh, K., Kaur, R., Vandana, Kumar, V., 1996. Study of effective atomic numbers and mass attenuation coefficients in some compounds. *Radiation Physics and Chemistry*, 47, 535-541.
- Turgut, Ü., Şimşek, Ö., Büyükkasap, E., Ertuğrul, M., 2002. X-ray attenuation coefficients at different energies and the validity of the mixture rule for compounds around the absorption edge. *Spectrochimica Acta Part B*, 57, 261-266.
- Turgut, Ü., Şimşek, Ö., Büyükkasap, E., Ertuğrul, M., 2004. X-ray attenuation coefficient measurements for photon energies 4,508-13,375 keV in Cu, Cr and their compounds and the validity of the mixture rule. *Analytica Chimica Acta*, 515, 349-352.
- Turgut, Ü., Büyükkasap, E., Şimşek, Ö., Ertuğrul, M., 2005. X-ray attenuation coefficients of Fe compounds in the K-edge region at different energies and validity of the mixture rule. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 92, 143-151.
- Zararsız, A., Aygün, E., 1989. A theoretical and experimental investigation of source-sample detector for geometry for an angular type radioisotope excited XRF spectrometer. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 129, 367-375.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Samsun'da doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Samsun'da tamamladı. 2003 yılında Atatürk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümünü kazandı ve 2007 yılında aynı bölümden mezun oldu. 2007 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı'nda direkt doktora programını kazandı. Aynı yıl İngilizce hazırlık programını başarıyla tamamlayarak doktora derslerine başladı. 2009 yılı itibariyle Bingöl Üniversitesi Fizik Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.