



T.C.

Ardahan Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Sağlığı LEE Ana Bilim Dalı

Çevre Sağlığı Bilim Dalı

**AKTAŞ, ÇILDIR GÖLÜ VE KURA NEHRİ SUYUNUN KÜTLE
SOĞURMA KATSAYILARI, TOPLAM FOTON ETKİLEŞİM
TESİR KESİTLERİ, ETKİN ATOM NUMARALARI VE
ELEKTRON YOĞUNLUKLARININ WINXCOM YARDIMIYLA
BELİRLENMESİ**

Rumeysa Günay AĞAOĞLU

Doç. Dr. Burcu AKÇA

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2023

AKTAŞ, ÇILDIR GÖLÜ VE KURA NEHRİ SUYUNUN KÜTLE SOĞURMA
KATSAYILARI, TOPLAM FOTON ETKİLEŞİM TESİR KESİTLERİ, ETKİN
ATOM NUMARALARI VE ELEKTRON YOĞUNLUKLARININ WINXCOM
YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

Rumeysa Günay AĞAOĞLU

Doç. Dr. Burcu AKÇA

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Sağlığı LEE Ana Bilim Dalı

Çevre Sağlığı Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2023

KABUL VE ONAY

Rumeysa Günay AĞAOĞLU tarafından hazırlanan “Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunluklarının WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, 14.06.2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Aysun BÖKE (Başkan)

Doç. Dr. Burcu AKÇA (Danışman)

Doç. Dr. Fatih ONGÜL

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ŞENEL

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Ardahan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezimin aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / Ardahan Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

14/06/2023

Rumeysa Günay AĞAOĞLU

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan iş birliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* **Tez danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, **Doç. Dr. Burcu AKÇA** danışmanlığında tarafımdan retilildiđini ve Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Rumeysa Günay AğAOğLU

ÖN SÖZ

Yapmış olduğumuz ‘Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunluklarının WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi’ başlıklı tez çalışmasında, Ardahan ilinde bahsi geçen göl ve nehir suları için atomik parametreler hesaplanmış ve γ –ışını duyarlılıkları tespit edilmiştir.

Çalışma, altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, Elektromanyetik dalgalar hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde, radyasyonun madde ile etkileşimi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, atomik parametrelere açıklık getirilmiştir. Dördüncü bölümde, kullanmış olduğumuz materyal ve yöntemlere yer verilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen bulgular beşinci bölümde, elde edilen sonuçlar ise, son bölümde verilmiştir.

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde engin tecrübelerini ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen çok değerli hocam sayın Doç. Dr. Burcu AKÇA’ya en içten duygularla teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez çalışmasında, göl ve nehir sularının elemental analizleri “Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Atomik Parametrelerinin WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi” başlıklı ve “(2022-2) ÖNP-Sağl-005” nolu bilimsel araştırma projesi kapsamındaki destekle Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine (DAYTAM) hizmet alımı yoluyla yaptırılmıştır. Bu destekten dolayı Ardahan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne ve hizmet alımının yapıldığı DAYTAM’a teşekkür ederim.

Çalışma süresince, her daim maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hayat arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Reşat Ahmet Ağaoğlu’na ve bana hep destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Rumeysa Günay AĞAOĞLU

Ardahan, 2023

ÖZET

AĞAOĞLU, Rumeysa Günay. *Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunluklarının WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ardahan, 2023.

Bu çalışmada Ardahan ilinde bulunan Aktaş, Çıldır gölü ve Kura Nehri havzalarından alınan su örneklerinin elemental analizleri ICP-MS kullanılarak yapılmıştır. Kütle soğurma katsayıları, toplam foton etkileşim tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları, doğal radyasyonun önemli bir kaynağı olan Ra-226'nın, Rn-222, Bi-214 ve Po-214'e bozunurken açığa çıkan ana γ -ışını enerjileri (Rn-222 için 186.211, Bi-214 için 53.2275, 241.997, 295.224, 351.932, 785.96, Po-214 için 609.312, 665.453, 768.356, 806.174, 934.061, 1120.287, 1155.19, 1238.111, 1280.96, 1377.669, 1401.50, 1407.98, 1509.228, 1661.28, 1729.595, 1764.494, 1847.420, 2118.55, 2204.21 ve 2447.86 keV) için, WinXCom yardımıyla belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:

Aktaş Gölü, Çıldır Gölü, Kura Nehri, WinXCom, Radyasyon, Kütle Soğurma Katsayısı, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesiti, Etkin Atom Numarası, Elektron Yoğunluğu.

ABSTRACT

AĞAOĞLU, Rumeysa Günay. Determination of The Mass Attenuation Coefficients, Total Photon Interaction Cross Sections, Effective Atomic Numbers and Electron Densities of Aktaş, Çıldır Lake and Kura River Water with the Help of WinXCom, Master Thesis, Ardahan, 2023.

In this study, elemental analyzes of water samples taken from Aktaş, Çıldır Lake, and Kura River basins in Ardahan province were carried out using ICP-MS. The mass attenuation coefficients, total photon interaction cross sections, effective atomic numbers, and electron densities were determined with the help of WinXCom for the main γ –ray energies released when Ra-226, which is an important source of natural radiation, decays into Rn-222, Bi-214, and Po-214 (186.211 for Rn-222, 53.2275, 241.997, 295.224, 351.932, 785.96 for Bi-214, 609.312, 665.453, 768.356, 806.174, 934.061, 1120.287, 1155.19, 1238.111, 1280.96, 1377.669, 1401.50, 1407.98, 1509.228, 1661.28, 1729.595, 1764.494, 1847.420, 2118.55, 2204.21 and 2447.86 keV for Po-214).

Keywords:

Aktaş Lake, Çıldır Lake, Kura River, WinXCom, Radiation, Mass Attenuation Coefficient, Total Photon Interaction Cross Section, Effective Atomic Number, Electron Density.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	ii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖN SÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM	7
ELEKTROMANYETİK DALGALAR.....	7
1.1. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM.....	7
1.1.1. Radyo Dalgaları	8
1.1.2. Mikrodalga	8
1.1.3. Kızılötesi	9
1.1.4. Morötesi	9
1.2. RADYASYON.....	9
1.2.1. İyonize Olmayan Radyasyon	9
1.2.2. İyonize Radyasyon	10
1.2.2.1. Alfa Radyasyonu.....	11
1.2.2.2. Beta Radyasyonu.....	11
1.2.2.3. X-Işını.....	12
1.2.2.4. Gama Radyasyonu.....	13
1.2.2.5. Nötron Radyasyonu.....	14
1.3. ZIRHLAMA.....	15
1.4. DOĞAL VE YAPAY RADYASYON.....	16
1.5. RADYASYONDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ.....	18
1.6. RADYASYONUN CANLI ORGANİZMALARA BİYOLOJİK ETKİLERİ	20
2. BÖLÜM	22
RADYASYON VE MADDE	22

2.1. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞİMİ.....	22
2.1.1. Fotoelektrik Olay	24
2.1.2. Compton Saçılması	25
2.1.3. Çift Oluşum.....	27
2.1.4. Koherent Saçılma	28
3. BÖLÜM	30
ATOMİK PARAMETRELER.....	30
3.1. KARIŞIM KURALI.....	30
3.2. TESİR KESİTİ.....	31
3.2.1. Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesiti	32
3.3. SOĞURMA KİYİSİ VE SOĞURMA KATSAYILARI	32
3.3.1. Lineer Soğurma Katsayısı	33
3.3.2. Kütle Soğurma Katsayıları.....	34
3.4. ETKİN ATOM NUMARASI.....	36
3.5. ELEKTRON YOĞUNLUĞU	37
4. BÖLÜM	39
MATERYAL VE YÖNTEM.....	39
4.1. SU NUMUNELERİNİN TOPLANMASI VE HAZIRLANMASI.....	39
4.2. ICP-MS ANALİZİ	40
4.3. WinXCom PROGRAMI	42
5. BÖLÜM	46
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	46
SONUÇ	94
KAYNAKÇA.....	105
EKLER	115
EK 1. ORJİNALLİK RAPORU FORMU	115
EK 2. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU	116
ÖZ GEÇMİŞ.....	117

KISALTMALAR DİZİNİ

I_1	d_1 mesafedeki radyasyonun şiddeti
I_2	d_2 mesafedeki radyasyonun şiddeti
m_0	Elektronun durgun kütlesi
λ	Dalga boyu
Bi-214	Bizmut-214
U-238	Uranyum
K-40	Potasyum
Th-232	Toryum
Sv	Sievert
MeV	Mega Elektron Volt
σ_a	Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesiti
μ/ρ	Kütle soğurma katsayısı
ρ	Yoğunluk
E_b	Bağlanma enerjisi
h	Planck sabiti
ν	Fotonun frekansı
E_k	Kinetik enerji
θ	Fotonun saçılma açısı
c	Işık hızı
Z	Atom numarası
D	Yüzey yoğunluğu
σ	Tesir kesiti
Z_{et}	Etkin Atom Numarası
N_e	Elektron yoğunluğu
Ra-226	Radium-226
Rn-222	Radon-222
Po-214	Polonyum-214
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
Ppb	Parts Per Billion (Milyarda)

γ	Gama
NCCLS	National Committee for Clinical Laboratory Standards



TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. İyonlaştırıcı radyasyonlar.	11
Tablo 2. Radyoaktif parçacıkların zırhlanma malzemeleri.	15
Tablo 3. İnsan vücudunun ışınlama sonucunda olası klinik belirtileri.....	21
Tablo 4. Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi.	46
Tablo 5. Aktaş Gölü-1 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	55
Tablo 6. Aktaş Gölü-2 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	56
Tablo 7. Aktaş Gölü-3 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	57
Tablo 8. Aktaş Gölü-4 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	58
Tablo 9. Aktaş Gölü-5 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	59
Tablo 10. Aktaş Gölü-6 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	60
Tablo 11. Aktaş Gölü-7 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	61
Tablo 12. Aktaş Gölü-8 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	62
Tablo 13. Aktaş Gölü-9 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	63
Tablo 14. Aktaş Gölü-10 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	64
Tablo 15. Aktaş Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları.....	65
Tablo 16. Çıldır Gölü-1 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	68
Tablo 17. Çıldır Gölü-2 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	69

Tablo 18. Çıldır Gölü-3 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	70
Tablo 19. Çıldır Gölü-4 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	71
Tablo 20. Çıldır Gölü-5 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	72
Tablo 21. Çıldır Gölü-6 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	73
Tablo 22. Çıldır Gölü-7 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	74
Tablo 23. Çıldır Gölü-8 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	75
Tablo 24. Çıldır Gölü-9 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	76
Tablo 25. Çıldır Gölü-10 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	77
Tablo 26. Çıldır Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları.....	78
Tablo 27. Kura Nehri-1 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	81
Tablo 28. Kura Nehri-2 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	82
Tablo 29. Kura Nehri-3 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	83
Tablo 30. Kura Nehri-4 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	84
Tablo 31. Kura Nehri-5 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	85
Tablo 32. Kura Nehri-6 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	86
Tablo 33. Kura Nehri-7 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	87

Tablo 34. Kura Nehri-8 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	88
Tablo 35. Kura Nehri-9 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	89
Tablo 36. Kura Nehri-10 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları	90
Tablo 37. Kura Nehri ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları.....	91
Tablo 38. Metallerin toksisitesine göre sınıflandırılması.....	99
Tablo 39. Yüzey suları kalite standartları inorganik bazı parametreler	103
Tablo 40. Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri için iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri.....	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Elektromanyetik spektrum	8
Şekil 2. X-ışını tüpü.	12
Şekil 3. Gama radyasyon yayımlanması.	14
Şekil 4. Nötron yapısı.....	14
Şekil 5. Radyoaktif zırhlama.....	15
Şekil 6. Doğadaki doğal ve yapay radyasyon oranları.	17
Şekil 7. Doğada doğal radyasyon oranları.	18
Şekil 8.Yapay radyasyon kaynakları.....	18
Şekil 9. Radyasyondan zırhlanma, mesafe ve zaman ile korunma.	19
Şekil 10. Radyasyonun DNA'ya ve canlı hücreye etkisi.	20
Şekil 11. Radyasyonun insan dokusuna zararı.....	21
Şekil 12. Fotoelektrik, Compton ve Çift oluşumu olaylarının gözlemlendiği bölgeler...	23
Şekil 13. Fotoelektrik olay	24
Şekil 14. Şekil Fotoelektrik olayın şematik gösterimi.	25
Şekil 15. Compton saçılması.....	26
Şekil 16. Çift oluşum	27
Şekil 17. Rayleigh saçılma gösterim şeması.	29
Şekil 18. Tesir kesitiyle nüfuz eden kümenin şiddeti arasındaki ilişkiyle tesir kesitinin geometrik yorumu.	31
Şekil 19. WinXCom programı	43
Şekil 20. WinXCom programına enerji değerlerinin manuel olarak girilebildiği ara yüz	44
Şekil 21. Hesaplarda kullanılan WinXCom programının ekrandaki görüntüsü.	44
Şekil 22. Göl ve nehir sularının WinXCom programına tanıtılması.....	45
Şekil 23. Enerjiye (MeV) karşı elde edilen Sum (Kütle Soğurma Katsayısı) (cm^2/g) Değerleri.....	45
Şekil 24. Aktaş Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayılarının enerjiyle değişimi.....	66

Şekil 25. Aktaş Gölü ortalama değerler için Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitlerinin enerjiyle değişimi.....	66
Şekil 26. Aktaş Gölü ortalama değerler için Etkin Atom Numaralarının enerjiyle değişimi.....	67
Şekil 27. Aktaş Gölü ortalama değerler için Elektron Yoğunluklarının enerjiyle değişimi.....	67
Şekil 28. Çıldır Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayılarının enerjiyle değişimi.....	79
Şekil 29. Çıldır Gölü ortalama değerler için Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitlerinin enerjiyle değişimi.....	79
Şekil 30. Çıldır Gölü ortalama değerler için Etkin Atom Numaralarının enerjiyle değişimi.....	80
Şekil 31. Çıldır Gölü ortalama değerler için Elektron Yoğunluklarının enerjiyle değişimi.....	80
Şekil 32. Kura Nehri ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayılarının enerjiyle değişimi.....	92
Şekil 33. Kura Nehri ortalama değerler için Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitlerinin enerjiyle değişimi.....	92
Şekil 34. Kura Nehri ortalama değerler için Etkin Atom Numaralarının enerjiyle değişimi.....	93
Şekil 35. Kura Nehri ortalama değerler için Elektron Yoğunluklarının enerjiyle değişimi.....	93
Şekil 36. Radon atomunun radyoaktif bozunum şeması.....	95

GİRİŞ

1896’da Becquerel normal gözle görülemeyen ve foto grafik filmlere etki edebilen değişik ışınların, özellikle uranyum tuz bileşiklerinden çevreye saçılmasını gözlemleyerek, nükleer fizikte yeni bir çığır açmış ve radyoaktivite olayını keşfetmiştir (Kahya, 1985). Doğal ve yapay radyoaktif çekirdeklerin daha kararlı yapıya dönüşebilmesi için dışarı yayınladıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklindeki taşınan fazla enerjileri, radyasyon olarak adlandırılır. Herhangi bir maddenin atomundaki çekirdekte proton-nötron sayıları dengede değilse, daha doğrusu nötronlar protonlardan çok ise, bu durumda çekirdekteki fazla nötronlar parçalanır. Bu süreç esnasında gama ışınları yayılır. Çevreye yayılan bu ışınlara ise “radyasyon” denmektedir. Radyasyon, elektromanyetik dalga veya parçacık halinde bulunan enerjinin aktarımı veya emilmesidir. Radyasyon, sürekli olarak doğada bulunur ve hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Tabi ki radyasyon sadece atomun çekirdeğinden değil, X-ışınları gibi atomun yörüngelerindeki geçişlerden de yayınlanmaktadır. Yayınlandığı yer radyasyonun gücü ve enerjisi üzerinde belirleyici olmaktadır. Radyoaktivite ise; çekirdek kararlı oluncaya kadar atom çekirdeklerinin bazı parçacıklarla birlikte enerji yaymakla kendi kendine bozunması demektir. Radyasyonun yayılmasına neden olan bileşiklere radyoaktif maddeler denir (UNEP, 2006). Vücudumuz ve organlarımız sürekli radyasyon almaktadır. Bu radyasyon, çoğu zaman hiçbir açık belirti oluşturmadan etkileyebilmektedir (Akpınar, 2019). Elektromanyetik radyasyonun maddeyle etkileşmesi ve enerji kaybı ile ilgili bilgiler, radyasyonun dedeksiyonu, korunma ilkelerinin belirlenmesi, biyolojik etkilerinin incelenmesi ve nükleer tekniklerin çok çeşitli alanlarda kullanılmasına temel oluşturur. Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşmesinde temel ajanlar atomik elektronlardır (Akça, 2014). Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşmesi iki temel olayı soğurma ve saçılmayı ortaya çıkarmaktadır. Bu olaylar sonucunda madde hakkındaki atomik ve moleküler düzeydeki bilgiler, ancak atomik parametrelerin belirlenmesiyle elde edilebilir.

Atomik parametrelerin belirlenmesi; uzay fiziği, astronomi, nükleer fizik, nükleer silah yapımı, katı hal fiziği, kozmik ışın çalışmaları, jeoloji, plazma fiziği, uydu yapımı, materyal kalınlığının belirlenmesi, dozimetri, radyoloji ve radyoterapi gibi radyasyon uygulamalarında da çok önemlidir (Han ve Demir, 2009).

Özellikle tıbbi uygulamalardan gelen yapay radyasyon ve tabiatta bulunan doğal radyasyondan dolayı radyasyonla iç içe yaşamaktayız. Hal böyle olunca iyonize radyasyonla madde etkileşmesinin ne düzeyde olduğu oldukça önemli hale gelmektedir. Bu etkileşim sonucunda maddenin ya da canlı dokunun aldığı doz etkileşimin derecesine bağlı olmaktadır. İyonize radyasyonla etkileşim ne kadar fazla ise doz miktarının o kadar büyük olması beklenmektedir. Tabii bu etkileşim için belirleyici üç kriter vardır; süre, mesafe ve zırhlama. Bu üç kriter etkileşimin derecesini belirlemektedir. İyonize radyasyon madde veya canlı doku ile ne kadar çok zaman geçirmişse ne kadar yakından etkileşmişse ayrıca ortamda hiçbir koruyucu ve zırh malzemesi yoksa etkileşme daha güçlü olacaktır. Bu da bu madde ve canlı doku için doz miktarının fazla olacağını gösterecektir. Bunlardan dolayı iyonize radyasyonun madde ile etkileşmesinin derecesinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bunu belirlemek için etkileşim ya da atomik parametrelerin (kütle soğurma katsayıları, toplam foton etkileşim tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarının) belirlenmesi gerekmektedir. Bundan dolayı bir çok çalışmada farklı maddeler için farklı enerjilerde atomik parametreler teorik ya da deneysel olarak belirlenmektedir. Yaptığımız literatür taramasında son yıllarda da konunun popüler olduğu görülmüştür ve literatür özeti aşağıda verilmiştir.

Ahmadov ve diğerleri (2005) Azerbaycan'dan geçen Kura Nehri suyunda eser ağır metaller (As, Cd, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb ve Zn) ve majör katyonları (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ ve Na^+) Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) kullanarak belirlemişlerdir. Kükrer ve diğerleri (2014) Çıldır Gölü sedimentlerinde ağır metal seviyesini (Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe As, Cd, Cr, Hg), ICP-MS ile analiz etmişlerdir. Organik karbon ve klorofil bozunma ürünlerinin, Çıldır Gölüne ekolojik etkilerini belirlemişlerdir. Sedimentlerdeki ağır metallerin ortalama konsatrasyonları sırası ile $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ olarak belirlenmiştir. Kükrer ve diğerleri (2015) Çıldır Gölü sedimentlerinde ağır metal (Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Cr, Al, Hg) seviyesini ICP-MS kullanılarak belirlemişlerdir. Ağır metallerin, organik karbon ve klorofil bozunma ürünlerinin ekolojik risklerini değerlendirmişlerdir. Alkan ve diğerleri (2016) Çıldır Gölünde su ve yüzey sedimentlerindeki ağır metal seviyesini ICP-MS tekniği kullanarak belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre göl ve gölü besleyen kaynak sularının

“Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmenliği” limitleri açısından 1. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

Ahmadov ve diğerleri (2016) Azerbaycan’dan geçen Kura Nehri suyunda Uranyum ve Toryum konsantrasyonlarını ICP-MS cihazı kullanarak belirlemişlerdir. Uranyum konsantrasyonu 0.697-7.035 ug/L (mikrogram) aralığında ve ortalama olarak 1.812 ug/L olarak ölçülmüştür. Toryum değeri ise 0.01 $\mu\text{g/L}$ olarak ölçülmüştür. Nehir suyundaki Uranyum konsantrasyonunun, Dünya Sağlık Örgütünün belirlediği sınırdan (30 ug/L) daha düşük olduğu görülmüştür. Kükreci (2017) Aktaş Gölü yüzey sedimentlerinde ağır metallerin oluşturduğu ekolojik risk ve kirliliği incelemiştir. Ağır metallerin sırası ile $\text{Al} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cr} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Cd} > \text{Hg}$ olduğu tespit edilmiştir. Hg için düşük kontaminasyon bulunmuştur. Kirlilik potansiyeli, ekolojik risk ve toksik risk herhangi bir ekolojik risk göstermemiştir. Ancak metaller için potansiyel risk indeksi tek tek ele alındığında Hg için orta düzeyde potansiyel risk tespit edilmiştir. Sriwongsa ve diğerleri (2020) Eu katkılılandırılmış CsCaBrI_2 , CrSrBrI_2 ve CsCrBr_2 sintilatörlerinin kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve etkin elektron yoğunluklarını 100 keV ile 1500 keV foton enerjisinde, WinXCom programı kullanarak hesaplamışlardır. Sonuç olarak, 100 keV enerjide Eu katkılılandırılmış CsCaBrI_2 sintilatörünün etkin atom numarasının, Eu katkılılandırılmış CsSrBrI_2 ve CsSrBr_2 sintilatörlerinden daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. 101 ile 1500 keV enerji aralığında ise Eu katkılılandırılmış CsSrBrI_2 sintilatörünün etkin atom numarasının, Eu katkılılandırılmış CsCaBrI_2 ve CsSrBrI_2 sintilatörlerinden daha büyük olduğunu belirlemişlerdir. 100 keV ile 1500 keV foton enerji aralığındaki etkin elektron yoğunluğunun ise Eu katkılılandırılmış CsSrBrI_2 sintilatörü için, Eu katkılılandırılmış CsCaBrI_2 ve CsSrBrI_2 sintilatörlerinden daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. More ve diğerleri (2020) nükleer tıp uygulamalarında geniş kullanım alanına sahip olan bazı termoplastik polimerlerin lineer soğurma katsayıları, toplam moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları, etkin elektron yoğunlukları, HVL (Half-value layer) (yarı değer kalınlığı) ve TVL (Tenth value layer) (onda bir kalınlık değeri) değerlerini 122-1331 keV foton enerjilerinde NaI (TI) detektörü kullanarak ölçmüşlerdir ve WinXCom ve MCNPX (Monte Carlo N-Particle Transport Code System) simülasyonu ile karşılaştırmışlardır. Deneyisel sonuçların, MCNPX simülasyonundan elde edilen sonuçlara daha yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. Azadbakht (2020) insan vücudundaki farklı kemiklerin

kütle soğurma katsayıları, etkin atom numaraları, elektronik tesir kesitleri, elektron yoğunlukları ve CT (Computed tomography) numaralarını, gama ışınları anihilasyonu ve Ga-(67), Sm-(153), Tc-(99m), TI-(201), I-(131) ana gama ışınları için belirlemiştir. Bu atomik parametreleri hesaplamak için MCNPX kodu, WinXCom, XMuDat programı, Auto- $Z_{(eff)}$ yazılımı ve interpolasyon metodu kullanmıştır. MCNPX kodunun sonuçlarının $\leq 4.42\%$ farklılıkla WinXCom, XMuDat programlarıyla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Farklı kemik tiplerinin foton etkileşim karakteristikleri hesaplanırken Monte Carlo kodunun ve bilgisayar programlarının daha uyumlu sonuçlar ortaya çıkardığı belirlenmiştir. Akça (2021) Türkiye’de bulunan çeşitli inşaat malzemeleri için 59.54 keV gama enerjisinde build up faktörleri, kütle soğurma katsayıları, toplam foton etkileşim tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarını belirlemiştir. Azuraída ve diğerleri (2021) $[(TeO_2)_{(0.7)}(B_2O_3)_{(0.3)}]_{(1-x)}(BaO)_{(x)}$ cam sistemlerinin kütle soğurma katsayıları, elektron yoğunlukları ve etkin atom numaraları 1 keV-100 GeV enerji aralığında WinXCom programı ile hesaplayarak, gama zırlama parametrelerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak tüm camlarda BaO miktarının artması ile kütle soğurma katsayılarının arttığı belirlenmiştir. WinXCom programı ile elde edilen elektron yoğunluğunun ve etkin atom numarasının, Ba kompozisyonuna ve foton enerjisine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Kabir ve diğerleri (2021) mamografi fantomunun doku eşdeğer özelliklerini elemental kompozisyon, elektron yoğunluğu, etkin atom numarası, soğurma katsayısı ve CT (Computed tomography) (BT; Bilgisayarlı tomografi) numarasını belirleyerek karakterize etmişlerdir. Fantom materyalinin mikroyapısını ve elemental yapısını FESEM (Field Emissions Scanning Electron Microscopy) ile etkin atom numarası ve elektron yoğunluğunu ise EDXA (Energy Dispersive X-ray Analysis) ile belirlemişlerdir. Sonuç olarak, meme dokusu ve suyun kütle soğurma katsayısı değerlerinin, XCom teorik değerleri ile karşılaştırıldığında aralarındaki farkın az olduğu tayin edilmiştir. Akhdar ve diğerleri (2022) Polietilen glikol malzemesinin kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını 8.67-23.19 keV enerji aralığı için incelemişlerdir. Elde edilen sonuçları, XCom ve Monte Carlo sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Ölçülen deneysel sonuçlar ve teorik değerler arasında iyi bir uyum olduğu tespit edilmiştir ve XCom değerlerinde %5 değerinde bir sapma olduğu görülmüştür. Tech (2022) Brezilya’da bulunan Serra Dourade State Park’taki kambisol

toprakların, kütle soğurma katsayıları, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaralarını, 1-100 keV enerji için XCom kullanılarak hesaplamıştır.

Ayrıca kombisol topraklarda oksit madde analizleri EDXRF (Energy Dispersive X-ray Florescence) ve WDXRF (Wavelength Dispersive X-ray Florescence) ile yapılmıştır. Radyasyon etkileşim parametrelerinin, malzemenin kimyasal kompozisyonuna bağlı olduğu görülmüştür. Sadeq ve diğerleri (2022) ağır metal karışımı ile katkılandırılmış bor silikat cam sistemlerin $[20 \text{ SiO}_2 + 54 \text{ B}_2\text{O}_3 + 1 \text{ NiO} + x \text{ Bi}_2\text{O}_3 + (25-x) \text{ BaO}]$ $[x=5, 10, 15, 20, 25 \text{ mol. \%}]$ lineer soğurma katsayıları, toplam atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları, etkin elektron yoğunlukları, HVL ve TVL gibi radyasyon zırhlama parametrelerini ya da atomik parametrelerini 0.662, 1.173 ve 1.332 MeV enerjide elde etmişlerdir. Ölçülen atomik parametreleri, Monte Carlo simülasyonunun Geant-4 kodu ve XCom'dan elde edilen teorik değerlerle karşılaştırmışlardır. BaO ve Bi₂O₃ ağır metalleri ile katkılandırılmış borosilikat camların görünür bölgede transparan olmalarına rağmen, gama ışınları için iyi bir zırhlama malzemesi oldukları gözlenmiştir. Seenappa (2022) akciğer, kalp, böbrek ve beyin gibi organların yeni doğan dokusu ve erişkin dokusunun etkin atom numaraları, elektron yoğunlukları ve CT (Computerized Tomography) (BT; Bilgisayarlı tomografi) numaralarını hesaplamıştır. 1 keV-100 keV enerji aralığı için moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin hesabından yararlanarak WinXCom programı ile etkin atom numaralarını hesaplamıştır. Yeni doğan dokusu ve erişkin dokusunda atom numarası, CT numarası ve elektron yoğunluğunun farklı olduğu, diğer hesaplanan atomik parametrelerin benzer olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçların radyoterapi ve radyolojide faydalı olacağı belirtilmiştir.

Literatür araştırması sonucunda Aktaş, Çıldır Gölleri ve Kura Nehri ile ilgili radyasyona ve radyasyonla etkileşmeye yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Atomik parametreler belirlenirken eğer madde kompleks bir madde ise bu durumda karışım kuralı kullanılmaktadır. Karışım kuralına göre maddenin içerisindeki elementlerin kütlece yüzdeleri bilinmeli ve atomik parametrelerde bunlar dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, Ardahan ilinde bulunan Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri havzalarından alınacak örneklerin elemental analizleri "Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Atomik Parametrelerinin WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi" başlıklı bilimsel araştırma projesi kapsamında yaptığımız hizmet alımı ile ICP-MS cihazı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen elemental analizlerden faydalanılarak doğal radyasyonun önemli

bir kaynağı olduğu bilinen Ra-226'nın, Rn-222, Bi-214 ve Po-214'e bozunurken açığa çıkan ana γ -ışını enerjileri (Rn-222 için 186.211, Bi-214 için 53.2275, 241.997, 295.224, 351.932, 785.96, Po-214 için 609.312, 665.453, 768.356, 806.174, 934.061, 1120.287, 1155.19, 1238.111, 1280.96, 1377.669, 1401.50, 1407.98, 1509.228, 1661.28, 1729.595, 1764.494, 1847.420, 2118.55, 2204.21 ve 2447.86 keV) için WinXCom programı kullanılarak atomik parametrelerin (kütle soğurma katsayıları, toplam foton etkileşim tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunlukları) hesaplamaları yapılmıştır.



1. BÖLÜM

ELEKTROMANYETİK DALGALAR

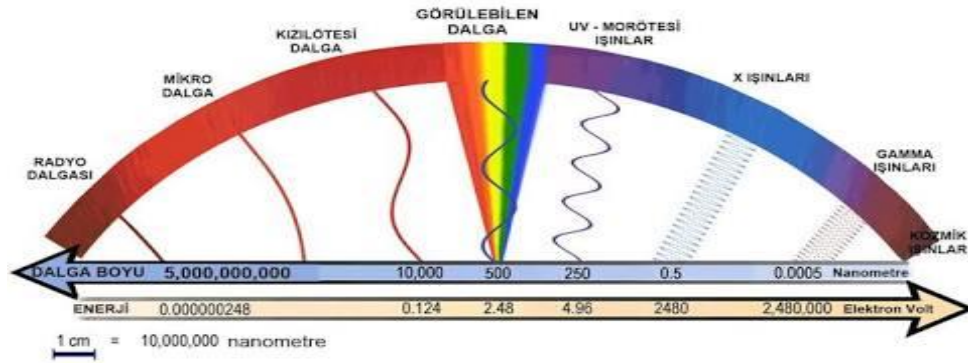
1.1 ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

Elektrik ve manyetik alanların birlikte hareketi elektromanyetik dalga olarak adlandırılmaktadır (Maxwell, 1896, Wackeroth, 2005). Işık şualarının elektromanyetik dalga yapısına sahip olması ilk kez Maxwell tarafından bulunmuştur (Sengupta, 2003). İlerleyen yıllar da ise elektromanyetik dalganın diğer tipleri keşfedilmiş ve geniş bir dalga boyu aralığında olduğu belirlenmiştir. Elektromanyetik spektrum ilk kez Newton tarafından cam prizma üzerine salınan güneş ışığının prizmadan geçerek yedi farklı renge ayrılması ile keşfedilmiştir (Barstow, 2005; Hunt, 2000). Elektromanyetik spektrumu oluşturan ışınların tüm özellikleri birbirine benzer olsa da dalga boyu ve frekansı farklılık göstermektedir. Enerji ve frekans arasındaki ilişki (1.1) eşitliği ile gösterilmektedir.

$$E = h\nu \quad (1.1)$$

Burada; E enerjiyi, h Planck sabitini, ν frekansı belirtmektedir (Lochner, 2005). Elektromanyetik spektrum, sahip oldukları dalga boyu uzunluğuna göre radyo dalgası, kızılötesi (uzak, orta ve yakın kızılötesi), mikrodalga, morötesi (yakın, uzak ve uç morötesi), görünür bölge, X-ışını ve γ -ışını dalgalarından oluşmaktadır. Şekil 1’de elektromanyetik spektrum verilmiştir.

ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM



Şekil 1. Elektromanyetik spektrum

Işığın boşlukta yayılma hızı $c = 3 \times 10^8$ m/s sabit olup, frekans değeri ile dalga boyu ters orantılıdır. Elektromanyetik spektrumun dalga boyu ile enerjisi arasındaki ilişki,

$$E = hc/\lambda \quad (1.2)$$

ile verilir. Denklemden görüldüğü üzere, elektromanyetik spektrumun dalga boyu küçüldükçe enerjisi artar (Taylor, 1996).

1.1.1. Radyo Dalgaları

Dalga boyu (m) $> 1 \times 10^{-1}$, Frekans (Hz) $< 3 \times 10^9$ ve Enerji (J) $< 2 \times 10^{-24}$ olan elektromanyetik dalgalardır. Radyolarımız bu dalgaları radyo istasyonlarından almaktadır. Radyo istasyonu, sesi radyo ışığı şeklinde kodlamaktadır (Butcher, 2005).

1.1.3. Mikrodalga

Birkaç milimetre uzunluğunda dalga boyuna sahip mikrodalga boyutundaki görünmeyen ışıktır. Mikrodalga fırınlar bu ışığı kullanarak çalışmaktadır (Jagadeesh, 1968).

1.1.3. Kızılötesi

Kızılötesi ışığın dalga boyu birkaç mikrometre uzunluğa kadar ulaşmaktadır. Televizyonun kumanda kontrolü kızılötesi ışık ışınlarının kullanımı ile izah edilmektedir (Mandai, 1990). İnsan vücudu kızılötesi ışın yayar ki, bu ışınlar uzaktan kumanda da kullanılandan farklı şiddette dalga boyuna sahiptir.

1.1.4. Morötesi

Dünya atmosferini koruyan ozon tabakası morötesi ışınların tüm canlılar üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirmeye yardım etmektedir. Güneş başlıca doğal morötesi ışın kaynağımızdır. Güneşin morötesi ışınlarından yalnızca bir kısmı yeryüzüne ulaşmakta ve bu ışınlar güneş yanıklarına, cilt hastalıklarına ve cilt kanserine sebep olmaktadır (Cope, 2006). Bu ışınlar aynı zamanda gözde katarakta ve damar genişlenmesi gibi sağlık sorunlarına yol açmaktadır. (Wahlgren, 1993).

1.2. RADYASYON

Radyasyon; yüksek hızdaki partiküllerin ve elektromanyetik dalgaların enerjisi olarak bilinmektedir. İyonize olmayan radyasyon ve İyonize radyasyon olarak iki gruba ayrılmaktadır.

1.2.1. İyonize Olmayan Radyasyon

Maddeyle etkileşmelerinde düşük enerjiye sahip olma nedeninden dolayı iyonizasyon gerçekleştiremeyen, fakat atomun yörünge elektronlarında değişme yapabilen radyasyona, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon denir. Bu değişimler organizma üzerinde ciddi bir zarara sebep olmamaktadır (Değerliler, 2007). İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlardan bazıları duyu organları tarafından hissedilebilmektedir. Bu radyasyon türleri düşük enerjiye ve yüksek dalga boyuna sahiptir. Radyo dalgaları, cep telefonları, mikrodalga, kızılötesi, görünür ışık, lazer ışınları ve ultraviyole ışınlar iyonlaştırıcı olmayan radyasyon grubundadırlar (Daşdağ, 2010).

1.2.2. İyonize Radyasyon

Kararlı haldeki bir atom elektronlarından herhangi birisi çıkarıldığında, atomdaki protonların sayısı elektronların sayısından fazla olduğu için atom elektrik yükü almış olur ve bu atom iyon olarak isimlendirilir. İyonların oluşumuna iyonizasyon adı verilir (Osmanoğlu 2014). İyonize radyasyon parçacık radyasyonu ve dalga karakterinde radyasyon olarak iki gruba ayrılır. Parçacık radyasyonu; belli bir kütle ve enerjiye sahip olan, çok hızlı hareket edebilen minik parçacıkları ifade ederken, dalga tipi radyasyon ise, belli enerjiye sahip ancak kütesiz radyasyonu ifade etmektedir. Bu dalgalar, titreşerek yayılan ve ilerleyen elektrik ve manyetik enerji dalgaları gibidir. Dalga tipi radyasyonlar ışık hızıyla (3×10^8 m/s) hareket etmektedirler (Göksel 1973; Güngör 1991). Alfa (α) ve Beta (β) bozunumu parçacık iyonize radyasyonu, X ve γ ışınları ise dalga tipli iyonize radyasyonunu oluşturmaktadır. X ve γ ışınlarının özellikleri birbirlerine benzese de meydana geliş şekilleri farklıdır. X ışınları çekirdek dışında oluşan elektron kaynaklı ışınlar olup, γ ışınları radyoaktif bir çekirdeğin kararlı hale geçmesi esnasında parçalanarak açığa çıkan fazla enerjinin, çekirdekten dışarı çıkması sonucunda oluşmaktadır (Özalpan, 2001; Algüneş, 2002). Alfa parçacıkları, Beta parçacıkları, Gama ışınları, Nötron parçacıkları ve X-ışınları iyonize ya da iyonlaştırıcı ışınlardır. X-ışınları atomun kabuğundan yayınlanırken, diğer parçacıklar ve dalgalar atomun çekirdeğinden yayımlanmaktadır. Bu sebeple ortaya çıkan radyasyonlar nükleer radyasyonlar olarak adlandırılırlar. İyonlaştırıcı radyasyonlar Tablo 1’de gösterilmiştir (Osmanoğlu, 2014).

Tablo 1. İyonlaştırıcı radyasyonlar

Radyasyon Tipi	Yapısı	Kütlesi	Yükü	Ortalama Menzili	
				Hava	Doku
Alfa	2 proton	4	2	3 cm	0.04 mm
	2 nötron				
Beta	Elektron	1/1840	-1	3 mm	5 mm
X ve Gama	Elektro Manyetik	0	0	Sonsuz	Vücut içine
	Enerji Dalgaları				
Nötronlar	Nötronlar	1	0	Çok geniş	Vücut içine

Kaynak: Osmanoğlu (2014)

1.2.2.1. Alfa Radyasyonu

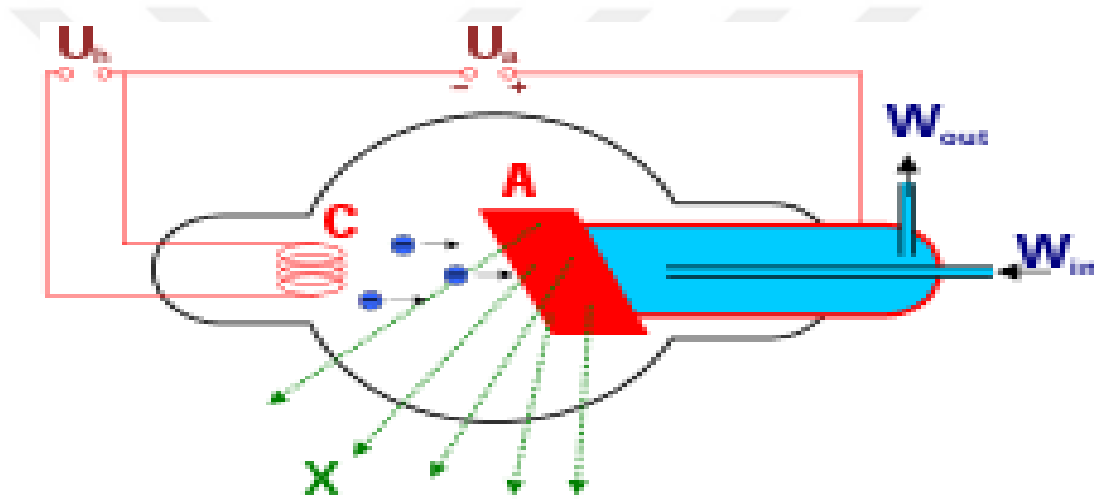
Alfa parçacıkları, pozitif yüklü helyum çekirdeğinden ibaret iki proton ve iki nötrondan oluşmaktadır. Parçalandığı zaman çekirdekten alfa parçacıklarının kopuşu, büyük atom numaralı izotoplarda gözlemlenmektedir. Çekirdek içerisinde yüksek elektriksel yükleri sebebi ile yoğun iyonizasyon oluşturmalarından dolayı, enerjilerini kısa sürede tüketirler. Radyasyon tehlikesinin çok az olmasının sebebi, erişme uzaklıklarının az olmasıdır. Bu uzaklık doku üzerinde 0.003 mm olup, deriye eriştikten sonra dokuyu geçebilmesi mümkün değildir. Bu parçacıklar, ancak ağız yoluyla ve nefesle alınması halinde insan sağlığı bakımından risk oluşturabilmektedir (Oyar, 1998).

1.2.2.2. Beta Radyasyon

Beta parçacıkları, ya pozitif (+) ya da negatif (-) yüklü parçacıklardır. Bu parçacıkların yayımlanması, çekirdek içindeki nötron fazlalığından kaynaklanırsa, yayımlanan parçacıklar negatif yüklü, proton fazlalığından kaynaklanırsa pozitif yüklü olmaktadır. Beta parçacıkları alfa parçacıklardan daha hafif ve de daha küçük oldukları için giricilikleri onlara göre daha yüksektir. Beta parçacıkları insan vücudunda 5 mm kadar giricilik gösterebilirler, ama havada bu mesafe 3 m'ye kadar çıkabilmektedir. Alfa parçacıkları gibi, beta parçacıkları da ağız yoluyla veya nefesle bedene alınması durumunda tehlike arz etmektedir (TAEK, 2020).

1.2.2.3. X- Işını

X-ışınları hızlandırılmış elektronların ani durdurulması ile sürekli olarak ve çekirdeklerdeki farklı yörüngelerdeki elektron geçişlerinden dolayı karakteristik olarak ortaya çıkmaktadır. X-ışınları, yüksek voltajlı elektrik ile beslenen röntgen tüplerinde elde edilebilmektedir. X ışınının giriciliği çok yüksek olduğu için insan vücudundan ve maddeden kolaylıkla geçebilmektedir. Dokudan geçebilme özelliğinden ötürü, sağlık alanında hastalıkların teşhisi ve tedavisi için bir araç olarak kullanılmaktadır (Köklükaya, 2013). X-ışını tüpünün yapısı Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. X-ışını tüpü

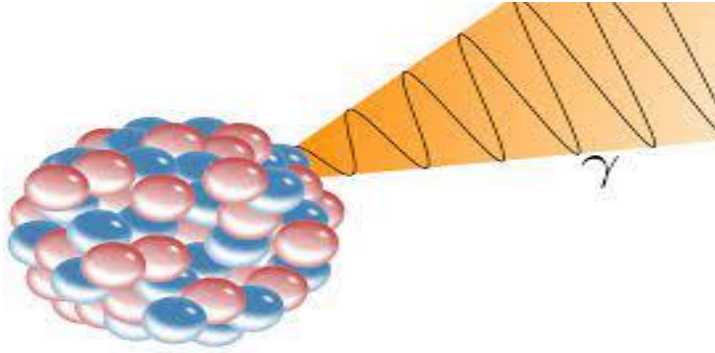
Radyasyonun insanlara olan zararlarının en aza indirilerek, yararına kullanma çabaları; doğal olan radyoaktif maddelerin izotoplarının keşfedilmesine ve hizmete sunulmasına sebep olmuştur. Elde edilen izotopların yaydığı radyasyonların kullanılmasıyla değişik araştırmalarda faydalı sonuçlar elde edilmiştir. Sağlık alanında, özellikle Nükleer Tıpta X-ışını etkilerinden yararlanılan uygulamaların başında ışın ya da radyoterapi tedavisi gelmektedir. Bu yöntem kanser vb. malign tümörlerin tedavisinde (Co.60 izotopu) kullanılır. Radyoaktif izotoplar sadece tedavide kullanılmayıp, aynı zamanda hastalıkların teşhisinde de kullanılmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan pozitron ışın tomografisi PET (Pozitron emisyon tomografi) ve SPECT (Tek Foton Emisyon Bilgisayarlı Tomografi) bunlardan

sadece bazılarıdır. X-ışınları vasıtasıyla film veya duyarlı plaka üzerinde görüntü elde etme yöntemi radyografi olarak adlandırılmaktadır bu da tıpta röntgen olarak bilinir. Aynı zamanda X-ışınları üretimde gübreleme ve sulama, tarımsal kimyasalların kontrolü, haşere kontrolü, tohum mutasyonu, yiyeceklerin korunmasında, gıdaların sterilizasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Işınlama sonunda elde edilmiş gıdaların insan sağlığına bir zararı olduğu tespit edilmemiştir. X-ışını radyasyonu ile haşaratla mücadelede de çok başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Radyasyonla steril hale getirilen erkek sinekler nesil oluşumunu durdurmaktadır. Hayvancılıkta X-ışını kullanımı, hayvanların beslenmesindeki en iyi yöntemi saptamak, üremelerindeki dengeyi belirleyebilmek ve bazı hastalık yapıcı etkenleri ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra X-ışınları hidrojeoloji alanında, endüstri alanında, jeoloji, jeofizik, jeokimya alanlarında, maden cevheri, metal kaplama endüstrisinde ve devasa beton köprülerin yapımında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu ışınların günümüzde; elektrik üretimi, kriminoloji, ayrıca nükleer silahların yapımında kullanıldığı bilinmektedir (Kumaş, 1996. Seçilmiş, 2000).

1.2.2.4. Gama Radyasyonu

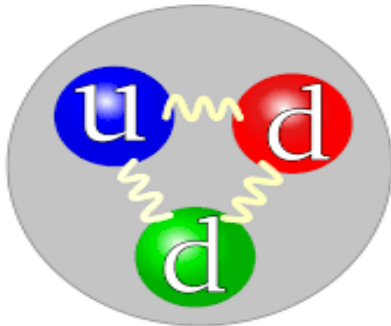
Gama radyasyonu atom çekirdeğinden yayımlanmaktadır. Gama ışını radyoaktif bozunum, çekirdek fisyonu ve de nötron yakalama olayı gibi farklı yayımlanma kaynaklarına sahiptir. Gama ışınlarının giriciliği, X-ışınlarınınkinden daha yüksek olup, madde ve insan vücudunu geçebilmektedir. Gama ışınlarının yükü bulunmadığı için, elektrik ile manyetik alanlardan etkilenmemektedirler. X-ışınları elektronik kökenliken, gama ışınları nükleer kökenlidir. Kalın kurşun tabakası ya da yoğun malzemeler ile durdurulabilmektedir (TAEK, 2020). Sahip olduğu yüksek enerji sebebi ile, gama ışınları maddeye oldukça kolay nüfuz edebildiğinden tıbbi amaçlarla (özellikle Sezyum-137) radyoterapide oldukça sık kullanılmaktadır. Diğer yandan gıdaların sterilizasyonunda başarılı sonuçlar vermektedir. Gama radyasyonunun yayımlanması Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Gama radyasyon yayımlanması

1.2.2.5. Nötron Radyasyonu

Nötronlar, kütleleri protonların kütlesine eşit yüksüz parçacıklardır. Nötron radyasyonu, normal radyoaktif bozunumla değil fisyon olayı ile gözlemlenmektedir. Fisyon, ağır çekirdeğin nötron bombardımanı ile parçalanması ve de çok sayıda nötron ile büyük enerjinin ortaya çıkması olayıdır. Doğrudan bir iyonlaşmaya sebep olmazlar. Ancak atomlarla etkileşimleri, iyonlaşmaya neden olan Alfa, Beta, Gama veya X ışınlarının meydana çıkmasına sebep olabilir. Nötronlar sadece kalın beton, su veya parafin kütleleriyle durdurulabilirler (Mısıır 2001; Oyar 1998). Nötronun yapısı Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4. Nötron yapısı

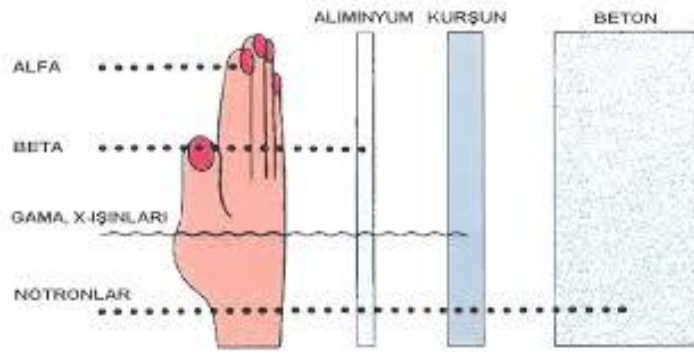
1.3. ZIRHLAMA

Radyoaktif parçacıkların giriciliğini önlemek, radyasyondan en az etkilenmek için kimya endüstrisinde, laboratuvarlarda, radyasyon alanlarında zırhlama kullanılmaktadır. İyonlaştırıcı ışınların saçıldığı kaynağın zırhlaması, radyoaktif kaynak içeren cihaz ve paketlerin zırhlaması ve yapının zırhlaması şeklinde üç çeşit zırhlama yapılabilmektedir.

Tablo. 2 ve Şekil. 5’de radyoaktif parçacıkların zırhlama malzemeleri ve şeması gösterilmektedir.

Tablo 2. Radyoaktif parçacıkların zırhlama malzemeleri

Radyoaktif Parçacıklar	Zırhlama
Alfa	Kağıt
Beta	Alüminyum
Gama	Kurşun
X-ışını	Kurşun
Nötronlar	Beton Blok



Şekil 5. Radyoaktif zırhlama

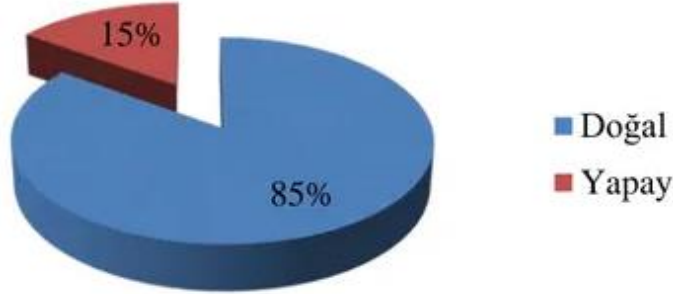
1.4. DOĞAL VE YAPAY RADYASYON

Yaşamımızın her alanında maruz kaldığımız doğal ve yapay radyasyon, çekirdeklerdeki heyecanlı parçacıkların serbest hale geçmesiyle oluşmaktadır. Radyasyon, bu parçacık atomlarının kararlı yapıya sahip olmak için ortaya çıkardığı enerjinin adıdır (Bozbıyık ve ark., 2002).

Günlük yaşantımızda kullandığımız makinelerin birçoğu, telefonlar, mutfak ürünlerinden bazıları radyasyon yaymaktadır. Çağımızda mutfak eşyaları arasında yer almış olan ve git gide yaygınlaşan mikrodalga fırınların zararlı etkileri tartışılrsa da hala tam anlamıyla kanıtlanmış değildir (Gümüşderelioğlu ve ark., 2012). Yapılmış olan araştırmaların sonucunda zararlı bulguya rastlanmamıştır ve kullanılan besinlerin değerlerinde herhangi değişiklik gözlenmemiştir (Yıldırım, 2012). Oto yollarda hız kontrolünün önüne geçmek ve olası trafik kazalarını önlemek amaçlı radar sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde mikrodalga ışınlar kullanılmaktadır ki, bu da ortama radyoaktif saçılma yapmaktadır. Zagreb havaalanında 46 telsiz ve 49 radar operatörü ile yapılmış operatif çalışma ve bu çalışmada yer alan görevlilerin 18 ay ara ile yapılan sağlık kontrol taramaları sonucunda homotolojik ve oftamolojik hastalıklarda artış olduğu ortaya koyulsa da kanserle ilgili bulgulara rastlanmamıştır (Güden, 2001). Çağımızda cep telefonları ile ilgili bir sıra çalışmalar yapılmış ve farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin sık kullanılan cep telefonu yorgunluk, baş ağrısı, işitme kaybı ve kulak ısınması gibi bulgular ortaya koymuştur (Ofstedal ve ark., 2000). Bilgisayarların daha çok monitörlerinin yan etkileri ile ilgili çalışmalar yapılmış ve bu çalışmada monitördeki tüpün yaydığı radyasyonun herhangi tahribata yol açmadığı ortaya koyulmuştur (Kurppa ve ark., 1985).

On üç ülkede farklı katılımcılar ile birlikte gerçekleşen çalışmada menenjiyol ve gliyom (beyin tümörleri) riski olmadığı kanaatine varılmıştır (Interphone Study Group, 2010). Önlem olarak mümkün olduğu kadar az görüşmeler yapılması ve yapılırsa kulaklık vasıtasıyla gerçekleştirilmesi gerektiği ve özellikle gece vakitleri telefonların kişilerle aynı ortamda bulundurulmaması gerektiği sonucuna varılmıştır (Kılıçkap ve ark., 2013). Radyasyon, meydana geliş formuna göre doğal ve yapay radyasyon olarak iki gruba

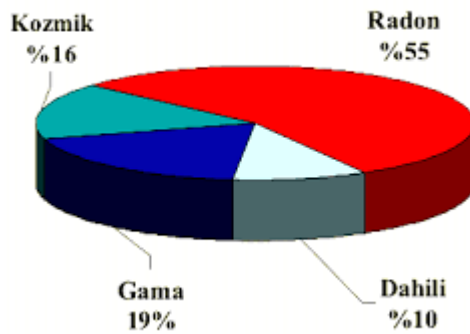
ayrılmaktadır. Gezegenimizde var olan radyasyonun %15'i yapay radyasyonken, %85'i doğal radyasyon olarak bulunmaktadır. Bu oran Şekil. 6'da görsel olarak verilmektedir.



Şekil 6. Doğadaki doğal ve yapay radyasyon oranları

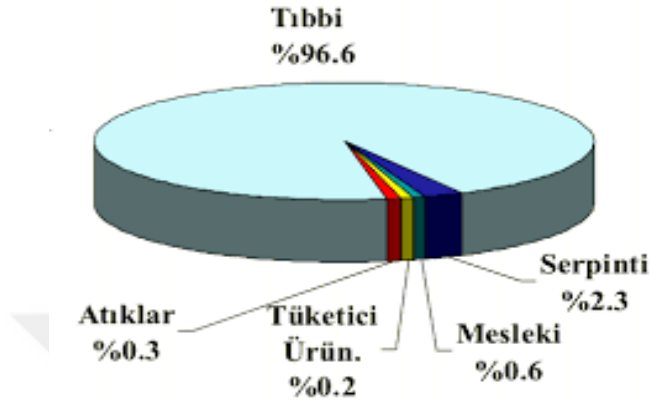
Doğada bulunan doğal radyoaktif maddeler, doğada çok fazla var olan (Ra-226) “radyum” adlı elementin bozunması esnasında dışa verilen “radon” gazından ve Toryum (Th-232), Uranyum (U-238), Potasyum (K-40) gibi kaynaklardan saçılmaktadır. Radyum elementi parçalandığı zaman toprak altı katmanlarda kalsa da bozunum sırasında salgıladığı radyum gazı yer altı çatlaklar vasıtasıyla yüzeye çıkmakta ve atmosfere karışmaktadır (Osmanoğlu 2014). Doğal radyasyon genellikle iki temel kaynakla beslenmektedir:

1. Uzay kaynaklı olan kozmik radyasyon
2. Yer kabuğunda bulunan radyoaktif izotoplardan ortaya çıkan karasal radyasyon (Unsear, 2000). Şekil 7’de gezegenimizde var olan doğal radyasyon kaynaklarının oranları gösterilmektedir.



Şekil 7. Doğal radyasyon oranları

Yapay radyasyonun büyük kısmı tıbbi uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca radyoaktif santrallerde oluşan kazalar sonucu etrafa yayılan radyoaktif maddeler sonucu ortaya çıkmaktadır ve çevreyi kirletmektedir (Unsear, 2000). Şekil. 8’de yapay radyasyon kaynakları yüzde olarak gösterilmektedir.



Şekil 8. Yapay radyasyon kaynakları

1.5. RADYASYONDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ

Dış radyasyondan olası tehlikelere karşı korunmak için üç kavram önem arz etmektedir. Bunlar; mesafe, zaman ve zırhlamadır.

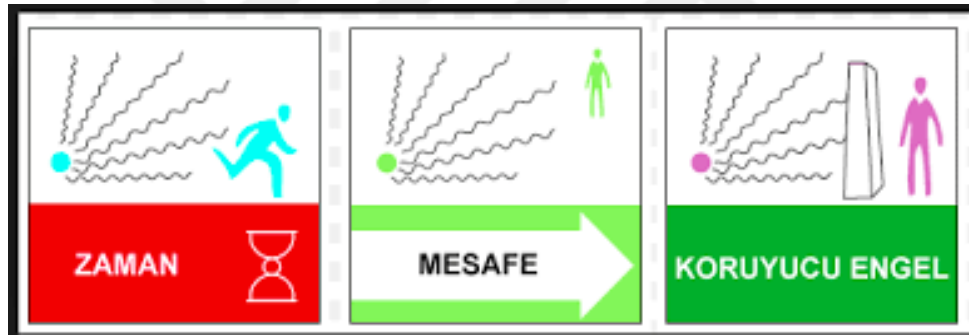
Mesafe: Radyoaktif ortamlarda, aktifliği yüksek olan maddelerle çalışırken ve cihazlarla ölçüm yaparken olabildiği kadar mesafeyi uzak tutabilmek gerekmektedir. Bu durumda radyasyonun şiddeti, radyasyonun kaynağına olan uzaklık ile ters orantılı olmaktadır.

$$d_1^2/d_2^2 = I_2/I_1 \quad (1.3)$$

I_1 , d_1 mesafedeki radyasyonun şiddetini, I_2 , ise d_2 mesafedeki radyasyonun şiddetini göstermektedir (Osmanoğlu, 2014).

Zaman: Radyoaktif ortamlarda gerektiğinden fazla süre kalmamak radyoaktif doz alımını azaltmaktadır (Shapiro, 1972).

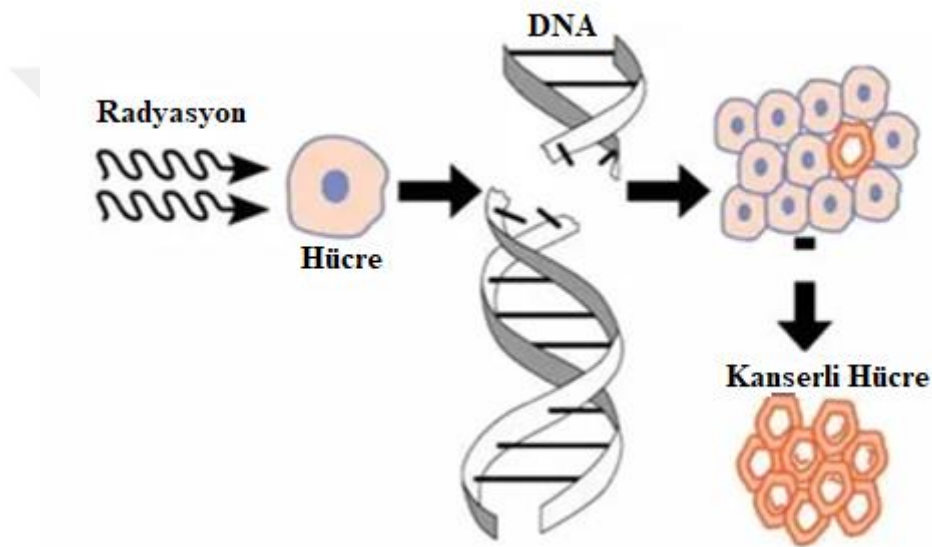
Zırhlama: Radyasyonun ana kaynağından yayımlanan ışınlardan korunması amaçlanan canlı doku ya da madde, radyasyon kaynağından yayımlanan ışın ile arasına engel koyarak radyasyonun etkilerini tamamen aradan kaldırma veya en aza indirmeye çalışma işlemine, zırhlama denmektedir. Zırhlamanın temel amacı, salınan radyasyonların zırh malzemesinin atomları ile dolaylı yollarla veya doğrudan etkileşerek enerjilerinin hepsini ya da belli bir kısmını kaybetmelerini sağlamaktır (Eaves, 1964). Canlı doku için zararlı ışınlara maruz kalan yapıların ve bu yapılarda hayatını sürdüren canlıların olumsuz etkilerden korunmaları gerekmektedir. Radyasyonun çok daha yoğun olduğu yapılarda, canlıları radyasyonun etkilerine maruz bırakmamak için korumalı bir ortamın meydana getirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda en önemli unsur radyasyon kaynağı ile radyasyona maruz kalan ortam arasına zırhlama malzemesi yerleştirerek gerekli ortamın oluşturulabilmesidir (Kılıçarslan ve diğerleri, 2007). Radyasyondan korunma için önemli olan durumlar Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Radyasyondan zırhlama, mesafe ve zaman ile korunma

1.6. RADYASYONUN CANLI ORGANİZMALARA BİYOLOJİK ETKİLERİ

Her bir canlı organizma moleküllerden, moleküller atomlardan ve atom çekirdeklerinden oluşmaktadır. Her bir çekirdekte bir kromozom bulunur ki, bu kromozomların her biri DNA zincirini oluşturur. Radyasyona maruz kalındığı zaman canlı organizmada iki hal ortaya çıkmaktadır bunlar; hücre DNA zincirini onaramaz ise hücre tamamen ölür ya da hücre, hasarlı DNA zincirini onararak kurtulabilir. Şekil 10'da radyasyonun DNA'ya ve canlı hücreye etkisi gösterilmektedir.



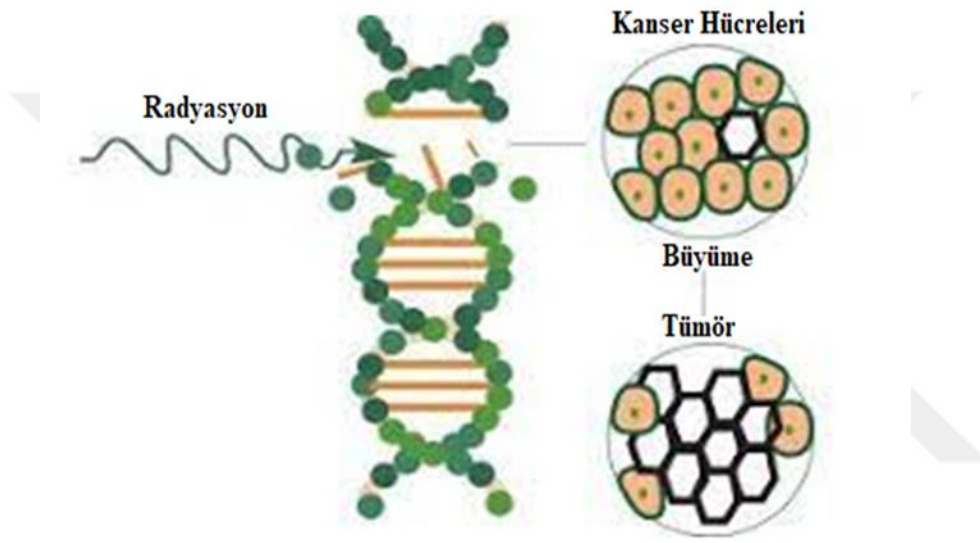
Şekil 10. Radyasyonun DNA'ya ve canlı hücreye etkisi

Hücresinin kendisini onarma sürecinde kromozom yapısındaki kırılmalar sebebiyle mutasyona uğrarsa, bu zaman hücre normal işlevi yapamaz hale gelir ve bir sonraki nesillere genetik sorunlar aktarılabilir. Canlılar her daim doğada var olan radyasyona maruz kalmaktadırlar. Var olan bu radyasyon belli zaman içerisinde canlı organizmanın onarım sistemi ile ortadan kaldırılmakta ve kendini yenilemektedir. İnsan vücudu bütünlükle radyasyona maruz kaldığı zaman klinik belirtiler ortaya çıkar. Tablo 3'de bu belirtiler (Osmanoğlu, 2014) ve Şekil 11'de radyasyonun insan dokusuna zararı gösterilmiştir.

Tablo 3. İnsan vücudunun ışınlanma sonucunda olası klinik belirtileri

Doz Sınırı (Sv)	Klinik Belirtiler
0-0.25	Görülebilir yan etki görülmez
0.25-1.0	Değişen etkiler sadece kanda küçük ölçüde
1.0-2.0	Mide bulantısı, yorgunluk, iştahsızlık
2.0-6.0	Kan değerlerinde önemli değişimler, 2 hafta içerisinde saç dökülmeleri, kanama ve enfeksiyonlar, uzun vadede iyileşme
6.0-10	Bir saat içerisinde kusma, iç kanama ve büyük oranda ölümler gözlenmektedir

Kaynak: Osmanoğlu, (2014)



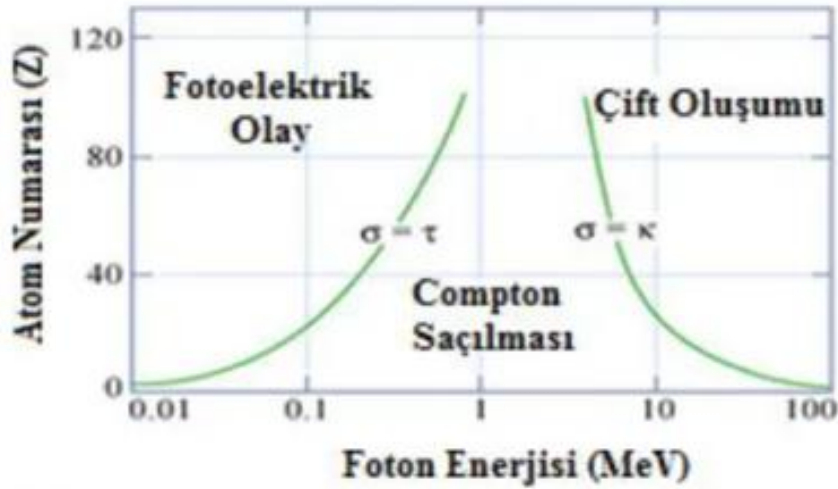
Şekil 11. Radyasyonun insan dokusuna zararı

2. BÖLÜM

RADYASYON VE MADDE

2.1. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞİMİ

Radyasyonun maddeyle etkileşimi olayı, radyasyonun ölçülmesi, algılanması, radyasyon güvenliği, zırhlaması ve radyasyonun biyolojik yönden etkileriyle alakalıdır. Radyasyon herhangi bir madde ile etkileşime başladığında ortaya çıkan bileşiklerde, birtakım farklılıklar oluşabilmektedir. Bu etkileşimin neticesinde bileşimin içeriğindeki farklılıklar sebebiyle radyasyon enerjisinde belirli miktarda kayıplar görülebilmektedir. Zırhlama olayında, radyasyon dozimetri ve ışın tedavisinde istifade edilen veya edilebilen alternatif bileşimlerin de tetkik edilmesi gerekir. Radyasyon zırhlama maddesi gibi istifade edilen değişik bileşimler ve bileşiklerin kütle soğurma katsayısının hesap edilmesi, bu bileşimlerin radyasyonun etkilerini koruyup koruyamayacağına ilişkin az da olsa bilgi verebilir. Bileşimlerin karşılıklı olarak değerlendirilebilmesi için kütle soğurma katsayısından yararlanılması gerekmektedir. Elektromanyetik haldeki bir radyasyon, herhangi bir bileşimle buluşturulduğunda, bileşime etkiyen ışın; serbest elektronlar, atomların bağlı elektronları ve çekirdekle etkileşime girer. Neticede iki ana olay ortaya çıkar: birincisi, elektromanyetik radyasyonun enerjisinin bir miktarının yok olmasıyla meydana gelen Compton (inkoherent) ve yok olmadan meydana gelen Rayleigh (koherent) saçılma olayı, ikinci olay elektromanyetik radyasyonun soğurulması yöntemiyle oluşan fotoelektrik olay ve çift oluşum hadisesidir. Şekil. 12’de Compton, Fotoelektrik ve Çift oluşumu olaylarının daha ağır bastığı bölgeler verilmektedir (Krane 2001).



Şekil 12. Fotoelektrik, Compton ve Çift oluşumu olaylarının gözlemlendiği bölgeler

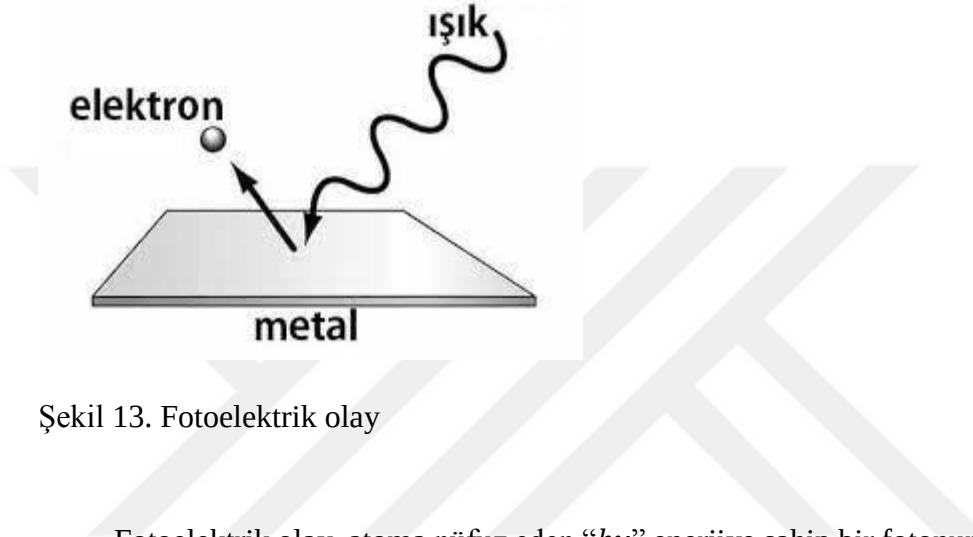
Şekil 12’den görüldüğü üzere fotoelektrik olay; 0.001 MeV ile 0.04 MeV arasında çok daha etkin olabilmektedir. Saçılma olayı 0.1 MeV’den başlayan 0.5 MeV arasındaki etkinlik sınırı ile sınırlandırılır. Bu sırada, çift oluşum hadisesi ise 1.02 MeV ’den başlar; “foton” enerjisi arttıkça o da artar. Herhangi bir radyasyon kümesi, t kalınlıktaki bir bileşimle etkileşime geçerse, nüfuz eden foton ve bileşim arasında meydana gelen etkileşmelerin karışık bir neticesi gibi, saçılan radyasyon kümesindeki hareketlilikte bir zayıflama tespit edilir Bileşimle nüfuz eden foton arasındaki saçılma ve soğurulma olayları için hedef malzemenin kalınlık ve atom numarası önem arz etmektedir. Soğurucu malzeme daha ince olursa, tüm partiküller soğurucu malzemeyi geçer, ancak soğurucu malzeme daha kalın olursa, partiküller tüm enerjisini yitirerek soğurucu malzemede yutulur. Şiddeti I_0 olan γ –ışınlarının t (cm) kalınlıktaki bir malzemeyi geçerek sahip olduğu şiddet 2.1 eşitliğiyle verilmektedir:

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

Buradaki μ (cm^{-1}) lineer soğurma katsayı, t (cm) malzemenin kalınlığı, I_0 malzemeye gelen radyasyonun şiddeti, I ise malzemedan geçen radyasyonun şiddetidir (Gümüş, 2011). Radyasyon ile belli kalınlıktaki malzemenin etkileşmesi sonucu soğurma meydana gelmektedir ve $I_0 > I$ olmaktadır, malzeme transparan özellikte ise $I_0=I$ olmaktadır.

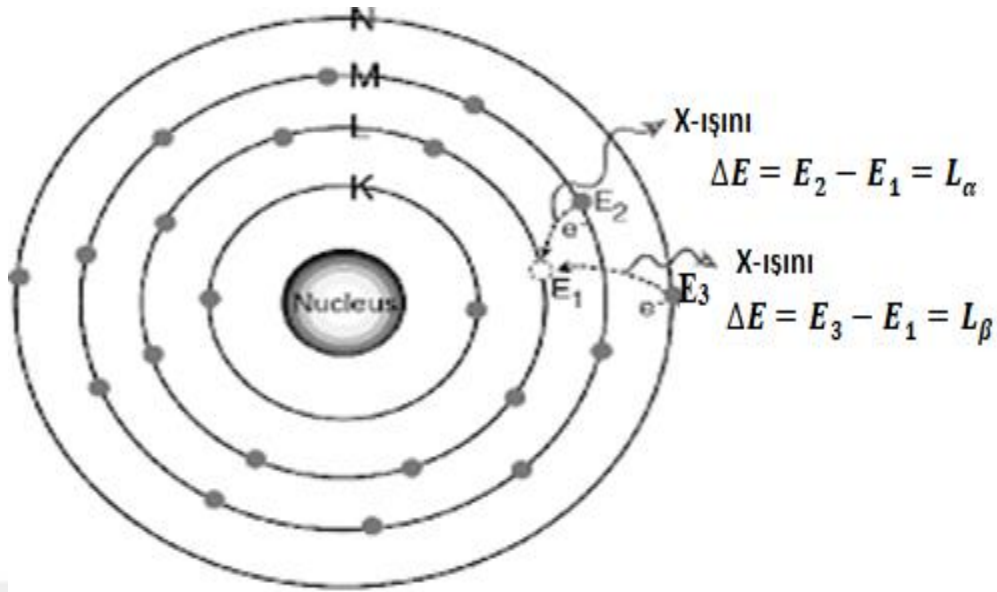
2.1.1. Fotoelektrik Olay

Herhangi bir metalin yüzey katına düşen foton sayesinde metal yüzeydeki elektronun sökülmesi olayına fotoelektrik olay; bunun neticesinde serbest kalan elektronlara ise foto elektron denmektedir. Bu olay, ilk kez 1887 yılında Hertz tarafından keşfedilmiş, 1905’te ise Albert Einstein tarafından detaylı açıklanmıştır. Fotoelektrik olay Şekil. 13’de gösterilmektedir.



Şekil 13. Fotoelektrik olay

Fotoelektrik olay, atoma nüfuz eden “ $h\nu$ ” enerjiye sahip bir fotonun, atomun dahili seviyesindeki elektronlarından herhangi birisiyle etkileşmesi sonucunda söz konusu bu elektronun, fotonun bütün enerjisini emerek serbest kalmasıyla oluşmaktadır. Burada, elektronun enerjisinin bir miktarı atomla ilişkisini bitirirken, kalan miktarı da aynı elektrona kinetik enerji halinde iletilmektedir. Fotoelektrik olayın meydana geliş şekli, Şekil 14’de gösterilmektedir. Bu olay esnasında 0.04 MeV’den daha az enerjili fotonun enerjisi (E_f), elektronun çekirdeğinden ayrılabilmesi için gereken bağlanma enerjisi (E_b) olmaktadır ve ayrılan elektronun kinetik enerjisi ile ilişkilidir. Dolayısıyla, fotonun enerjisinin bir miktarı bağlanma enerjisine, bir miktarı ise elektrona verilen kinetik enerjiye harcanmaktadır.



Şekil 14. Fotoelektrik olayın şematik gösterimi

Buradaki $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ olup Plank sabitidir ve ν ise fotonun sahip olduğu frekanstır.

$$E_f = E_b + E_k \quad (2.2)$$

$$h\nu = E_b + E_k \quad (2.3)$$

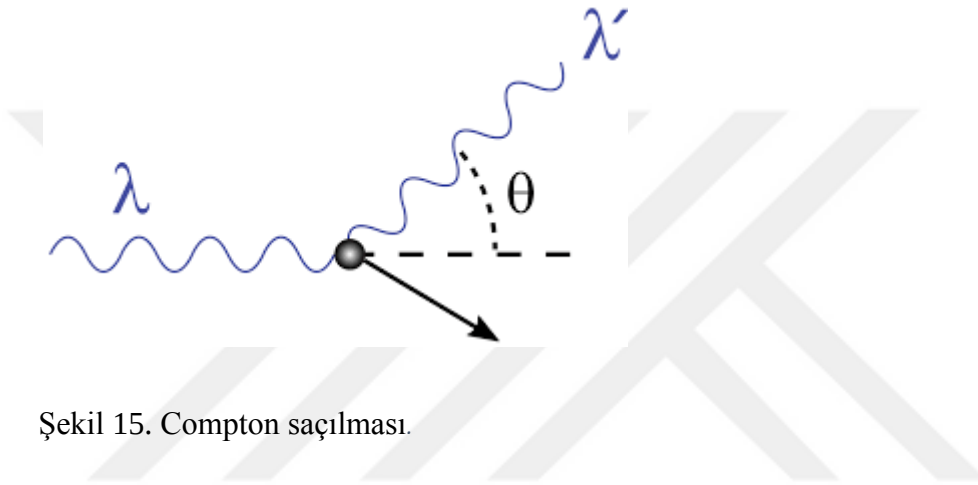
$$E_k = h\nu - E_b \quad (2.4)$$

Fotoelektrik etkileşmenin gerçekleşebilmesi için fotonun enerjisinin, elektronun bağlanma enerjisine eşdeğer ya da fazla olması gerekir. Nüfuz eden fotonun “ $h\nu$ ” enerjisi, elektron bağlanma enerjisine yakın olursa, fotonun emilme olasılığı da artmaktadır. Fotonun “ $h\nu$ ” enerjisi ile E_b bağlanma enerjisi arasındaki mesafe arttıkça fotoelektrik olayın oluşma olasılığı da giderek azalmaktadır (Şahin, 1999).

2.1.2. Compton Saçılması

Compton saçılması, nüfuz eden fotonun zayıf bir şekilde bağlı ya da serbest haldeki elektronla inkoherent bir şekilde çarpışması olayıdır. Nüfuz eden ve yayılan fotonlar arasında enerji farkı vardır. Nüfuz eden ve yayılan fotonların dalga boyları ise farklılıklar göstermektedir. Nüfuz eden fotonun, atomun en dış seviyesindeki elektronlardan birbiriyle etkileşime girmesi neticesinde enerjisinin belirli bir miktarını elektrona

aktararak yayılması olayına “Compton olayı” denmektedir. Compton saçılması, elektronun bağlanma enerjisinin, nüfuz eden fotonun enerjisiyle kıyaslanmasının önemsiz olduğu durumlarda baskın bir şekilde ortaya çıkmaktadır. “ $h\nu$ ” enerjisine sahip olan herhangi bir foton, herhangi bir elektronla çarpışarak, çarptığı elektronu kendi yörüngesinden çıkararak yönünü değiştirmektedir. Bu durumda Compton saçılmasına maruz kalan herhangi bir fotonun enerjisi zayıflayarak yönünü değiştirmektedir. Nüfuz eden foton, yayılan foton ve elektron sürekli aynı sistemde kalmaktadır. Compton saçılması Şekil 15’de gösterilmektedir.



Şekil 15. Compton saçılması.

Compton saçılması olayı iki sonuç meydana getirmektedir. Bunlar partikülü takip eden ve;

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (2.5)$$

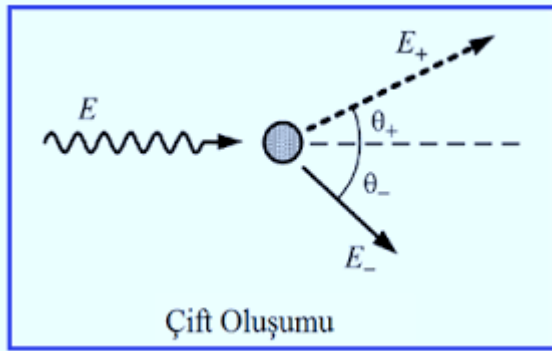
Eşitlik (2.5)’de λ , verilen dalga boyudur. h Plank sabiti, p momentumdur. Ayrıca, elektromanyetik dalgalar da partikül özelliğine sahiptir (Aygün, 1990). İnkoherent bir şekilde yayılan dalganın, dalga boyundaki yükseliştir ve ancak saçılma açısına bağlı olarak değişmektedir. λ nüfuz eden fotonun, λ' ise yayılan fotonun dalga boyu olmaktadır ve nüfuz eden fotonun dalga boyundaki değişim ise;

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta) \quad (2.6)$$

ile gösterilmektedir. Buradaki m_0 elektronun durgun kütlesi, θ fotonun yayılma açısı, c ışık hızı, h ise planck sabitidir. Compton saçılması genellikle valans elektronlarıyla meydana çıkar. Bu nedenle Compton saçılması fiziki ve kimyevi sistemler hakkında bilgi edinmekte daha çok kullanılmaktadır (Dumond, 1929).

2.1.3. Çift Oluşum

Çift oluşumu, atom çekirdeğinin etki sahasına dahil olan bir foton ile bir elektronun (e^-), bir pozitrona (e^+) dönüşmesiyle meydana çıkan olaydır. Bu esnada söz konusu olay çekirdek çevresinde meydana geldiğinden korunum ilkelerinden hiçbirisi bozulmaz. Dolayısıyla, yük ve çizgisel momentum ve toplam enerjide korunmaktadır. Bu olay, Şekil 16'da gösterilmektedir. Bu olay için eşik enerjisi $m_0c^2 = 0.511$ MeV'dir. Bu sebeple çift oluşumun meydana gelebilmesi için fotonun sahip olabileceği enerjinin en az 1.02 MeV olması şarttır. Çift oluşumun zıttı, bir elektronla herhangi bir pozitronun bir arada bulunarak bir foton çifti meydana getirerek yok olmasıdır. Bu olayın çekirdeğin etrafında olma mecburiyeti söz konusu değildir.



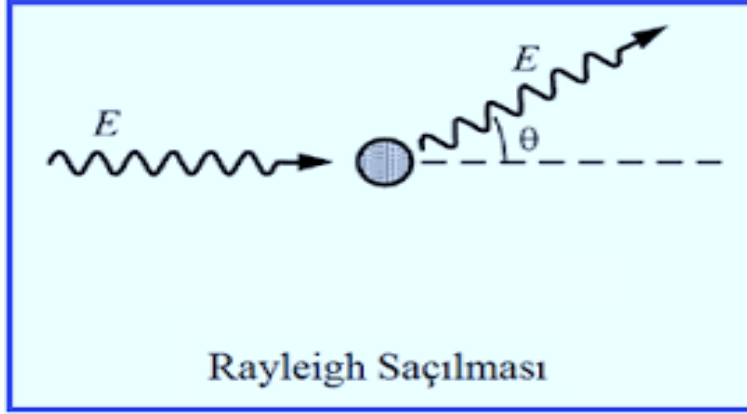
Şekil 16. Çift oluşum

Emilen enerji, meydana gelen ikilinin kinetik ve durgun kütle enerjilerinin toplamıdır. Çift oluşumuyla meydana gelen elektron, serbest elektronlarda olduğu gibi başka atomlarda iyonizasyon olaylarına sebebiyet vermektedir. Çift oluşumun zıttı, bir elektronla herhangi bir pozitronun birleşerek bir foton meydana getirmekle yok olması olayıdır. Pozitron, serbest bir elektronla karşılaştığında karşıt yüklü oldukları için birbirilerine çarparak kendilerini yok ederler. Bunun sonucunda γ -ışını meydana gelir.

Karşıt yüklere sahip elektron ve pozitron, bir araya geldikleri zaman yok olur ve sahip oldukları enerjinin bir miktarını ısıtım halinde dışarıya aktarır ki, bu da bileşimin enerjiye dönüşümü prosedürü gibi değerlendirilir (Aygün, 1990).

2.1.4. Koherent Saçılma

Koherent saçılma genellikle elastik veya Rayleigh saçılma ile eşdeğer olarak kullanılmaktadır. Bu duruma, foton enerjisi az olduğunda ve yüksek atom numarasına sahip elementlerde genellikle rastlanmaktadır. Koherent saçılma, fotonun atoma sağlam bir şekilde bağlanan elektronlarca yayılmasıdır. Bu olay, nüfuz eden bir fotonun kendisine bağlı herhangi bir elektrona nüfuz ettiğinde, elektronun söz konusu atomdan ayrılmasına yetecek miktarda enerji elde edemediği durumlarda oluşmaktadır. Bu sebeple foton enerjisi az olduğunda ve büyük Z 'li ağır elementlerde sıklıkla oluşmaktadır. Koherent saçılmada nüfuz eden fotonların enerji ve fazlarında yayılmadan sonra dikkate şayan bir değişim gözlemlenmez. Nüfuz eden fotonla yayılan fotonun dalga boyları aynı olmaktadır. Bu yayılma olayında nüfuz eden ve yayılan radyasyonun toplam şiddeti, her bir elektronun yaydığı radyasyonun genliklerinin toplamıyla aynı yerde olur ve bu toplam kareseldir. Koherent saçılmanın sıklıkla rastlanan hali olan Rayleigh saçılmanın tesir kesiti Z^2 ile ilişkilidir. Fotonlar atomik elektronlardan Rayleigh saçılmaya maruz kaldıktan sonra hedefteki atom değişmez. Rayleigh saçılması Şekil 17'de gösterilmiştir. Nüfuz eden herhangi bir foton, atoma bağlı olan herhangi bir elektronla karşılıklı etkileşime geçtiğinde, bu elektron atomundan ayrılacak miktarda enerjiye sahip hallerde ve ortamlarda oluşur. Bu ortama yayılma olayı, foton enerjisinin az olduğu durumlarda ve büyük atom numaralı ağır elementlerde sıklıkla meydana gelir. Koherent saçılmada nüfuz eden fotonların enerjileri yayılmadan sonra herhangi bir değişikliğe maruz kalmaz. Nüfuz eden ve yayılan fotonun dalga boylarında da değişimler gözlemlenmez. Rayleigh saçılması 0.1-0.5 MeV enerjiye sahip aralıklarda genel olarak yaygındır. Rayleigh saçılma neticesinde yayılmaya maruz kalan elektronlarda ve hedef atomda değişiklik olmadığı gibi, enerji transferi ve iyonlaşmada meydana gelmemektedir, ancak fotonun istikameti değişebilmektedir (Hubbell ve Overbo 1979).



Şekil 17. Rayleigh saçılması

3. BÖLÜM

ATOMİK PARAMETRELER

3.1. KARIŞIM KURALI

Kütle soğurma katsayısının (μ/ρ) teorik değerleri, farklı elementlerden oluşan bileşikler için her bir elementin, fotonun toplam etkileşimine sağladığı katkısı alınarak “Karışım Kuralı” ile hesaplanır (Morabad ve Kerur, 2010). Karışım kuralı, herhangi bir bileşik, karışım ya da elemental kesri bilinmeyen bileşiklere ait toplam kütle soğurma katsayıları hesaplanırken, materyal içerisinde ağırlık kesri bilinen bileşiklerin kütle soğurma katsayılarını dikkate alarak hesaplama yapmaktadır. Kütle soğurma katsayısı belirlenirken; her bir elementin bileşik içerisindeki ağırlık kesri toplama eklenerek hesaplama yapılmaktadır. Karışım kuralında materyal içindeki elementler birbirinden bağımsız olarak tek tek ele alınır. Bu kural, kimyasal ve atomun çevresindeki değişimlerden kaynaklanan atomik dalga fonksiyonundaki değişimleri ihmal etmektedir. Aynı zamanda kuralda, kimyasal etki ile bağların soğurulma etkisi gibi parametreler gözardı edildiğinden deneysel ve teorik elde edilen sonuçlar arasında uyumsuzluklar gözlenebilmektedir. Kuraldaki toplam kütle soğurma katsayısı, her bir elementin kütle soğurma katsayısını ayrı ayrı toplayarak hesapladığı için deneysel ve teorik olarak elde edilen sonuçlar arasında bazı noktalarda farklılıklar gösterebilmektedir (Kerur ve diğerleri, 1994; Morabad ve Kerur, 2010). Karışımındaki element sayısının artmasıyla toplam kütle soğurma katsayısının ve tesir kesiti (moleküler, atomik ve elektronik) değerlerinin azalmaya eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda, artan enerji ile toplam kütle soğurma katsayısının, atomik hem de moleküler tesir kesiti gösteren değerlerinin azaldığı da belirlenmiştir (Akman, 2013). Birçok bileşik ve alaşım için karışım kuralı kullanılarak, kütle soğurma katsayısı eşitlik (3.1) ile hesaplanabilmektedir. Çok elementli bileşik için tüm toplam kütle soğurma katsayısı her bir elementin kütle soğurma katsayılarının karışım kuralına göre toplamıdır.

$$\frac{\mu}{\rho} = \sum_i \omega_i \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_i \quad (3.1)$$

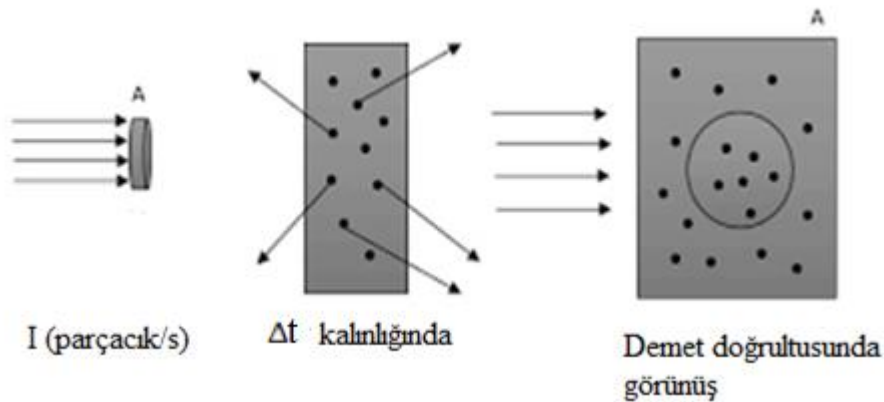
Denklem (3.1)'de ω_i terimi i. elementin ağırlık kesri, $(\mu/\rho)_i$ ise i. elementin kütle soğurma katsayısıdır. Bir bileşiğe ait olan ağırlık kesri ise eşitlik (3.2) ile hesaplanmaktadır (Hubbell ve Seltzer, 1995).

$$\omega_i = \frac{n_i A_i}{\sum_i n_i A_i} \quad (3.2)$$

A_i , i. elementin atom ağırlığı, n_i ise, i. elementin atom sayısıdır.

3.2. TESİR KESİTİ

Bir işlemin gerçekleşme ihtimalini tanımlayan tesir kesiti kavramı bir olay için deneysel olarak ölçülebilen değerler ile onun teorik olarak hesaplanabilen değerlerinin karşılaştırılabilmesine imkân tanınması nedeniyle, atomik olayların ayrıntılı olarak incelenebilmesini sağlar. Tesir kesiti, foton ile madde arasındaki etkileşmenin türüne göre isimlendirilir. Örneğin foton madde tarafından soğuruluyorsa soğurma tesir kesiti, madde tarafından saçılmaya uğratılıyorsa saçılma tesir kesiti ifadeleri kullanılır. A yüzeyine yani “dt” kalınlığındaki ince bir levha üzerine “I” şiddetiyle nüfuz eden bir foton kümesi ince levhadan geçtiğinde atomlardan birisine çok yakınlaşmışsa, bu atom tarafından fotonun yutulma veya yayılma olasılığı bulunmaktadır. σ 'nın bir atomu kuşatan etkili bir saha olduğunu düşünelim. Nüfuz eden foton bu sahaya düşerse, foton bu alanla etkileşme yapacaktır. Levhanın birim hacmi başına “n” adet hedef atomu olduğunu düşünelim ve bu olay Şekil 18’de şematik olarak gösterilsin.



Şekil 18. Tesir kesitiyle, nüfuz eden kümenin şiddeti arasındaki ilişkinin geometrik yorumu

Levha atomların üst üste düşmeyeceği şekilde ince olsun. Bu durumda her atom, nüfuz eden fotonla aynı derecede etkileşebilme olasılığına sahip olmaktadır. Bileşimin birim hacminde “n” adet atom varsa “Adt” hacminde “nAdt” adet atom bulunmaktadır. Birim yüzeye düşen atomun sayısı ise “ndt” olmaktadır. Bir atomun işlem gördüğü etkin alan σ ise ndt sayıda atomun işlem gördüğü etkin alan $ndt\sigma$ olmaktadır (Önder, 2013).

3.2.1. Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesiti

Kütle soğurma katsayısı karışım kuralından elde edilen malzeme için, toplam foton etkileşim tesir kesiti (barn/atom) aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$\sigma_a = \frac{\mu/\rho}{N_A \sum_i w_i/A_i} \quad (3.3)$$

Formüldeki μ/ρ kütle soğurma katsayısı, w_i , i. elementin ağırlık kesri, A_i , i. elementin atom ağırlığı ve N_A Avogadro sabitidir (Alaviana, 2020).

3.3. SOĞURMA KIYISI VE SOĞURMA KATSAYILARI

Soğurma kıyısı bir elementin tabakalarındaki var olan elektronların bağlanma enerjisine denk gelmektedir (Jenkins, 1974). Bir atomun soğurma kıyısı, element atomunun bir seviyesinde olan elektronu sökebilmek için gerekli en düşük foton enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Soğurma kıyıları her bir atom için farklıdır. Bir atomun K kabuğu için bir soğurma kıyısı, L kabuğu için üç soğurma kıyısı, M kabuğu için beş soğurma kıyısı, N kabuğu için yedi soğurma kıyısı vardır. Atomun soğurma kıyısı enerjisi, iç yörüngeden dış yörüngeye doğru azalmaktadır (Jenkins, 1981). Atom çekirdeğe doğru tabakalara yaklaştıkça soğurma kıyısının dalga boyunda azalma görülmektedir (Bertin, 1975). Foton enerjisinin, bağlanma enerjisine denk olduğu bölgelerde, elektron sökebilecek dalga boylarında ani düşmeler gözlenmektedir. Bunlar soğurma kıyısını belirtmektedir. Soğurma kıyısı dalga boyu atom numarasıyla ters orantılı olup, gönderilen fotonun, dalga boyuyla doğru orantılıdır (Jenkins, 1981). Molar soğurma; 1 mol başına düşen soğurma katsayısı olarak bilinmektedir. Molar soğurma katsayısı (3.4) ile verilen denklemle ifade edilir.

$$\mu_{\text{mol}} = \frac{\mu}{\rho} \cdot A \text{ (cm}^2/\text{mol)} \quad (3.4)$$

Eşitlikteki A (g/mol) atomik ağırlık, $\frac{\mu}{\rho}$ kütle soğurma katsayısı, μ_{mol} ise molar soğurma katsayısını göstermektedir. Atom başına soğurma, atomik soğurma katsayısı olarak tanımlanır. Atomik soğurma katsayısı, kütle soğurma katsayısıyla atom kütlesinin çarpımıdır ve denklem (3.5) ile ifade edilir.

$$\mu_A = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{A}{N_A} \right) = \mu/n \text{ (cm}^2/\text{atom)} \quad (3.5)$$

N_A Avagadro sayısını ($6,02 \times 10^{23}$), n birim hacimdeki atom sayısını göstermektedir (Bertin, 1975).

3.3.1. Lineer Soğurma Katsayısı

Bu olay, ilk olarak “Röntgen” tarafından ortaya konmuştur. Şöyle ki, I_0 şiddetli bir fotonun (X -ışını, γ -ışını) soğurucu bir bileşimin dt kalınlığında ince katıdan geçtiğinde şiddetinde dI miktarda bir azalma meydana gelir, bu durum soğurucunun kalınlığı ile orantılı olup (3.6) ve (3.7) denklemleri ile belirtilmektedir.

$$dI = -\mu I dt \quad (3.6)$$

$$\frac{dI}{I} = -\mu dt \quad (3.7)$$

Buradaki μ (cm^{-1}) lineer soğurma katsayısı olup birim kalınlık başına düşen enerji soğurma kesiri şeklinde tarif edilmektedir (Demir, 2008). Lineer soğurma katsayısı; soğurucunun atom numarası Z ve nüfuz eden fotonun enerjisiyle alakalıdır. (3.7) denkleminin sonlu bir t kalınlığı üzerinden integralini düşünürsek,

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = - \int_0^t \mu dt \quad (3.8)$$

$$\ln I - \ln I_0 = -\mu t \quad (3.9)$$

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (3.10)$$

elde edilmektedir. (3.10) denklemini kullanarak (I/I_0) olarak belirlenen transmisyon katsayıları (3.11) eşitliği;

$$I/I_0 = e^{-\mu t} \quad (3.11)$$

ile belirlenmektedir ve buradan “Lambert-Beer” yasası ortaya çıkmaktadır. Eşitlik (3.11)’deki I/I_0 oranı transmisyon katsayısı (T) olmaktadır. Transmisyon katsayısı tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Transmisyon katsayısı ölçümleri alüminyum ve çelik kalınlık ölçümleri, petrol kuyularında kompozisyon ölçümleri, kemik yoğunluk ölçümleri, kan seviye ölçümleri ve toprak yoğunluğu ölçümleri gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır (Moss ve diğerleri, 2013). Bu durumda “Lineer soğurma katsayısı”,

$$\mu = t^{-1} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) \quad (3.12)$$

denklemini ile hesaplanmaktadır (Hubbell, 1982).

3.3.2. Kütle Soğurma Katsayıları

Soğurma; ilk olarak Röntgen tarafından izah edilmiş bir olaydır. Fotonların soğurulmasında, soğurucu ortamın kalınlığı ile beraber soğurucu ortamın yoğunluğu da soğurmanın bir ölçüsüdür. Birim alanda, birim kütle başına düşen azalma “kütle soğurma katsayısı” olarak belirlenmektedir (Gümüş, 2011). Soğurucu maddenin kütle soğurma katsayısı, Lambert-Beer yasasıyla;

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (3.13)$$

hesaplanabilmektedir. Eşitlik (3.13)'ü maddenin yoğunluğunu düşünerek düzenlersek,

$$I = I_0 e^{-(\mu/\rho)\rho t} \quad (3.14)$$

olmaktadır. Buradaki μ/ρ (cm^2/g), kütle soğurma katsayısı olarak bilinmektedir, ρt ifadesi ise soğurucunun yüzey yoğunluğudur. Eşitlik (3.14)'den kütle soğurma katsayısı çekilirse;

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{1}{\rho t} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) \quad (3.15)$$

eşitliği elde edilmiş olur. Kütle soğurma katsayısı çeşitli hesaplamalar ve metotlardan elde edilebilmektedir. Hubbell ve Creagh tarafından kristolografıye ve dalga boyu değişimine uygulamıştır. Bu, kristolografı için uluslararası arenada yeni düşüncelere ışık tutmuştur. Sonraki süreçte, kütle soğurma katsayısı Gerward tarafından tekrar çalışılmıştır. Hubbell tarafından hesaplanmış veriler modern fiziğin gereksinimleri doğrultusunda bir bibliyografidir (Hubbell, 1999).

$$\frac{\mu}{\rho} = \sigma_{\text{top}} \left(\frac{N_A}{U_A} \right) \quad (3.16)$$

burada N_A , Avogadro Sabiti ($N_A = 6.62 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$), U_A , atom kütle birimi, yani, herhangi bir atomun ^{12}C çekirdeğinin kütlelerinin $1/12$ 'si anlamına gelmektedir. A , hedef atomunun atom kütlesiyle alakalı büyüklük ve σ_{top} , toplam tesir kesitidir. Bu da foton etkileşmelerinden nüfuz eden katkıların toplamıdır ki,

$$\sigma_{\text{top}} = \sigma_{\text{pe}} + \sigma_{\text{coh}} + \sigma_{\text{incoh}} + \sigma_{\text{pair}} + \sigma_{\text{trip}} + \sigma_{\text{phn}} \quad (3.17)$$

Burada: σ_{pe} atom ışık etkisi tesir kesiti, σ_{coh} Rayleigh (koherent) saçılma tesir kesiti, σ_{incoh} Compton (inkoherent) saçılma tesir kesiti, σ_{pair} çekirdeğin elektronlarının elektron/pozitron oluşumu için tesir kesitleridir, σ_{trip} atom elektronlarının elektron/pozitron oluşum tesir kesitleridir ve σ_{phn} ise fotonükleer tesir kesiti olarak bilinmektedir. $Z=1$ 'den $Z=92$ 'ye doğru devam eden artan sayıda elementler ve foton

enerjisi 1 keV'den 20 MeV'e kadar olan bileşikler için veriler bulunmaktadır ve (3.18) denklemi ile;

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \left(\frac{N_A}{U_A}\right)(\sigma_{pe} + \sigma_{coh} + \sigma_{incoh} + \sigma_{pair} + \sigma_{trip} + \sigma_{phn}) \quad (3.18)$$

hesaplanmaktadır (Hubbel ve Seltzer 1995).

Kütle Soğurma Katsayısı, çoklu elemanların oluşturduğu numunelerde, numuneleri oluşturan her bir elemanın katkısı dikkate alınarak (3.1) denklemi ile hesaplanmaktadır.

3.4. ETKİN ATOM NUMARASI

Sidgwick, etkin atom numarası kavramını ilk kez kullanmış bilim insanıdır. Bu bilgi sayesinde koordineli bir karışımın içeriği öngörülebilmektedir (Yeov, 2007). Etkin atomun numarası, fiziki bir manaya sahip olup, birçok elementten meydana gelen karışımı tek bir numarayla belirterek önemli bilgi vermektedir. Etkin atom numarası hesaplanırken kütle soğurma katsayısından yararlanılmaktadır. Etkin atom numarası, radyasyonun karışımla nüfuzunu ortaya koyan bir parametre olmasından dolayı radyasyon zırlama tasarımının da soğurulan doz hesaplamalarında kullanılmaktadır. Bir karışımın kimyevi içeriği ile ilgili temel bilgileri öğrenmek amacıyla da etkin atom numarasından yararlanılmaktadır. $Z_{et} \geq 10$ sahip karışımlara genel olarak inorganik maddeler dahilken ve metallere eşdeğer olurken, $Z_{et} \leq 10$ sahip olan karışımlar organik bileşiklerle eşdeğerdir (Baltaş ve Çevik, 2008). Tetkik edilen örnek bir madde, bileşik veya alaşım şeklinde olursa, etkin atom numarası belirlenmesi gereklidir. Etkin atom numaraları konusunda işlenen doğru veriler, radyasyon biyolojisi, radyografi, medikal fizik ve radyasyon dozimetri gibi ölçümlerde kullanılmaktadır. Etkin atom numarası malzemelerin X ya da Gama ışını soğurma kesirlerinin manasını belirlemeyi amaçlayan bir ölçüttür. Gama veya X ışınlarının soğurulması ve yayılması bir elementin atom numarası ve yoğunluğuyla alakalıdır. Malzemenin karışım şeklinde olması sonucu, etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu karşılıklı ilişki içerisinde olmaktadır. Etkin atom numarası, bir maddeyi veya bileşiği meydana getiren elementlerin yaklaşık olarak ortalama atom numarasıdır. Bu malzemelerdeki etkin atom numarasını ölçen kaideleri belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Endüstriyel, medikal ve teknolojik

alanların çoğunda bileşimin radyasyon reaksiyonunu ortaya çıkarmak amacıyla etkin atom numarası ölçümünden yararlanılmaktadır. Bileşimle radyasyonun etkileşiminden meydana gelen olaylar değişik enerji sahalarında baskın olabilmektedir. Yapılan teorik ve deneysel çalışmalar sonucunda etkin atom numarasında enerjiye bağlı olarak değişiklikler meydana gelmiştir. Etkin atomun numarası, X ve γ –ışınlarının bileşimdeki giriciliğini belirlemek amacıyla gereken ana özelliklerdendir. Günümüzde tarımsal uygulamalarda aktif kullanılmaktadır. Birim kütle başına düşen elektron sayısı şeklinde tarif edilen etkin elektron yoğunluğu, etkin atom numarasıyla birebir alakalıdır. Ortaya çıkan tesir kesitleri, etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu ölçütleri foton enerji soğurma ölçütlerini temsil etmektedir. Yapılan çalışmalar da maddedeki element sayısının çoğalmasıyla etkin atom numarasının azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte, maddedeki element adedinin çoğalmasıyla etkin elektronun yoğunluğunun da çoğaldığı görülmüştür. Buna karşılık, çoğalan enerji ile etkin atom numarasının ve etkin elektronun yoğunluğunun giderek azaldığı görülmüştür. Soğurma kıyısı enerjisinde etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğunda hızlı bir yükseliş gözlemlendiği, fakat daha sonra yeniden yükselen enerji sayesinde azaldığı görülmüştür (Morabad ve Kerur, 2010). Karışım kuralı kullanılarak herhangi bir birleşimin etkin atom numarası;

$$Z_{et} = \frac{Z_1(\log\sigma_2 - \log\sigma) + Z_2(\log\sigma - \log\sigma_1)}{\log\sigma_2 - \log\sigma_1} \quad (3.19)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır. Buradaki σ_1 ve σ_2 aradaki temel kesitler, Z_1 ve Z_2 malzemenin atomik kesitinin bulunduğu elementlerin atom numaralarıdır (Singh 2007).

3.5. ELEKTRON YOĞUNLUĞU

Elektron yoğunluğu hesap edilirken kütle soğurma katsayısından yararlanılmaktadır (Baltaş and Evik, 2008). Gama veya X ışınlarının soğrulması ve yayılması bir elementin atom numarası ve yoğunluğuyla alakalıdır. Malzeme karışım şeklinde olursa, etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu karşılıklı ilişki içerisinde. Birim kütle başına düşen elektron sayısı şeklinde tarif edilen, etkin elektron yoğunluğu, etkin atom numarasıyla birebir alakalıdır. Elektron yoğunluğu ölçütleri foton enerji soğurma ölçütlerini temsil etmektedir. Yapılan çalışmalar da maddedeki element adedinin çoğalmasıyla etkin

elektronun yoğunluğunu da arttığı ve diğer yandan çoğalan enerji ile etkin elektron yoğunluğunun giderek azaldığı görülmüştür (Morabad ve Kerur, 2010). Etkin elektron yoğunluğu (elektron/g);

$$N_e = N_A \frac{n Z_{et}}{\sum_i n_i A_i} \quad (3.20)$$

eşitliği ile elde edilmektedir. Formüldeki n karışımdaki atom sayısını, A_i i. elementin atom ağırlığını, Z_{et} etkin atom numarasını, N_A Avogadro sayısını temsil etmektedir (Manohara 2008).



4. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. SU NUMUNELERİNİN TOPLANMASI VE HAZIRLANMASI

Tez çalışmasının teorik hesaplamaları Aktaş, Çıldır Göllerinden ve Kura Nehrinden su örneklerinin alınmasıyla başlamıştır. Su analizlerinden beklenen doğruluğun sağlanabilmesi için su örneklerinin alınması, ambalajlanması ve laboratuvar ortamına taşınmasında bazı esaslar dâhilinde hareket edilmesi gerekmektedir (Karataş 2013). Su numuneleri bu esaslar dikkate alınarak toplanmıştır. Su örnekleri, steril hale getirilmiş şişe ile ağzı aşağıya doğru en az 25-30 cm suya daldırılarak toplanmıştır. Toplanmış örnekler medikal steril bez vasıtasıyla süzölmüştür ve suyun üzerindeki küçük kalıntılardan temizlenmiştir. Bu örneklerin tamamı steril ve bireysel poşetlenmiş olan konik tabanlı 15 ml'lik falkon tüplerle toplanmıştır. Falkon tüplerin kapakları sıkı kapatılarak, üzerleri örnek alım sırasına göre rakamlarla numaralandırılmıştır.

Aktaş Gölünden alınmış su örnekleri, gölün Türkiye tarafındaki bölgedeki su çevresinin tüm etrafını kapsayacak şekilde, bazı yerlerde 10 m bazı yerlerde 100-150 m mesafe aralığıyla 10 farklı noktadan alınmıştır. Çıldır Gölü su numuneleri Çıldır İlçesinin Gölebakan Köyü karşı kıyısından başlayarak 10 m veya 50 m, bazı kıyı bölgelerinde 100-150 m mesafe aralığında 10 farklı noktadan alınmıştır. Kura Nehrinden su numuneleri özellikle 3 farklı bölgeden alınmıştır. Kura Nehri su numuneleri, Kura Nehrinin Ardahan'a giriş kısmından 3 farklı noktadan, Ardahan şehir merkezinden 4 farklı noktadan ve nehirin Ardahan merkezden çıkış kısmından 3 farklı noktadan alınmıştır. Su numuneleri Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun her biri için 10 farklı noktadan alınmıştır, toplamda 30 numune elde edilmiştir ve numaralandırılmıştır. Tüm su numuneleri toplanırken işlemlerin sağlıklı yapılabilmesi ve sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi açısından havanın yağışlı olmamasına, göl ve nehirlerin donmuş olmamasına dikkat edilmiştir.

4.2. ICP-MS ANALİZİ

Tez çalışmasında göl ve nehir sularının elemental analizleri ICP-MS cihazıyla “Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Atomik Parametrelerinin WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi” başlıklı ve “2022-2 ÖNP-Sağl-005” nolu bilimsel araştırma projesi kapsamındaki destekle DAYTAM’a hizmet alımıyla yaptırılmıştır.

Su örneklerinin cihaz için hazırlanması işlemlerinde, ilk önce su örnekleri şırınga ucu filtre ile filtrelenmiştir. Blank çözeltisi olarak ultra saf su kullanılmıştır. Örnekler ve blank numunesi cihaza verilerek analiz edilmiştir. Her okuma kendi içinde 3 paralel okumanın ortalamasıdır. Si için 0, 250, 500, 750 ve 1000 ppb; Hg için, 0, 2.5, 5, 7.5 ve 10 ppb ve çalışılan diğer elementler için referans aralığı: 0, 10, 25, 50, 100, 250 ve 500 ppb olarak alınmıştır. Standartlar hazırlanırken, 10 ppb standart çözeltisi için; 10 ppm olan stok standart çözeltilerden ayrı olacak şekilde mikropipetle 30 µl, Hg çözeltisinden 7.5 µl alınarak 50 ml’lik falkon tüpe aktarılmıştır ve mikropipet kullanılarak çözeltinin hacmi %2’lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml’ye tamamlanmıştır. 25 ppb standart çözeltisi için; 10 ppm olan stok standart çözeltilerden ayrı olacak şekilde mikropipetle 75 µl, Hg solüsyonundan 15 µl alınarak 50 ml’lik falkon tüpe aktarılmıştır. Mikropipet kullanılarak hacmi %2’lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml’ye tamamlanmıştır. 50 ppb standart çözeltisi için; 10 ppm olan stok standart çözeltilerden ayrı olacak şekilde mikropipetle 150 µl, Hg solüsyonundan 22.5 µl alınarak 50 ml’lik falkon tüpe aktarılmıştır. Mikropipet kullanılarak hacmi %2’lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml’ye tamamlanmıştır. 100 ppb standart çözeltisi için; 10 ppm olan stok standart çözeltilerden ayrı olacak şekilde mikropipetle 300 µl, Hg solüsyonundan 30 µl alınarak 50 ml’lik falkon tüpe aktarılmıştır. Mikropipet kullanılarak hacmi %2’lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml’ye tamamlanmıştır. 250 ppb standart çözeltisi; 10 ppm olan stok standart çözeltilerden ayrı olacak şekilde mikropipetle 750 µl alınarak 50 ml’lik falkon tüpe aktarılmıştır. Mikropipet kullanılarak hacmi %2’lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml’ye tamamlanmıştır. 500 ppb standart çözeltisi; 10 ppm olan stok standart çözeltilerden ayrı olacak şekilde mikropipetle 1500 µl alınarak 50 ml’lik falkon tüpe aktarılmıştır ve hacmi mikropipet kullanılarak %2’lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml’ye tamamlanmıştır. Si ayrı hazırlanmıştır ve kalibrasyon eğrisi ayrı çizdirilmiştir. 250 ppb Si çözeltisi; 10 ppm stok Si çözeltisinden 750 µl alınarak 50 ml’lik falkon tüpe aktarılmıştır ve hacmi mikropipet kullanılarak %2’lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml’ye

tamamlanmıştır. 500 ppb Si çözeltisi; 10 ppm stok Si çözeltisinden 1500 µl alınarak 50 ml'lik falkon tüpe aktarılmıştır ve hacmi mikropipet kullanılarak %2'lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml'ye tamamlanmıştır 750 ppb Si çözeltisi; 10 ppm stok Si çözeltisinden 2250 µl alınarak 50 ml'lik falkon tüpe aktarılmıştır ve hacmi mikropipet kullanılarak %2'lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml'ye tamamlanmıştır. 1000 ppb Si çözeltisi; 10 ppm stok Si çözeltisinden 3000 µl alınarak 50 ml'lik falkon tüpe aktarılmıştır ve hacmi mikropipet kullanılarak %2'lik HNO₃ çözeltisi ile 30 ml'ye tamamlanmıştır.

Çözeltide bulunan elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesinde “İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS-Agilent 7800 serisi, Agilent Teknolojileri, Japonya)” kullanılmıştır. ICP-MS cihazı, örneklerin sisteme yüklenmesinde kullanılan cam MikroMist nebulizer (U-serisi, Avustralya) ve quartz bir spray bölmesi (çift geçişli, USA) içermektedir. Plasma kısmı quartz torch (2.5 mm, Japonya) barındıran inert numune giriş kiti ve nikel malzemeden oluşan sample cone ve skimmer cone (x-lens için, USA) kısımlarından oluşmaktadır. Numunelerdeki element konsantrasyonu tayininden önce tüm quartz ve nikel parçalar prosedüre uygun olarak temizlenmiştir. Temizlik için quartz ve cam parçalar %5-10'luk HNO₃ çözeltisinde bir gece bekletilmiştir, ardından saf su ile iyice durulandıktan sonra etüvde kurutulmuştur ve cihaza takılmıştır. Nikel malzemeden oluşan sample ve skimmer cone parçaları beş dakika boyunca sırası ile saf su, %5'lik HNO₃ çözeltisi ve saf su içerisinde ultrasonik banyoda bekletilmiştir. Daha sonra temiz bir pamuk yardımı ile iyice temizlenmiştir ve saf su ile iyice durulandıktan sonra etüvde kurutulmuştur. Kurutulan parçalar cihaza yerleştirilmiştir.

Analize başlamadan önce cihaz, helyum gazı ile 45 dakika süre ile purge edilmiştir. Plasma gas: 15 L/dk, auxiliary gas: 1 L/dk, carrier gas: 1 L/dk, makeup/dilution gas:1 L/dk ve taşıyıcı gaz basıncı: 1,45 kPa gibi cihaz parametreleri ayarlandıktan sonra cihaz aktifleştirilmiştir. Cihaz aktifleştirildikten sonra sırası ile torch axis, resolution axis, EM, standart lense tune, plasma corection, full spectrum ve performance report testleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra tuning solüsyonu (1 µg/L Ce, Co, Li, Mg, Tl, Y) ile cihazın kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Tune işlemi sonucunda alınan değerler kontrol edilerek cihazda herhangi bir sapmanın olup olmadığı belirlenmiştir. Stok çözeltilerden yararlanılarak hazırlanan standart çözeltiler okutulup kalibrasyon eğrileri çizdirilip kontrol edilmiştir. Kalibrasyon eğrilerinin kontrolü sonrasında numuneler

otoörnekleyici tarafından cihaza yüklenerek analiz edilmiştir. Otoörnekleyici ve tubing %2'lik HNO₃ ve ultra saf suyla, probe kısmı %1'lik HCl çözeltisi ile yıkanarak bir sonraki enjeksiyon için hazır hale getirilmiştir. Ölçümler; 1200 W RF gücünde, 1 L/dk taşıyıcı gaz akışında ve 0.30 rps nebulizer pompa hızında gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak argon gazı kullanılmıştır.

Ölçümlerin hesaplanması için “Mass Hunter 4.4 Workstation Software 7800 ICP-MS Top C.01.04” yazılımı kullanılmıştır.

Dilution factor = (final weight or volume / sample quantity or volume) * dilution coefficient

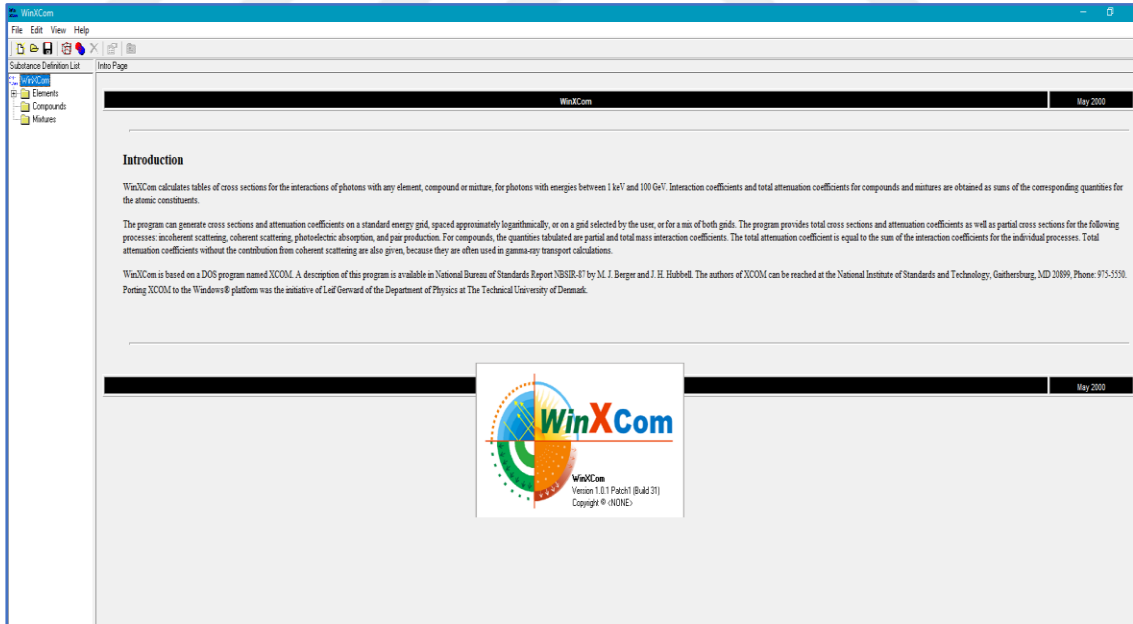
Elemental konsantrasyonlar yukarıda yer alan formüle göre sistem tarafından otomatik hesaplatılmıştır ve ppb cinsinden elde edilmiştir. Elde edilen elemental analiz sonuçları atomik parametreleri hesaplayabilmemiz için 1×10^7 değerine bölünerek kütlece yüzde cinsinden alınmış ve WinXCom programına tanıtılmıştır.

4.3. WinXCom PROGRAMI

Atomik parametrelerden olan kütle soğurma katsayılarının teorik olarak hesaplanması için WinXCom programı kullanılmaktadır. WinXCom, elementlerin kütle soğurma katsayılarını dikkate alarak hesaplanan karışım kuralına dayalı bir programdır. Bu kurala göre; materyal içindeki elementler tek tek incelemekte ve birbirinden bağımsız kabul edilerek hesaplama yapılmaktadır. Lakin bu kural atomun moleküler ve kimyasal çevresindeki oluşan değişimlerden ortaya çıkan atomik dalga fonksiyonundaki değişimleri ihmal etmektedir (Kerur ve ark. 1994). Berger ve Hubbell (1987/1999) toplam kütle soğurma katsayıları ya da her element için foton etkileşimli tesir kesitlerini hesaplamak için XCom programını geliştirmişlerdir. Bu program yardımıyla 1 keV'den 100 GeV'e kadar geniş foton enerjili elementlerin, karışımların hesaplamaları yapılabilir. WinXCom; 2001 senesinde Gerward ve diğerleri tarafından XCom'un Windows'a transfer edilmiş şeklidir. Program çeşitli etkileşim süreçleri için (atomik fotoelektrik olayı, inkoherent, koherent saçılma) toplam tesir kesiti, soğurma katsayıları, parçacık tesir kesiti hesaplamalarına imkân sağlamaktadır (Gerward ve ark., 2001). Bu program bir element, bileşik ya da karışımın kütle soğurma katsayılarını teorik olarak

hesaplayabilmektedir. WinXCom programı, oldukça kullanışlı bir program olup radyolojik fizik ve dozimetri için geliştirilmiştir (El-Sersy ve ark. 2011).

Program kullanılırken ilk önce hesap yapılacak enerji değerleri (0.053, 0.186, 0.242, 0.295, 0.352, 0.609, 0.665, 0.768, 0.786, 0.806, 0.934, 1.120, 1.155, 1.238, 1.281, 1.378, 1.401, 1.408, 1.509, 1.661, 1.730, 1.764, 1.847, 2.119, 2.204 ve 2.448 MeV) programa manuel olarak girilmiştir. WinXCom karışım kuralını kullanarak (3.1 eşitliğine göre) hesap yaptığı için daha sonra su numunelerinin elemental içeriği ve kütlece yüzdeleri tek tek sisteme girilerek su numuneleri programa tanıtılmıştır. Daha sonra programdan girilen enerjiye karşı sum (cm^2/g) değerleri yani Kütle Soğurma Katsayıları elde edilmiştir. Bu işlem tüm numuneler için tekrarlanarak WinXCom programı yardımıyla kütle soğurma katsayıları elde edilmiştir. Diğer atomik parametreler (Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesiti, Etkin Atom Numarası ve Elektron Yoğunluğu) WinXCom ile hesaplanan Kütle Soğurma Katsayısı değerlerinin kullanılmasıyla formüller (3.3, 3.19 ve 3.20 eşitlikleri) yardımıyla hesaplanmıştır. WinXCom programının kullanılması ve ara yüzü Şekil 19-23’de gösterilmiştir.



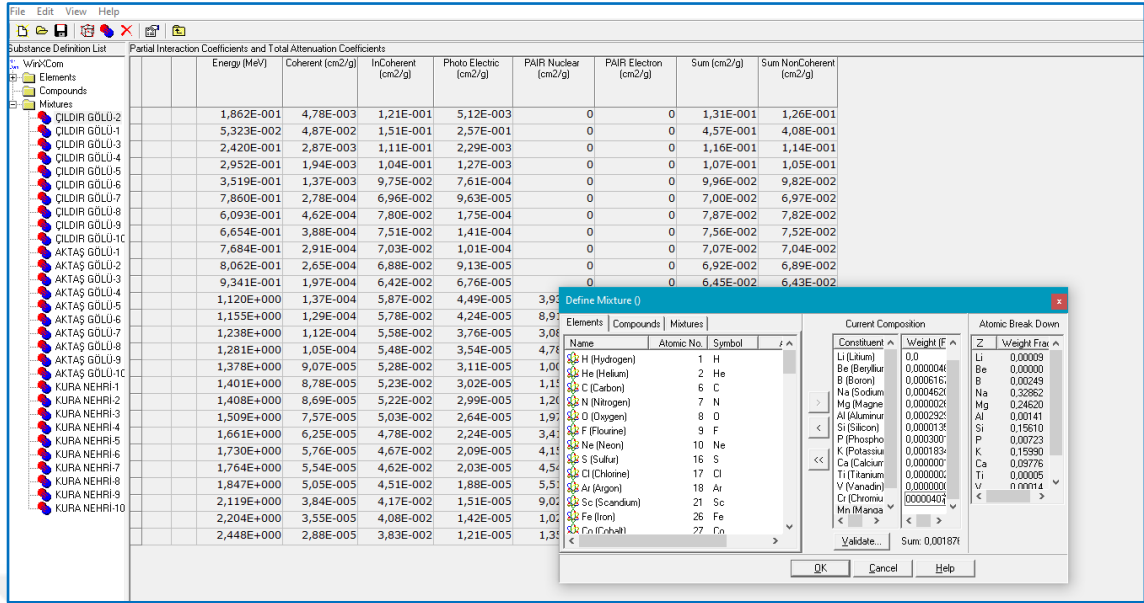
Şekil 19. WinXCom programı

Substance Definition List		Partial Interaction Coefficients and Total Attenuation Coefficients							
		Energy (MeV)	Coherent (cm ² /g)	InCoherent (cm ² /g)	Photo Electric (cm ² /g)	PAIR Nuclear (cm ² /g)	PAIR Electron (cm ² /g)	Sum (cm ² /g)	Sum NonCoherent (cm ² /g)
WInXCom									
Elements									
Compounds									
Mixtures									
ÇİLDİR GÖLÜ-2		1,862E-001	4,78E-003	1,21E-001	5,12E-003	0	0	1,31E-001	1,26E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-1		5,323E-002	4,87E-002	1,51E-001	2,57E-001	0	0	4,57E-001	4,08E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-3		2,420E-001	2,87E-003	1,11E-001	2,29E-003	0	0	1,16E-001	1,14E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-4		2,952E-001	1,94E-003	1,04E-001	1,27E-003	0	0	1,07E-001	1,05E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-5		3,519E-001	1,37E-003	9,75E-002	7,61E-004	0	0	9,96E-002	9,82E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-6		7,860E-001	2,78E-004	6,96E-002	9,63E-005	0	0	7,00E-002	6,97E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-7		6,093E-001	4,62E-004	7,80E-002	1,75E-004	0	0	7,87E-002	7,82E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-8		6,654E-001	3,88E-004	7,51E-002	1,41E-004	0	0	7,56E-002	7,52E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-10		7,684E-001	2,91E-004	7,03E-002	1,01E-004	0	0	7,07E-002	7,04E-002
AKTAŞ GÖLÜ-1		8,062E-001	2,65E-004	6,88E-002	9,13E-005	0	0	6,92E-002	6,89E-002
AKTAŞ GÖLÜ-2		9,341E-001	1,97E-004	6,42E-002	6,76E-005	0	0	6,45E-002	6,43E-002
AKTAŞ GÖLÜ-3		1,120E+000	1,37E-004	5,87E-002	4,49E-005	3,93E-006			
AKTAŞ GÖLÜ-4		1,155E+000	1,29E-004	5,78E-002	4,24E-005	8,91E-006			
AKTAŞ GÖLÜ-5		1,238E+000	1,12E-004	5,58E-002	3,76E-005	3,08E-005			
AKTAŞ GÖLÜ-6		1,281E+000	1,05E-004	5,48E-002	3,54E-005	4,78E-005			
AKTAŞ GÖLÜ-7		1,378E+000	9,07E-005	5,28E-002	3,11E-005	1,00E-004			
AKTAŞ GÖLÜ-8		1,401E+000	8,78E-005	5,23E-002	3,02E-005	1,15E-004			
KURA NEHİR-1		1,408E+000	8,69E-005	5,22E-002	2,99E-005	1,20E-004			
KURA NEHİR-2		1,509E+000	7,57E-005	5,03E-002	2,64E-005	1,97E-004			
KURA NEHİR-3		1,661E+000	6,25E-005	4,78E-002	2,24E-005	3,41E-004			
KURA NEHİR-4		1,730E+000	5,76E-005	4,67E-002	2,09E-005	4,15E-004			
KURA NEHİR-5		1,764E+000	5,54E-005	4,62E-002	2,03E-005	4,54E-004			
KURA NEHİR-6		1,847E+000	5,05E-005	4,51E-002	1,88E-005	5,51E-004			
KURA NEHİR-7		2,119E+000	3,84E-005	4,17E-002	1,51E-005	9,02E-004	1,39E		
KURA NEHİR-8		2,204E+000	3,55E-005	4,08E-002	1,42E-005	1,02E-003	1,22E		
KURA NEHİR-9		2,448E+000	2,88E-005	3,83E-002	1,21E-005	1,35E-003	1,51E		

Şekil 20. WinXCom programına enerji değerlerinin manuel olarak girilebildiği ara yüz

Substance Definition List		Partial Interaction Coefficients and Total Attenuation Coefficients							
		Energy (MeV)	Coherent (cm ² /g)	InCoherent (cm ² /g)	Photo Electric (cm ² /g)	PAIR Nuclear (cm ² /g)	PAIR Electron (cm ² /g)	Sum (cm ² /g)	Sum NonCoherent (cm ² /g)
WInXCom									
Elements									
Compounds									
Mixtures									
ÇİLDİR GÖLÜ-2		1,862E-001	4,78E-003	1,21E-001	5,12E-003	0	0	1,31E-001	1,26E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-1		5,323E-002	4,87E-002	1,51E-001	2,57E-001	0	0	4,57E-001	4,08E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-3		2,420E-001	2,87E-003	1,11E-001	2,29E-003	0	0	1,16E-001	1,14E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-4		2,952E-001	1,94E-003	1,04E-001	1,27E-003	0	0	1,07E-001	1,05E-001
ÇİLDİR GÖLÜ-5		3,519E-001	1,37E-003	9,75E-002	7,61E-004	0	0	9,96E-002	9,82E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-6		7,860E-001	2,78E-004	6,96E-002	9,63E-005	0	0	7,00E-002	6,97E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-7		6,093E-001	4,62E-004	7,80E-002	1,75E-004	0	0	7,87E-002	7,82E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-8		6,654E-001	3,88E-004	7,51E-002	1,41E-004	0	0	7,56E-002	7,52E-002
ÇİLDİR GÖLÜ-10		7,684E-001	2,91E-004	7,03E-002	1,01E-004	0	0	7,07E-002	7,04E-002
AKTAŞ GÖLÜ-1		8,062E-001	2,65E-004	6,88E-002	9,13E-005	0	0	6,92E-002	6,89E-002
AKTAŞ GÖLÜ-2		9,341E-001	1,97E-004	6,42E-002	6,76E-005	0	0	6,45E-002	6,43E-002
AKTAŞ GÖLÜ-3		1,120E+000	1,37E-004	5,87E-002	4,49E-005	3,93E-006			
AKTAŞ GÖLÜ-4		1,155E+000	1,29E-004	5,78E-002	4,24E-005	8,91E-006			
AKTAŞ GÖLÜ-5		1,238E+000	1,12E-004	5,58E-002	3,76E-005	3,08E-005			
AKTAŞ GÖLÜ-6		1,281E+000	1,05E-004	5,48E-002	3,54E-005	4,78E-005			
AKTAŞ GÖLÜ-7		1,378E+000	9,07E-005	5,28E-002	3,11E-005	1,00E-004			
AKTAŞ GÖLÜ-8		1,401E+000	8,78E-005	5,23E-002	3,02E-005	1,15E-004			
KURA NEHİR-1		1,408E+000	8,69E-005	5,22E-002	2,99E-005	1,20E-004			
KURA NEHİR-2		1,509E+000	7,57E-005	5,03E-002	2,64E-005	1,97E-004			
KURA NEHİR-3		1,661E+000	6,25E-005	4,78E-002	2,24E-005	3,41E-004			
KURA NEHİR-4		1,730E+000	5,76E-005	4,67E-002	2,09E-005	4,15E-004			
KURA NEHİR-5		1,764E+000	5,54E-005	4,62E-002	2,03E-005	4,54E-004			
KURA NEHİR-6		1,847E+000	5,05E-005	4,51E-002	1,88E-005	5,51E-004			
KURA NEHİR-7		2,119E+000	3,84E-005	4,17E-002	1,51E-005	9,02E-004	1,39E		
KURA NEHİR-8		2,204E+000	3,55E-005	4,08E-002	1,42E-005	1,02E-003	1,22E		
KURA NEHİR-9		2,448E+000	2,88E-005	3,83E-002	1,21E-005	1,35E-003	1,51E		

Şekil 21. Hesaplarda kullanılan WinXCom programının ekrandaki görüntüsü



Şekil 22. Göl ve nehir sularının WinXCom programına tanıtılması

Substance Definition List	Energy (MeV)	Coherent (cm ² /g)	InCoherent (cm ² /g)	Photo Electric (cm ² /g)	PAIR Nuclear (cm ² /g)	PAIR Electron (cm ² /g)	Sum (cm ² /g)	Sum NonCoherent (cm ² /g)
CILDIR GÖLÜ-2	1,862E-001	4,78E-003	1,21E-001	5,12E-003	0	0	1,31E-001	1,26E-001
CILDIR GÖLÜ-1	5,323E-002	4,87E-002	1,51E-001	2,57E-001	0	0	4,57E-001	4,08E-001
CILDIR GÖLÜ-3	2,420E-001	2,87E-003	1,11E-001	2,29E-003	0	0	1,16E-001	1,14E-001
CILDIR GÖLÜ-4	2,952E-001	1,94E-003	1,04E-001	1,27E-003	0	0	1,07E-001	1,05E-001
CILDIR GÖLÜ-5	3,519E-001	1,37E-003	9,75E-002	7,61E-004	0	0	9,96E-002	9,82E-002
CILDIR GÖLÜ-6	7,860E-001	2,78E-004	6,96E-002	9,63E-005	0	0	7,00E-002	6,97E-002
CILDIR GÖLÜ-7	6,093E-001	4,62E-004	7,80E-002	1,75E-004	0	0	7,87E-002	7,82E-002
CILDIR GÖLÜ-8	6,654E-001	3,88E-004	7,51E-002	1,41E-004	0	0	7,56E-002	7,52E-002
CILDIR GÖLÜ-1C	7,684E-001	2,91E-004	7,03E-002	1,01E-004	0	0	7,07E-002	7,04E-002
AKTAŞ GÖLÜ-1	8,062E-001	2,65E-004	6,88E-002	9,13E-005	0	0	6,92E-002	6,89E-002
AKTAŞ GÖLÜ-2	9,341E-001	1,97E-004	6,42E-002	6,76E-005	0	0	6,45E-002	6,43E-002
AKTAŞ GÖLÜ-3	1,120E+000	1,37E-004	5,87E-002	4,49E-005	3,93E-006	0	5,89E-002	5,88E-002
AKTAŞ GÖLÜ-5	1,155E+000	1,29E-004	5,78E-002	4,24E-005	8,91E-006	0	5,80E-002	5,79E-002
AKTAŞ GÖLÜ-6	1,238E+000	1,12E-004	5,58E-002	3,76E-005	3,08E-005	0	5,60E-002	5,59E-002
AKTAŞ GÖLÜ-8	1,281E+000	1,05E-004	5,48E-002	3,54E-005	4,78E-005	0	5,50E-002	5,49E-002
AKTAŞ GÖLÜ-9	1,378E+000	9,07E-005	5,28E-002	3,11E-005	1,00E-004	0	5,30E-002	5,29E-002
AKTAŞ GÖLÜ-1C	1,401E+000	8,78E-005	5,23E-002	3,02E-005	1,15E-004	0	5,26E-002	5,25E-002
KURA NEHİR-1	1,408E+000	8,69E-005	5,22E-002	2,99E-005	1,20E-004	0	5,24E-002	5,24E-002
KURA NEHİR-2	1,509E+000	7,57E-005	5,03E-002	2,64E-005	1,97E-004	0	5,06E-002	5,06E-002
KURA NEHİR-3	1,661E+000	6,25E-005	4,78E-002	2,24E-005	3,41E-004	0	4,82E-002	4,82E-002
KURA NEHİR-4	1,730E+000	5,76E-005	4,67E-002	2,09E-005	4,15E-004	0	4,72E-002	4,72E-002
KURA NEHİR-5	1,764E+000	5,54E-005	4,62E-002	2,03E-005	4,54E-004	0	4,68E-002	4,67E-002
KURA NEHİR-6	1,847E+000	5,05E-005	4,51E-002	1,88E-005	5,51E-004	0	4,57E-002	4,56E-002
KURA NEHİR-7	2,119E+000	3,84E-005	4,17E-002	1,51E-005	9,02E-004	1,39E-008	4,26E-002	4,26E-002
KURA NEHİR-8	2,204E+000	3,55E-005	4,08E-002	1,42E-005	1,02E-003	1,22E-007	4,18E-002	4,18E-002
KURA NEHİR-9	2,448E+000	2,88E-005	3,83E-002	1,21E-005	1,35E-003	1,51E-006	3,97E-002	3,97E-002

Şekil 23. Enerjiye (MeV) karşı elde edilen Sum (Kütle Soğurma Katsayısı) (cm²/g) Değerleri

5. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Aktaş ve Çıldır Gölleri, Kura Nehri sularının ICP-MS ile elde edilen elemental içeriği (Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Zr, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Ba, La, Ce, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi) ve kütlece yüzdeleri Tablo 4’de verilmiştir. Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri sularının WinXCom yardımıyla belirlenen Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları Tablo 5-37’de verilmiştir. Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri sularının WinXCom yardımıyla belirlenen Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunluklarının ortalama değerlerinin, enerjiyle değişimi Şekil 24-35’de verilmiştir. Grafikler Origin Pro 8 kullanılarak çizilmiştir.

Tablo 4. Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Li	Be	B	Na	Mg
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	21.55800	0.02700	748.61700	277155.05800	29759.50600
Aktaş Gölü-2	23.33400	0.05200	750.99300	273719.89800	30097.94900
Aktaş Gölü-3	22.33700	0.02900	806.29400	300202.23900	29392.34500
Aktaş Gölü-4	21.05200	0.00800	812.52900	294818.97900	28366.53400
Aktaş Gölü-5	28.56900	0.02600	919.73600	357735.02900	54438.78900
Aktaş Gölü-6	29.45400	0.01700	1118.99800	384754.66300	60056.07800
Aktaş Gölü-7	26.15200	0.05000	925.47200	373649.87400	53712.67000
Aktaş Gölü-8	22.45000	0.03000	781.99500	329936.30200	33125.83600
Aktaş Gölü-9	25.59900	0.05700	839.57900	375398.32300	39554.72100
Aktaş Gölü-10	24.06100	0.05000	867.77900	365213.57100	39755.72300
Aktaş Gölü-Ort	24.45660	0.03460	857.19920	333258.39360	39826.01510
Çıldır Gölü-1	1.72600	0.00100	47.84800	6277.91600	4679.20400
Çıldır Gölü-2	1.75900	0.00300	46.71000	6167.78700	4620.77200
Çıldır Gölü-3	1.96600	0.00100	46.29400	6331.30500	4648.03200
Çıldır Gölü-4	1.75600	<0.000	44.92200	6305.71700	4566.63000
Çıldır Gölü-5	1.91000	<0.000	45.04400	6704.41900	4992.24500
Çıldır Gölü-6	1.77700	<0.000	47.25000	6428.18700	4765.47500
Çıldır Gölü-7	1.72300	<0.000	46.94400	6353.44500	4787.44700
Çıldır Gölü-8	1.69700	0.00000	46.14800	6393.27900	4700.68500
Çıldır Gölü-9	1.92800	<0.000	46.35900	6370.87600	4710.74400
Çıldır Gölü-10	1.67800	<0.000	46.71800	6507.81100	4791.99800

Çıldır Gölü-Ort	1.79200	0.00125	46.42370	6384.07420	4726.32320
Kura Nehri-1	8.28200	<0.000	158.29400	13607.61900	11697.99100
Kura Nehri-2	8.93000	<0.000	147.45800	14816.38000	12679.32000
Kura Nehri-3	8.05300	<0.000	147.14000	13248.41200	11517.38500
Kura Nehri-4	8.42400	<0.000	145.06500	14387.66900	12091.64600
Kura Nehri-5	8.27800	<0.000	121.97000	13074.33600	11225.11400
Kura Nehri-6	8.24200	<0.000	132.76400	14032.15400	11948.33800
Kura Nehri-7	7.42600	<0.000	125.75600	12707.68400	11044.89000
Kura Nehri-8	7.95500	<0.000	122.00700	13008.46100	11112.86700
Kura Nehri-9	7.40400	<0.000	116.90000	11720.34500	10287.04500
Kura Nehri-10	7.52300	<0.000	116.34900	12729.55300	10540.39300
Kura Nehri-Ort	8.05170	<0.001	133.37030	13333.26130	11414.49890

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Al	Si	P	K	Ca
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	822.33200	6303.29000	183.08100	21799.18600	2277.00500
Aktaş Gölü-2	1662.55800	7857.49700	320.11800	21376.93800	2355.69800
Aktaş Gölü-3	885.42200	8530.19000	355.18000	24522.04100	3008.63100
Aktaş Gölü-4	338.17200	7341.88000	271.16400	25521.09200	2921.12900
Aktaş Gölü-5	761.45000	6928.32800	177.75800	30930.42900	5616.07300
Aktaş Gölü-6	578.18500	6210.94400	229.54700	31675.39300	5576.32100
Aktaş Gölü-7	1813.05000	6991.15700	259.22800	30099.06400	5796.09100
Aktaş Gölü-8	1155.77400	6167.31200	195.96800	23726.41600	2880.82300
Aktaş Gölü-9	1934.52600	8763.35500	228.93900	23513.97700	2681.89600
Aktaş Gölü-10	1626.40500	7821.09500	350.28700	27559.67500	3138.48700
Aktaş Gölü-Ort	1157.78740	7291.50480	257.12700	26072.42110	3625.21540
Çıldır Gölü-1	27.19200	3017.89100	119.73300	2988.65200	1864.04300
Çıldır Gölü-2	26.39500	2929.78300	135.75000	3001.03700	1834.78700
Çıldır Gölü-3	31.12500	2980.67900	135.91400	3084.99200	1859.83700
Çıldır Gölü-4	25.02100	2904.28100	145.96700	3092.03500	1847.95600
Çıldır Gölü-5	29.01800	3181.11500	119.90200	3271.59800	1971.76700
Çıldır Gölü-6	31.21000	3109.35500	105.94600	3233.33500	1914.97600
Çıldır Gölü-7	27.90800	2968.34900	124.31400	3170.08900	1932.37400
Çıldır Gölü-8	24.92800	2983.65000	122.81500	3166.35100	1869.13400
Çıldır Gölü-9	22.37800	2852.93300	129.36200	3250.84300	1883.30800
Çıldır Gölü-10	26.10700	2756.62800	97.44400	3400.59000	1915.02600
Çıldır Gölü-Ort	27.12820	2968.46640	123.71470	3165.95220	1889.32080
Kura Nehri-1	19.19600	17937.88300	610.92900	5478.60600	5053.85500
Kura Nehri-2	8.42500	19575.40700	262.98100	6000.50000	5427.00200
Kura Nehri-3	9.97300	17478.85000	183.55000	5505.13800	4996.94400
Kura Nehri-4	3.25300	18318.01100	207.98800	6118.48300	5162.22000
Kura Nehri-5	6.32300	17241.48200	86.95500	5361.41700	4910.08400

Kura Nehri-6	6.04300	18657.17800	111.03900	6153.76600	5407.88000
Kura Nehri-7	5.69500	17241.65100	131.35700	5965.72100	5069.15600
Kura Nehri-8	19.14100	16841.55500	1168.01100	6014.47300	5122.68900
Kura Nehri-9	91.71900	15520.90000	110.79800	5733.18900	4648.15100
Kura Nehri-10	4.57200	16556.09600	105.73000	5741.53800	4878.45800
Kura Nehri-Ort	17.43400	17536.90130	297.93380	5807.28310	5067.64390

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	42.73800	10.19200	0.95900	12.53100	411.08100
Aktaş Gölü-2	75.35000	11.12300	1.70200	20.28900	790.55800
Aktaş Gölü-3	46.95500	11.87000	1.06000	13.29100	445.47000
Aktaş Gölü-4	24.31000	10.68200	0.43400	6.07600	167.31200
Aktaş Gölü-5	33.00900	10.69400	0.88300	76.75900	440.14200
Aktaş Gölü-6	29.32600	15.63100	0.70200	71.84600	347.33600
Aktaş Gölü-7	63.84200	24.30000	8.49700	31.64400	964.56100
Aktaş Gölü-8	52.60100	17.47400	1.27500	17.97300	641.81900
Aktaş Gölü-9	91.79900	27.52600	2.04200	39.74800	1008.92900
Aktaş Gölü-10	76.34900	23.03700	1.70500	33.93300	848.94500
Aktaş Gölü-Ort	53.62790	16.25290	1.92590	32.40900	606.61530
Çıldır Gölü-1	1.05800	2.66000	0.05100	0.72500	16.39000
Çıldır Gölü-2	1.00200	2.65900	0.03800	0.40700	15.48200
Çıldır Gölü-3	1.12900	2.51300	0.05000	0.58600	16.04900
Çıldır Gölü-4	1.06100	2.58700	0.04700	0.74800	15.09200
Çıldır Gölü-5	0.96800	2.74600	0.05100	0.43900	16.23300
Çıldır Gölü-6	1.14000	2.73100	0.03600	0.66300	17.36300
Çıldır Gölü-7	0.91500	2.63500	0.03700	0.50000	15.66500
Çıldır Gölü-8	0.71200	2.72600	0.02900	1.10700	15.33000
Çıldır Gölü-9	0.81400	2.66100	0.03700	0.51200	12.98700
Çıldır Gölü-10	0.94400	2.47500	0.01800	0.61200	14.83000
Çıldır Gölü-Ort	0.97430	2.63930	0.03940	0.62990	15.54210
Kura Nehri-1	0.99400	4.57300	0.15300	0.91400	37.31800
Kura Nehri-2	0.91600	4.82500	0.16100	2.86400	24.92700
Kura Nehri-3	0.74300	4.62900	0.16100	1.22400	32.25300
Kura Nehri-4	0.49000	4.95800	0.17300	0.84000	20.53200
Kura Nehri-5	0.62700	5.05600	0.14300	0.73800	21.79100
Kura Nehri-6	0.59500	5.08800	0.18800	0.64200	22.74100
Kura Nehri-7	0.42600	4.21800	0.22100	0.70800	20.41100
Kura Nehri-8	1.17500	5.25800	0.18900	1.05300	24.35500

Kura Nehri-9	0.87300	4.01700	0.19700	16.40900	31.48700
Kura Nehri-10	0.39200	5.11600	0.21000	0.71900	14.30200
Kura Nehri-Ort	0.72310	4.77380	0.17960	2.61110	25.01170

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Co	Ni	Cu	Zn	As
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	0.85400	5.54400	3.40200	2.05700	41.52700
Aktaş Gölü-2	1.05700	5.46500	3.76400	2.98700	39.91700
Aktaş Gölü-3	0.97100	5.42400	7.92200	3.36500	43.72200
Aktaş Gölü-4	0.92200	6.01700	4.01100	1.99800	43.14000
Aktaş Gölü-5	1.74300	8.31400	3.48300	4.22800	59.29000
Aktaş Gölü-6	2.54000	10.99400	4.55700	2.22100	69.18900
Aktaş Gölü-7	24.38800	22.95800	81.79600	850.23400	56.27000
Aktaş Gölü-8	1.80400	8.01700	6.89700	2.71300	62.74200
Aktaş Gölü-9	2.64000	12.19200	12.23700	3.51000	74.61200
Aktaş Gölü-10	2.59700	10.10600	9.97200	3.07400	71.80500
Aktaş Gölü-Ort	3.95160	9.50310	13.80410	87.63870	56.22140
Çıldır Gölü-1	0.03300	2.13000	0.83500	0.16100	2.17400
Çıldır Gölü-2	0.02900	1.12000	0.94600	0.34500	2.14900
Çıldır Gölü-3	0.03500	0.85700	0.88000	0.31000	2.16200
Çıldır Gölü-4	0.03200	1.05100	1.10400	0.60800	2.09000
Çıldır Gölü-5	0.03200	1.11600	0.95500	0.25600	2.23200
Çıldır Gölü-6	0.02700	3.12800	0.94600	0.28100	2.18600
Çıldır Gölü-7	0.03500	1.77400	0.91600	0.30900	2.10600
Çıldır Gölü-8	0.03200	1.11900	0.99300	0.54300	2.10800
Çıldır Gölü-9	0.03700	3.16100	0.88500	0.32500	2.12300
Çıldır Gölü-10	0.03600	1.13600	0.92300	2.14900	1.96800
Çıldır Gölü-Ort	0.03280	1.65920	0.93830	0.52870	2.12980
Kura Nehri-1	0.12700	2.49100	0.99800	1.37400	5.91700
Kura Nehri-2	0.14700	1.87400	1.10800	0.60200	7.37200
Kura Nehri-3	0.14000	1.41000	1.17000	0.84300	6.15800
Kura Nehri-4	0.15600	1.25200	1.88800	0.92600	6.32100
Kura Nehri-5	0.14500	1.89800	1.20600	0.56400	6.36800
Kura Nehri-6	0.14700	3.31900	1.59400	0.55200	7.36300
Kura Nehri-7	0.11500	1.43600	1.63400	2.11800	7.35700
Kura Nehri-8	0.15700	1.86700	1.72100	2.11500	7.47000
Kura Nehri-9	0.19200	2.17600	1.37300	0.51300	5.80000
Kura Nehri-10	0.18700	1.62700	1.59200	1.02400	7.43800
Kura Nehri-Ort	0.15130	1.93500	1.42840	1.06310	6.75640

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Se	Sr	Zr	Mo	Ru
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	0.21100	233.43600	2.31700	9.64100	0.00500
Aktaş Gölü-2	0.20800	233.22900	3.60200	9.28900	<0.000
Aktaş Gölü-3	0.22400	278.75600	2.54700	9.99700	<0.000
Aktaş Gölü-4	0.14500	264.75800	1.56100	9.97800	<0.000
Aktaş Gölü-5	0.29200	447.47500	2.82800	10.12300	<0.000
Aktaş Gölü-6	0.29500	442.38100	2.62700	10.21500	<0.000
Aktaş Gölü-7	0.70700	309.46800	3.52800	69.22800	<0.000
Aktaş Gölü-8	0.29000	274.50400	3.30500	14.05800	<0.000
Aktaş Gölü-9	0.54100	294.60200	4.91500	28.19800	<0.000
Aktaş Gölü-10	0.38500	294.05500	4.55200	25.13900	<0.000
Aktaş Gölü-Ort	0.32980	307.26640	3.17820	19.58660	0.00500
Çıldır Gölü-1	0.05500	66.82500	0.06500	0.85800	<0.000
Çıldır Gölü-2	0.08200	65.65700	0.06200	0.71400	<0.000
Çıldır Gölü-3	0.04600	66.02600	0.06300	0.71500	<0.000
Çıldır Gölü-4	0.04100	64.84000	0.05800	0.72800	<0.000
Çıldır Gölü-5	0.06500	69.19000	0.06600	0.80900	<0.000
Çıldır Gölü-6	0.06400	66.86200	0.08000	0.70200	<0.000
Çıldır Gölü-7	0.04900	66.40400	0.06900	0.73100	<0.000
Çıldır Gölü-8	0.08500	65.51700	0.06300	0.69000	<0.000
Çıldır Gölü-9	0.05800	65.61300	0.07200	0.67500	<0.000
Çıldır Gölü-10	0.04200	66.35700	0.06100	0.67700	<0.000
Çıldır Gölü-Ort	0.05870	66.32910	0.06590	0.72990	<0.000
Kura Nehri-1	0.05900	135.48200	0.10600	1.00400	<0.000
Kura Nehri-2	0.16000	147.16600	0.07500	1.08900	<0.000
Kura Nehri-3	0.08800	134.76900	0.12100	1.02100	<0.000
Kura Nehri-4	0.11000	141.21800	0.06700	1.10700	<0.000
Kura Nehri-5	0.07200	133.83400	0.06500	1.03100	<0.000
Kura Nehri-6	0.08000	148.92000	0.07000	1.21700	<0.000
Kura Nehri-7	0.09600	138.36100	0.05800	1.01500	<0.000
Kura Nehri-8	0.07500	139.16200	0.12100	1.07100	<0.000
Kura Nehri-9	0.11700	132.33900	0.08200	1.00900	<0.000
Kura Nehri-10	0.07800	137.43900	0.07000	1.10800	<0.000
Kura Nehri-Ort	0.09350	138.86900	0.08350	1.06720	<0.001

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Rh	Pd	Ag	Cd	In
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	0.01400	0.03200	0.05300	0.02000	<0.000
Aktaş Gölü-2	<0.000	0.02300	0.00800	0.02600	<0.000
Aktaş Gölü-3	<0.000	0.01800	0.00600	0.03000	<0.000
Aktaş Gölü-4	<0.000	0.02100	0.00500	0.02400	<0.000
Aktaş Gölü-5	<0.000	0.04200	0.00600	0.02900	<0.000
Aktaş Gölü-6	<0.000	0.04000	0.00800	0.03200	<0.000
Aktaş Gölü-7	<0.000	0.03100	8.92700	0.20800	<0.000
Aktaş Gölü-8	<0.000	0.02700	0.01000	0.03100	<0.000
Aktaş Gölü-9	<0.000	0.02600	0.01300	0.05600	<0.000
Aktaş Gölü-10	<0.000	0.02400	0.01000	0.05300	<0.000
Aktaş Gölü-Ort	0.01400	0.02840	0.90460	0.05090	<0.001
Çıldır Gölü-1	0.09800	0.02400	0.00700	0.00100	<0.000
Çıldır Gölü-2	0.01100	0.01400	<0.000	0.00300	<0.000
Çıldır Gölü-3	0.00100	0.00400	0.00400	0.00100	<0.000
Çıldır Gölü-4	<0.000	0.00700	<0.000	0.00200	<0.000
Çıldır Gölü-5	<0.000	<0.000	<0.000	0.00100	<0.000
Çıldır Gölü-6	<0.000	0.00600	<0.000	0.00200	<0.000
Çıldır Gölü-7	<0.000	0.00100	<0.000	0.00200	<0.000
Çıldır Gölü-8	<0.000	0.00500	<0.000	0.00100	<0.000
Çıldır Gölü-9	<0.000	0.00400	<0.000	0.00200	<0.000
Çıldır Gölü-10	<0.000	0.00200	<0.000	0.00200	<0.000
Çıldır Gölü-Ort	0.03667	0.00744	0.00550	0.00170	<0.001
Kura Nehri-1	<0.000	0.00600	0.00100	0.00400	<0.000
Kura Nehri-2	<0.000	0.00200	<0.000	0.00300	<0.000
Kura Nehri-3	<0.000	0.00700	0.00100	0.00300	<0.000
Kura Nehri-4	<0.000	0.00700	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-5	<0.000	0.00700	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-6	<0.000	0.00700	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-7	<0.000	0.00500	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-8	<0.000	0.01100	<0.000	0.00400	<0.000
Kura Nehri-9	<0.000	0.00000	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-10	<0.000	0.00700	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-Ort	<0.001	0.00590	0.00100	0.00260	<0.001

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Sn	Sb	Te	Ba	La
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	0.32800	0.39700	0.02800	41.31500	0.44900
Aktaş Gölü-2	1.65800	0.38000	0.02400	42.64600	0.67400
Aktaş Gölü-3	0.99100	0.41000	0.03600	52.82000	0.64200
Aktaş Gölü-4	0.59300	0.40100	0.02800	50.44000	0.34300
Aktaş Gölü-5	0.51000	0.41500	0.03700	168.39300	0.38600
Aktaş Gölü-6	0.40700	0.47400	0.04400	209.49100	0.38600
Aktaş Gölü-7	1.03800	0.66300	0.02700	96.96200	0.67700
Aktaş Gölü-8	0.43600	0.60100	0.02400	86.69000	0.71100
Aktaş Gölü-9	0.39000	0.60400	0.02300	93.32000	1.22100
Aktaş Gölü-10	0.49200	0.61400	0.02600	99.22900	1.11300
Aktaş Gölü-Ort	0.68430	0.49590	0.02970	94.13060	0.66020
Çıldır Gölü-1	0.05300	0.07200	0.00100	18.96600	0.02000
Çıldır Gölü-2	0.04900	0.08000	0.00100	19.64300	0.02100
Çıldır Gölü-3	0.03200	0.07800	0.00700	21.89900	0.01700
Çıldır Gölü-4	0.08500	0.08000	0.00300	20.00000	0.02800
Çıldır Gölü-5	0.02500	0.08100	0.00300	21.21800	0.01800
Çıldır Gölü-6	0.05600	0.07500	0.00400	19.31400	0.02200
Çıldır Gölü-7	0.02900	0.08500	0.00500	24.75500	0.01800
Çıldır Gölü-8	0.03700	0.06800	0.00500	19.71700	0.14600
Çıldır Gölü-9	0.08700	0.07100	<0.000	25.28900	0.01800
Çıldır Gölü-10	0.03300	0.06700	0.00300	28.42100	0.01600
Çıldır Gölü-Ort	0.04860	0.07570	0.00356	21.92220	0.03240
Kura Nehri-1	0.16600	0.04900	0.00100	12.51300	0.02400
Kura Nehri-2	0.10800	0.04100	0.01100	11.90000	0.01900
Kura Nehri-3	0.11200	0.04000	<0.000	12.05200	0.02000
Kura Nehri-4	0.05900	0.05700	0.00200	12.32200	0.01500
Kura Nehri-5	0.09400	0.03700	0.00500	10.52100	0.01600
Kura Nehri-6	0.09800	0.04900	0.00500	12.98200	0.01800
Kura Nehri-7	0.09600	0.05700	<0.000	12.62100	0.01100
Kura Nehri-8	0.11200	0.04300	<0.000	11.53600	0.02100
Kura Nehri-9	0.08200	0.04900	0.00100	16.75400	0.02900
Kura Nehri-10	0.08200	0.06100	0.00400	12.15700	0.01200
Kura Nehri-Ort	0.10090	0.04830	0.00414	12.53580	0.01850

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Ce	Ta	W	Re	Os
Numune	Konsantrasyon (ppb)				
Aktaş Gölü-1	0.91700	0.06100	1.54500	0.01600	<0.000
Aktaş Gölü-2	1.48000	0.05800	0.42900	0.01600	<0.000
Aktaş Gölü-3	1.07300	0.05000	0.39400	0.01400	<0.000
Aktaş Gölü-4	0.71100	0.04200	0.33800	0.01500	<0.000
Aktaş Gölü-5	0.81600	0.02700	0.09900	0.01600	<0.000
Aktaş Gölü-6	0.75100	0.02500	0.06600	0.01600	<0.000
Aktaş Gölü-7	1.26700	0.03200	0.60800	0.02500	<0.000
Aktaş Gölü-8	1.30500	0.03700	0.32600	0.01500	<0.000
Aktaş Gölü-9	2.55300	0.05100	0.48500	0.01900	<0.000
Aktaş Gölü-10	2.13700	0.03800	0.35700	0.01800	<0.000
Aktaş Gölü-Ort	1.30100	0.04210	0.46470	0.01700	<0.001
Çıldır Gölü-1	0.03000	0.06000	1.05800	0.00500	<0.000
Çıldır Gölü-2	0.03100	0.02200	0.02600	0.00700	<0.000
Çıldır Gölü-3	0.03800	0.02200	<0.000	0.00500	<0.000
Çıldır Gölü-4	0.04300	0.01900	<0.000	0.00400	<0.000
Çıldır Gölü-5	0.02700	0.01800	<0.000	0.00500	<0.000
Çıldır Gölü-6	0.03400	0.01500	<0.000	0.00400	<0.000
Çıldır Gölü-7	0.03100	0.01400	<0.000	0.00600	<0.000
Çıldır Gölü-8	0.17000	0.01300	<0.000	0.00500	<0.000
Çıldır Gölü-9	0.03400	0.01200	<0.000	0.00600	<0.000
Çıldır Gölü-10	0.02700	0.01500	<0.000	0.00300	<0.000
Çıldır Gölü-Ort	0.04650	0.02100	0.54200	0.00500	<0.001
Kura Nehri-1	0.03100	0.00700	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-2	0.02800	0.00900	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-3	0.02800	0.00600	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-4	0.02500	0.00700	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-5	0.02400	0.00800	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-6	0.02400	0.01100	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-7	0.02000	0.00800	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-8	0.02300	0.00900	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-9	0.04400	0.00800	<0.000	0.00200	<0.000
Kura Nehri-10	0.01600	0.00800	<0.000	0.00100	<0.000
Kura Nehri-Ort	0.02630	0.00810	<0.001	0.00120	<0.001

Tablo 4. (Devam) Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun elemental analizi

	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi
Numune	Konsantrasyon (ppb)						
Aktaş Gölü-1	0.08000	<0.000	0.05500	0.00500	0.01300	0.21400	<0.000
Aktaş Gölü-2	<0.000	<0.000	0.01800	0.00500	0.01900	0.39200	<0.000
Aktaş Gölü-3	<0.000	<0.000	0.01900	0.00500	0.01400	0.42700	<0.000
Aktaş Gölü-4	<0.000	<0.000	0.00500	0.00300	0.01300	0.18400	<0.000
Aktaş Gölü-5	<0.000	<0.000	<0.000	0.00300	0.00700	0.47000	<0.000
Aktaş Gölü-6	<0.000	<0.000	<0.000	0.00500	0.01000	0.49500	<0.000
Aktaş Gölü-7	<0.000	<0.000	0.10600	0.01600	0.02400	5.98700	<0.000
Aktaş Gölü-8	<0.000	<0.000	<0.000	0.00200	0.01100	0.39900	<0.000
Aktaş Gölü-9	<0.000	<0.000	<0.000	0.00500	0.01500	0.62800	<0.000
Aktaş Gölü-10	<0.000	<0.000	<0.000	0.00500	0.01200	0.61900	<0.000
Aktaş Gölü-Ort	0.08000	<0.001	0.04060	0.00540	0.01380	0.98150	<0.001
Çıldır Gölü-1	0.50300	<0.000	0.18300	0.00400	0.01200	0.01500	0.04100
Çıldır Gölü-2	0.05800	<0.000	0.18600	<0.000	0.01300	0.02200	<0.000
Çıldır Gölü-3	0.00700	<0.000	0.17000	0.00100	0.01400	0.01300	<0.000
Çıldır Gölü-4	<0.000	<0.000	0.13800	<0.000	0.01100	0.02500	<0.000
Çıldır Gölü-5	<0.000	<0.000	0.12000	<0.000	0.01000	0.01000	<0.000
Çıldır Gölü-6	<0.000	<0.000	0.09300	<0.000	0.01100	0.03400	<0.000
Çıldır Gölü-7	<0.000	<0.000	0.05300	<0.000	0.00900	0.01900	<0.000
Çıldır Gölü-8	<0.000	<0.000	0.04100	<0.000	0.00800	0.01500	<0.000
Çıldır Gölü-9	<0.000	<0.000	0.05100	<0.000	0.00600	0.02200	<0.000
Çıldır Gölü-10	<0.000	<0.000	0.01000	0.00300	0.00700	0.01700	<0.000
Çıldır Gölü-Ort	0.18933	<0.001	0.10450	0.00267	0.01010	0.01920	0.04100
Kura Nehri-1	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00500	0.04000	<0.000
Kura Nehri-2	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00300	0.02600	<0.000
Kura Nehri-3	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00200	0.02300	<0.000
Kura Nehri-4	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00100	0.02800	<0.000
Kura Nehri-5	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00100	0.01400	<0.000
Kura Nehri-6	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00100	0.01800	<0.000
Kura Nehri-7	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00100	0.02100	<0.000
Kura Nehri-8	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.04800	<0.000
Kura Nehri-9	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00100	0.03700	<0.000
Kura Nehri-10	<0.000	<0.000	<0.000	<0.000	0.00100	0.02100	<0.000
Kura Nehri-Ort	<0.001	<0.000	<0.001	<0.001	0.00178	0.02760	<0.001

Tablo 5. Aktaş Gölü-1 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e (x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-1	Rn-222	0.186	0.125	14.574	53.044	3.843
		0.053	0.307	35.840	51.157	3.706
		0.242	0.113	13.163	53.060	3.844
	Bi-214	0.295	0.104	12.181	53.122	3.848
		0.352	0.097	11.360	53.243	3.857
		0.786	0.069	8.025	53.305	3.862
		0.609	0.077	9.012	53.384	3.867
		0.665	0.074	8.663	53.351	3.865
		0.768	0.070	8.110	53.299	3.861
		0.806	0.068	7.931	53.321	3.863
		0.934	0.063	7.395	53.458	3.873
		1.120	0.058	6.757	53.305	3.862
		1.155	0.057	6.654	53.312	3.862
		1.238	0.055	6.425	53.328	3.863
		1.281	0.054	6.315	53.318	3.863
	Po-214	1.378	0.052	6.084	53.261	3.858
		1.401	0.052	6.032	53.246	3.857
		1.408	0.052	6.017	53.241	3.857
		1.509	0.050	5.807	53.201	3.854
		1.661	0.047	5.528	53.224	3.856
		1.730	0.046	5.413	53.238	3.857
		1.764	0.046	5.359	53.241	3.857
		1.847	0.045	5.234	53.228	3.856
		2.119	0.042	4.877	52.956	3.836
		2.204	0.041	4.780	52.873	3.830
		2.448	0.039	4.534	52.708	3.818

Tablo 6. Aktaş Gölü-2 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e (x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-2	Rn-222	0.186	0.125	14.630	53.065	3.840
		0.053	0.309	36.219	51.209	3.705
		0.242	0.113	13.210	53.080	3.841
	Bi-214	0.295	0.104	12.225	53.141	3.845
		0.352	0.097	11.400	53.262	3.854
		0.786	0.069	8.052	53.324	3.858
		0.609	0.077	9.043	53.403	3.864
		0.665	0.074	8.692	53.370	3.862
		0.768	0.070	8.138	53.318	3.858
		0.806	0.068	7.958	53.340	3.859
		0.934	0.063	7.420	53.476	3.869
		1.120	0.058	6.780	53.324	3.858
		1.155	0.057	6.676	53.331	3.859
		1.238	0.055	6.447	53.347	3.860
		1.281	0.054	6.336	53.337	3.859
	Po-214	1.378	0.052	6.104	53.279	3.855
		1.401	0.052	6.053	53.264	3.854
		1.408	0.052	6.037	53.260	3.854
		1.509	0.050	5.827	53.220	3.851
		1.661	0.047	5.547	53.243	3.852
		1.730	0.046	5.432	53.257	3.853
		1.764	0.046	5.378	53.259	3.854
		1.847	0.045	5.252	53.247	3.853
		2.119	0.042	4.894	52.974	3.833
		2.204	0.041	4.797	52.891	3.827
		2.448	0.039	4.550	52.726	3.815

Tablo 7. Aktaş Gölü-3 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-3	Rn-222	0.186	0.125	13.477	52.619	3.502
		0.053	0.310	33.441	50.818	3.382
	Bi-214	0.242	0.113	12.168	52.633	3.503
		0.295	0.104	11.260	52.693	3.507
		0.352	0.097	10.500	52.813	3.515
		0.786	0.069	7.417	52.874	3.519
		0.609	0.077	8.329	52.952	3.524
		0.665	0.074	8.006	52.919	3.522
		0.768	0.070	7.495	52.867	3.519
		0.806	0.068	7.329	52.889	3.520
		0.934	0.063	6.834	53.024	3.529
		1.120	0.058	6.245	52.873	3.519
	Po-214	1.155	0.057	6.149	52.880	3.519
		1.238	0.055	5.938	52.896	3.521
		1.281	0.054	5.836	52.886	3.520
		1.378	0.052	5.622	52.829	3.516
		1.401	0.052	5.575	52.814	3.515
		1.408	0.052	5.561	52.810	3.515
		1.509	0.050	5.367	52.770	3.512
		1.661	0.047	5.109	52.793	3.514
		1.730	0.046	5.003	52.807	3.515
		1.764	0.046	4.953	52.809	3.515
		1.847	0.045	4.837	52.797	3.514
		2.119	0.042	4.508	52.528	3.496
		2.204	0.041	4.418	52.445	3.491
		2.448	0.039	4.190	52.282	3.480

Tablo 8. Aktaş Gölü-4 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-4	Rn-222	0.186	0.125	13.765	52.734	3.582
		0.053	0.310	34.170	50.924	3.459
	Bi-214	0.242	0.113	12.428	52.748	3.583
		0.295	0.104	11.501	52.808	3.587
		0.352	0.097	10.724	52.928	3.595
		0.786	0.069	7.575	52.990	3.600
		0.609	0.077	8.507	53.068	3.605
		0.665	0.074	8.177	53.035	3.603
		0.768	0.070	7.655	52.983	3.599
		0.806	0.068	7.486	53.005	3.601
		0.934	0.063	6.980	53.141	3.610
		1.120	0.058	6.378	52.989	3.600
		1.155	0.057	6.281	52.996	3.600
		1.238	0.055	6.065	53.012	3.601
		1.281	0.054	5.960	53.002	3.600
	Po-214	1.378	0.052	5.743	52.945	3.597
		1.401	0.052	5.694	52.930	3.596
		1.408	0.052	5.680	52.926	3.595
		1.509	0.050	5.481	52.886	3.593
		1.661	0.047	5.218	52.909	3.594
		1.730	0.046	5.110	52.923	3.595
		1.764	0.046	5.059	52.925	3.595
		1.847	0.045	4.941	52.913	3.594
		2.119	0.042	4.604	52.642	3.576
		2.204	0.041	4.513	52.560	3.570
		2.448	0.039	4.280	52.397	3.559

Tablo 9. Aktaş Gölü-5 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-5	Rn-222	0.186	0.125	10.888	51.461	2.738
		0.053	0.317	27.518	49.863	2.653
		0.242	0.113	9.825	51.470	2.739
	Bi-214	0.295	0.105	9.089	51.526	2.742
		0.352	0.098	8.474	51.641	2.748
		0.786	0.069	5.984	51.698	2.751
		0.609	0.077	6.720	51.775	2.755
		0.665	0.074	6.460	51.743	2.753
		0.768	0.070	6.047	51.692	2.751
		0.806	0.068	5.914	51.713	2.752
		0.934	0.063	5.514	51.845	2.759
		1.120	0.058	5.039	51.697	2.751
		1.155	0.057	4.961	51.704	2.751
		1.238	0.055	4.791	51.720	2.752
		1.281	0.054	4.708	51.710	2.752
	Po-214	1.378	0.052	4.536	51.655	2.749
		1.401	0.052	4.498	51.640	2.748
		1.408	0.052	4.487	51.636	2.748
		1.509	0.050	4.330	51.597	2.746
		1.661	0.047	4.122	51.620	2.747
		1.730	0.046	4.037	51.633	2.748
		1.764	0.046	3.997	51.636	2.748
		1.847	0.045	3.903	51.624	2.747
		2.119	0.042	3.637	51.362	2.733
		2.204	0.041	3.565	51.282	2.729
		2.448	0.039	3.381	51.124	2.720

Tablo 10. Aktaş Gölü-6 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-6	Rn-222	0.186	0.125	10.135	51.072	2.546
		0.053	0.315	25.448	49.480	2.466
		0.242	0.113	9.147	51.081	2.546
	Bi-214	0.295	0.105	8.462	51.137	2.549
		0.352	0.098	7.890	51.251	2.555
		0.786	0.069	5.572	51.308	2.557
		0.609	0.077	6.258	51.384	2.561
		0.665	0.074	6.015	51.352	2.560
		0.768	0.070	5.631	51.302	2.557
		0.806	0.068	5.507	51.323	2.558
		0.934	0.063	5.134	51.453	2.565
		1.120	0.058	4.692	51.307	2.557
		1.155	0.057	4.620	51.314	2.558
		1.238	0.055	4.461	51.329	2.558
		1.281	0.054	4.384	51.320	2.558
	Po-214	1.378	0.052	4.224	51.264	2.555
		1.401	0.052	4.188	51.250	2.555
		1.408	0.052	4.178	51.246	2.554
		1.509	0.050	4.032	51.208	2.552
		1.661	0.047	3.838	51.230	2.554
		1.730	0.046	3.759	51.244	2.554
		1.764	0.046	3.721	51.246	2.554
		1.847	0.045	3.635	51.234	2.554
		2.119	0.042	3.387	50.974	2.541
		2.204	0.041	3.320	50.895	2.537
		2.448	0.039	3.148	50.738	2.529

Tablo 11. Aktaş Gölü-7 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-7	Rn-222	0.186	0.125	10.497	51.263	2.627
		0.053	0.318	26.639	49.704	2.547
		0.242	0.113	9.470	51.270	2.627
	Bi-214	0.295	0.105	8.760	51.325	2.630
		0.352	0.098	8.168	51.440	2.636
		0.786	0.069	5.767	51.496	2.639
		0.609	0.077	6.477	51.572	2.643
		0.665	0.074	6.226	51.541	2.641
		0.768	0.070	5.828	51.490	2.639
		0.806	0.068	5.699	51.511	2.640
		0.934	0.063	5.314	51.642	2.647
		1.120	0.058	4.856	51.495	2.639
		1.155	0.057	4.782	51.502	2.639
		1.238	0.055	4.617	51.517	2.640
		1.281	0.054	4.538	51.508	2.640
	Po-214	1.378	0.052	4.372	51.453	2.637
		1.401	0.052	4.335	51.438	2.636
		1.408	0.052	4.324	51.434	2.636
		1.509	0.050	4.173	51.396	2.634
		1.661	0.047	3.973	51.418	2.635
		1.730	0.046	3.890	51.432	2.636
		1.764	0.046	3.852	51.434	2.636
		1.847	0.045	3.762	51.422	2.635
		2.119	0.042	3.505	51.162	2.622
		2.204	0.041	3.436	51.082	2.618
		2.448	0.039	3.259	50.925	2.610

Tablo 12. Aktaş Gölü-8 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(\times 10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(\times 10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-8	Rn-222	0.186	0.125	12.381	52.159	3.225
		0.053	0.307	30.392	50.350	3.113
		0.242	0.113	11.182	52.173	3.226
	Bi-214	0.295	0.104	10.349	52.233	3.229
		0.352	0.097	9.651	52.352	3.237
		0.786	0.069	6.818	52.413	3.240
		0.609	0.077	7.656	52.490	3.245
		0.665	0.074	7.359	52.458	3.243
		0.768	0.069	6.890	52.406	3.240
		0.806	0.068	6.738	52.428	3.241
		0.934	0.063	6.282	52.562	3.250
		1.120	0.058	5.741	52.412	3.240
		1.155	0.057	5.653	52.419	3.241
		1.238	0.055	5.458	52.435	3.242
		1.281	0.054	5.365	52.425	3.241
	Po-214	1.378	0.052	5.168	52.369	3.238
		1.401	0.052	5.125	52.354	3.237
		1.408	0.052	5.112	52.350	3.237
		1.509	0.050	4.933	52.310	3.234
		1.661	0.047	4.696	52.333	3.236
		1.730	0.046	4.599	52.346	3.236
		1.764	0.046	4.553	52.349	3.237
		1.847	0.045	4.447	52.337	3.236
		2.119	0.042	4.143	52.070	3.219
		2.204	0.041	4.061	51.988	3.214
		2.448	0.039	3.851	51.827	3.204

Tablo 13. Aktaş Gölü-9 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

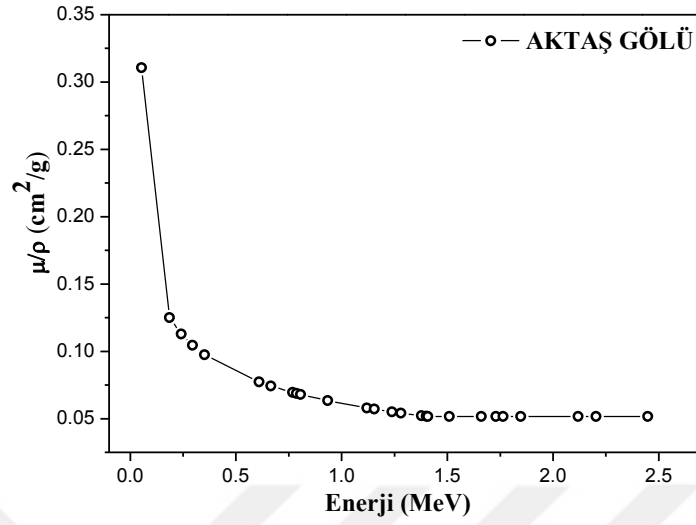
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(\times 10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(\times 10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-9	Rn-222	0.186	0.125	10.842	51.438	2.803
		0.053	0.304	26.380	49.656	2.706
		0.242	0.113	9.795	51.453	2.804
	Bi-214	0.295	0.104	9.066	51.512	2.807
		0.352	0.097	8.455	51.629	2.813
		0.786	0.069	5.974	51.689	2.817
		0.609	0.077	6.708	51.765	2.821
		0.665	0.074	6.448	51.733	2.819
		0.768	0.070	6.037	51.683	2.816
		0.806	0.068	5.904	51.704	2.817
		0.934	0.063	5.505	51.836	2.825
		1.120	0.058	5.030	51.688	2.816
		1.155	0.057	4.953	51.695	2.817
		1.238	0.055	4.783	51.711	2.818
		1.281	0.054	4.701	51.701	2.817
	Po-214	1.378	0.052	4.529	51.645	2.814
		1.401	0.052	4.490	51.631	2.813
		1.408	0.052	4.479	51.627	2.813
		1.509	0.050	4.323	51.588	2.811
		1.661	0.047	4.115	51.610	2.812
		1.730	0.046	4.030	51.624	2.813
		1.764	0.046	3.989	51.626	2.813
		1.847	0.045	3.896	51.614	2.812
		2.119	0.042	3.630	51.352	2.798
		2.204	0.041	3.558	51.272	2.794
		2.448	0.039	3.374	51.113	2.785

Tablo 14. Aktaş Gölü-10 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

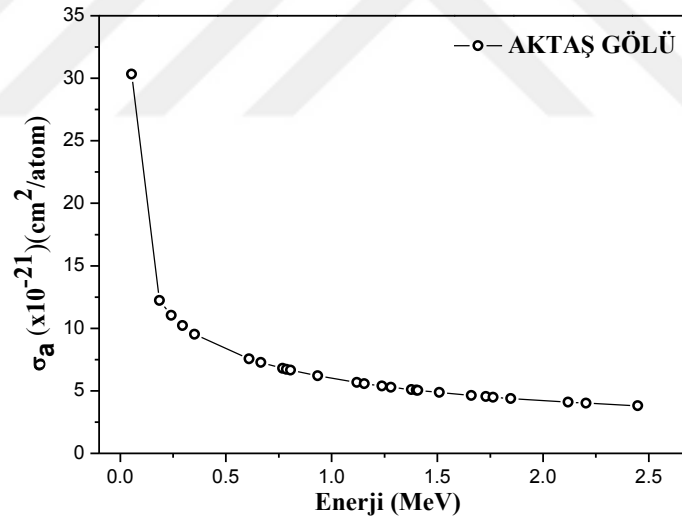
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ-10	Rn-222	0.186	0.125	11.065	51.548	2.833
		0.053	0.309	27.326	49.829	2.738
		0.242	0.113	9.991	51.561	2.834
	Bi-214	0.295	0.104	9.246	51.619	2.837
		0.352	0.097	8.622	51.736	2.843
		0.786	0.069	6.091	51.795	2.846
		0.609	0.077	6.839	51.871	2.851
		0.665	0.074	6.574	51.839	2.849
		0.768	0.070	6.155	51.789	2.846
		0.806	0.068	6.019	51.810	2.847
		0.934	0.063	5.612	51.942	2.855
		1.120	0.058	5.128	51.794	2.846
		1.155	0.057	5.050	51.801	2.847
		1.238	0.055	4.876	51.817	2.848
		1.281	0.054	4.792	51.807	2.847
	Po-214	1.378	0.052	4.617	51.751	2.844
		1.401	0.052	4.578	51.737	2.843
		1.408	0.052	4.566	51.733	2.843
		1.509	0.050	4.407	51.694	2.841
		1.661	0.047	4.195	51.716	2.842
		1.730	0.046	4.108	51.730	2.843
		1.764	0.046	4.068	51.732	2.843
		1.847	0.045	3.973	51.720	2.842
		2.119	0.042	3.702	51.457	2.828
		2.204	0.041	3.628	51.377	2.824
		2.448	0.039	3.441	51.218	2.815

Tablo 15. Aktaş Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

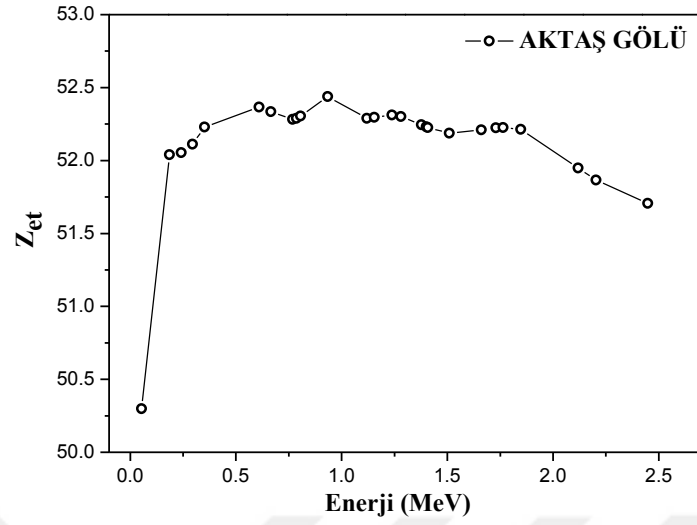
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-21})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{24})$ (elektron/kg)
AKTAŞ GÖLÜ İÇİN ORTALAMA DEĞERLER	Rn-222	0.186	0.125	12.225	52.040	3.154
		0.053	0.311	30.337	50.299	3.048
		0.242	0.113	11.038	52.053	3.155
	Bi-214	0.295	0.104	10.214	52.112	3.158
		0.352	0.097	9.525	52.229	3.165
		0.786	0.069	6.727	52.289	3.169
		0.609	0.077	7.555	52.366	3.174
		0.665	0.074	7.262	52.334	3.172
		0.768	0.070	6.799	52.283	3.169
		0.806	0.068	6.648	52.304	3.170
		0.934	0.063	6.199	52.438	3.178
		1.120	0.058	5.665	52.288	3.169
		1.155	0.057	5.578	52.295	3.169
		1.238	0.055	5.386	52.311	3.170
		1.281	0.054	5.293	52.301	3.170
		1.378	0.052	5.100	52.245	3.166
		1.401	0.052	5.057	52.231	3.165
		1.408	0.052	5.044	52.226	3.165
		1.509	0.050	4.868	52.187	3.163
		1.661	0.047	4.634	52.210	3.164
		1.730	0.046	4.538	52.223	3.165
		1.764	0.046	4.493	52.226	3.165
		1.847	0.045	4.388	52.214	3.164
		2.119	0.042	4.089	51.948	3.148
		2.204	0.041	4.008	51.867	3.143
		2.448	0.039	3.801	51.706	3.134
	Po-214					



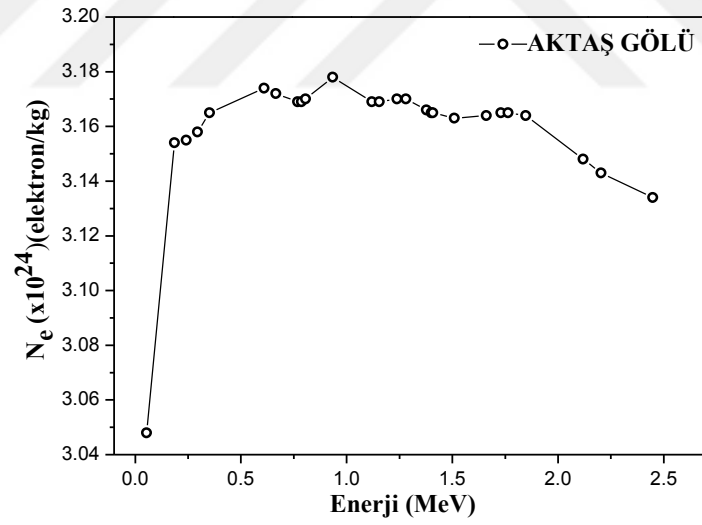
Şekil 24. Aktaş Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayılarının enerjiyle değişimi



Şekil 25. Aktaş Gölü ortalama değerler için Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitlerinin enerjiyle değişimi



Şekil 26. Aktaş Gölü ortalama değerler için Etkin Atom Numaralarının enerjiyle değişimi



Şekil 27. Aktaş Gölü ortalama değerler için Elektron Yoğunluklarının enerjiyle değişimi

Tablo 16. Çıldır Gölü-1 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-1	Rn-222	0.186	0.131	3.072	154.968	16.969
		0.053	0.456	10.706	68.966	7.552
		0.242	0.116	2.737	150.465	16.476
	Bi-214	0.295	0.107	2.518	153.687	16.828
		0.352	0.100	2.341	69.781	7.641
		0.786	0.070	1.645	69.847	7.648
		0.609	0.079	1.848	69.956	7.660
		0.665	0.076	1.776	69.911	7.655
		0.768	0.071	1.662	69.838	7.647
		0.806	0.069	1.625	69.867	7.650
		0.934	0.064	1.515	70.048	7.670
		1.120	0.059	1.384	69.847	7.648
		1.155	0.058	1.363	69.856	7.649
	Po-214	1.238	0.056	1.316	69.876	7.651
		1.281	0.055	1.293	69.862	7.650
		1.378	0.053	1.246	69.784	7.641
		1.401	0.053	1.236	69.764	7.639
		1.408	0.052	1.232	69.758	7.638
		1.509	0.051	1.190	69.704	7.632
		1.661	0.048	1.133	69.735	7.636
		1.730	0.047	1.110	69.753	7.638
		1.764	0.047	1.099	69.757	7.638
		1.847	0.046	1.074	69.740	7.636
		2.119	0.043	1.002	69.375	7.596
		2.204	0.042	0.983	69.263	7.584
		2.448	0.040	0.933	69.041	7.560

Tablo 17. Çıldır Gölü-2 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-2	Rn-222	0.186	0.131	3.117	155.158	17.210
		0.053	0.457	10.890	69.051	7.660
		0.242	0.116	2.778	150.650	16.710
	Bi-214	0.295	0.107	2.556	153.877	17.070
		0.352	0.100	2.376	69.861	7.750
		0.786	0.070	1.669	69.928	7.757
		0.609	0.079	1.876	70.037	7.769
		0.665	0.076	1.803	69.992	7.764
		0.768	0.071	1.687	69.919	7.756
		0.806	0.069	1.649	69.948	7.759
		0.934	0.064	1.537	70.129	7.779
		1.120	0.059	1.405	69.928	7.757
		1.155	0.058	1.383	69.937	7.758
		1.238	0.056	1.335	69.957	7.760
		1.281	0.055	1.313	69.943	7.759
		1.378	0.053	1.265	69.865	7.750
		1.401	0.053	1.254	69.845	7.748
	Po-214	1.408	0.052	1.251	69.839	7.747
		1.509	0.051	1.207	69.785	7.741
		1.661	0.048	1.150	69.816	7.744
		1.730	0.047	1.126	69.834	7.747
		1.764	0.047	1.115	69.838	7.747
		1.847	0.046	1.090	69.821	7.745
		2.119	0.043	1.017	69.455	7.704
		2.204	0.042	0.997	69.344	7.692
		2.448	0.040	0.947	69.121	7.667

Tablo 18. Çıldır Gölü-3 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-3	Rn-222	0.186	0.131	3.060	154.918	16.860
		0.053	0.458	10.716	68.970	7.504
		0.242	0.116	2.727	150.416	16.370
	Bi-214	0.295	0.107	2.509	153.637	16.720
		0.352	0.100	2.332	69.760	7.590
		0.786	0.070	1.638	69.826	7.597
		0.609	0.079	1.841	69.935	7.609
		0.665	0.076	1.770	69.890	7.604
		0.768	0.071	1.656	69.817	7.596
		0.806	0.069	1.619	69.846	7.599
		0.934	0.064	1.509	70.027	7.619
		1.120	0.059	1.379	69.826	7.597
		1.155	0.058	1.358	69.835	7.598
		1.238	0.056	1.311	69.855	7.600
		1.281	0.055	1.288	69.841	7.599
	Po-214	1.378	0.053	1.241	69.763	7.590
		1.401	0.053	1.231	69.743	7.588
		1.408	0.052	1.228	69.737	7.588
		1.509	0.051	1.185	69.683	7.582
		1.661	0.048	1.129	69.714	7.585
		1.730	0.047	1.106	69.732	7.587
		1.764	0.047	1.095	69.736	7.587
		1.847	0.046	1.070	69.719	7.586
		2.119	0.043	0.998	69.354	7.546
		2.204	0.042	0.979	69.243	7.534
		2.448	0.040	0.930	69.020	7.509

Tablo 20. Çıldır Gölü-5 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-5	Rn-222	0.186	0.131	2.879	154.123	15.800
		0.053	0.456	10.050	68.648	7.037
		0.242	0.116	2.566	149.649	15.340
	Bi-214	0.295	0.107	2.361	152.853	15.670
		0.352	0.100	2.195	69.428	7.117
		0.786	0.070	1.542	69.494	7.123
		0.609	0.079	1.733	69.602	7.134
		0.665	0.076	1.665	69.557	7.130
		0.768	0.071	1.558	69.485	7.123
		0.806	0.069	1.524	69.514	7.125
		0.934	0.064	1.420	69.694	7.144
		1.120	0.059	1.298	69.494	7.123
		1.155	0.058	1.278	69.503	7.124
		1.238	0.056	1.234	69.523	7.126
		1.281	0.055	1.213	69.509	7.125
		1.378	0.053	1.168	69.431	7.117
	Po-214	1.401	0.053	1.158	69.411	7.115
		1.408	0.052	1.156	69.406	7.114
		1.509	0.051	1.115	69.352	7.109
		1.661	0.048	1.062	69.383	7.112
		1.730	0.047	1.041	69.401	7.114
		1.764	0.047	1.030	69.404	7.114
		1.847	0.046	1.007	69.387	7.112
		2.119	0.043	0.940	69.025	7.075
		2.204	0.042	0.921	68.914	7.064
		2.448	0.040	0.875	68.693	7.041

Tablo 21. Çıldır Gölü-6 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-6	Rn-222	0.186	0.131	2.984	154.593	16.360
		0.053	0.458	10.450	68.845	7.283
		0.242	0.116	2.660	150.102	15.880
	Bi-214	0.295	0.107	2.447	153.316	16.220
		0.352	0.100	2.275	69.624	7.366
		0.786	0.070	1.598	69.690	7.373
		0.609	0.079	1.796	69.798	7.384
		0.665	0.076	1.726	69.754	7.380
		0.768	0.071	1.615	69.681	7.372
		0.806	0.069	1.579	69.710	7.375
		0.934	0.064	1.472	69.890	7.394
		1.120	0.059	1.345	69.690	7.373
		1.155	0.058	1.324	69.699	7.374
		1.238	0.056	1.279	69.719	7.376
		1.281	0.055	1.257	69.705	7.374
		1.378	0.053	1.211	69.627	7.366
		1.401	0.053	1.201	69.607	7.364
		1.408	0.052	1.198	69.601	7.363
		1.509	0.051	1.156	69.547	7.358
		1.661	0.048	1.101	69.578	7.361
		1.730	0.047	1.078	69.597	7.363
		1.764	0.047	1.068	69.600	7.363
		1.847	0.046	1.043	69.583	7.362
		2.119	0.043	0.974	69.219	7.323
		2.204	0.042	0.955	69.108	7.311
		2.448	0.040	0.907	68.886	7.288
	Po-214					

Tablo 22. Çıldır Gölü-7 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z _{et}	N _e (x10 ²⁵) (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-7	Rn-222	0.186	0.131	3.020	154.749	16.540
		0.053	0.461	10.650	68.937	7.370
		0.242	0.117	2.691	150.249	16.060
	Bi-214	0.295	0.107	2.475	153.464	16.410
		0.352	0.100	2.301	69.686	7.450
		0.786	0.070	1.616	69.751	7.457
		0.609	0.079	1.817	69.860	7.469
		0.665	0.076	1.746	69.815	7.464
		0.768	0.071	1.633	69.743	7.457
		0.806	0.069	1.597	69.771	7.460
		0.934	0.064	1.488	69.952	7.479
		1.120	0.059	1.360	69.751	7.457
		1.155	0.058	1.339	69.760	7.458
		1.238	0.056	1.293	69.780	7.460
		1.281	0.055	1.271	69.766	7.459
	Po-214	1.378	0.053	1.225	69.688	7.451
		1.401	0.053	1.214	69.668	7.449
		1.408	0.052	1.211	69.663	7.448
		1.509	0.051	1.169	69.609	7.442
		1.661	0.048	1.113	69.640	7.445
		1.730	0.047	1.091	69.658	7.447
		1.764	0.047	1.080	69.661	7.448
		1.847	0.046	1.055	69.644	7.446
		2.119	0.043	0.985	69.280	7.407
		2.204	0.042	0.966	69.169	7.395
		2.448	0.040	0.917	68.947	7.371

Tablo 23. Çıldır Gölü-8 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

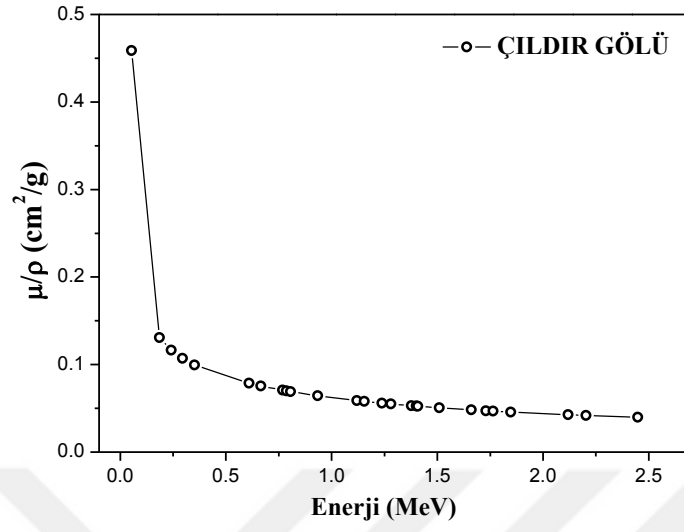
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-8	Rn-222	0.186	0.131	3.031	154.795	16.680
		0.053	0.457	10.600	68.915	7.425
		0.242	0.116	2.701	150.298	16.190
	Bi-214	0.295	0.107	2.486	153.517	16.540
		0.352	0.100	2.310	69.709	7.511
		0.786	0.070	1.623	69.775	7.518
		0.609	0.079	1.824	69.884	7.529
		0.665	0.076	1.753	69.839	7.525
		0.768	0.071	1.641	69.767	7.517
		0.806	0.069	1.604	69.795	7.520
		0.934	0.064	1.495	69.976	7.539
		1.120	0.059	1.366	69.776	7.518
		1.155	0.058	1.345	69.784	7.519
		1.238	0.056	1.299	69.804	7.521
		1.281	0.055	1.276	69.790	7.519
	Po-214	1.378	0.053	1.230	69.713	7.511
		1.401	0.053	1.220	69.693	7.509
		1.408	0.052	1.216	69.687	7.508
		1.509	0.051	1.174	69.633	7.502
		1.661	0.048	1.118	69.664	7.506
		1.730	0.047	1.095	69.682	7.508
		1.764	0.047	1.085	69.685	7.508
		1.847	0.046	1.060	69.668	7.506
		2.119	0.043	0.989	69.304	7.467
		2.204	0.042	0.970	69.193	7.455
		2.448	0.040	0.921	68.970	7.431

Tablo 25. Çıldır Gölü-10 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

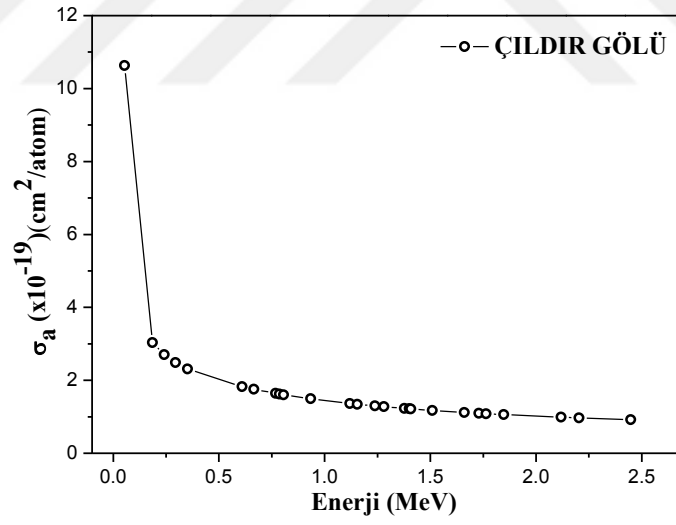
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(\times 10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e (\times 10^{25})$ (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ-10	Rn-222	0.186	0.131	3.006	154.685	16.370
		0.053	0.465	10.686	68.956	7.299
		0.242	0.117	2.676	150.181	15.900
	Bi-214	0.295	0.107	2.462	153.393	16.240
		0.352	0.100	2.288	69.655	7.373
		0.786	0.070	1.607	69.719	7.380
		0.609	0.079	1.806	69.828	7.391
		0.665	0.076	1.736	69.784	7.387
		0.768	0.071	1.624	69.711	7.379
		0.806	0.069	1.588	69.739	7.382
		0.934	0.064	1.480	69.920	7.401
		1.120	0.059	1.352	69.719	7.380
		1.155	0.058	1.331	69.728	7.381
		1.238	0.056	1.286	69.748	7.383
		1.281	0.055	1.263	69.734	7.381
	Po-214	1.378	0.053	1.217	69.657	7.373
		1.401	0.053	1.207	69.637	7.371
		1.408	0.052	1.204	69.631	7.371
		1.509	0.051	1.162	69.577	7.365
		1.661	0.048	1.107	69.608	7.368
		1.730	0.047	1.084	69.626	7.370
		1.764	0.047	1.074	69.630	7.370
		1.847	0.046	1.049	69.613	7.369
		2.119	0.043	0.979	69.249	7.330
		2.204	0.042	0.960	69.138	7.318
		2.448	0.040	0.912	68.916	7.295

Tablo 26. Çıldır Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

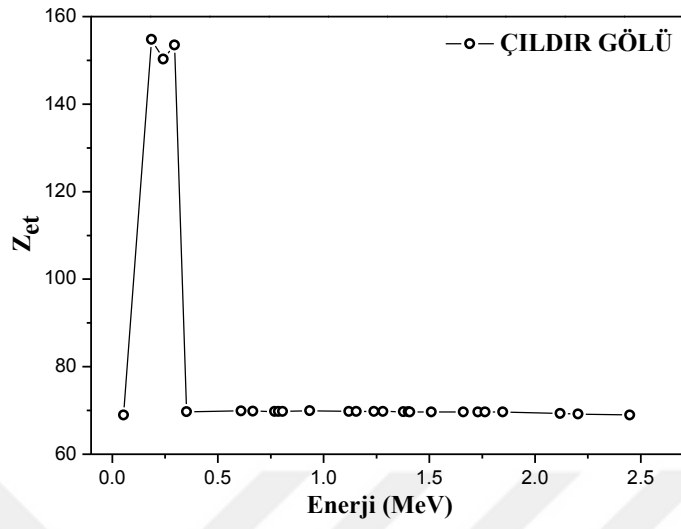
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-19})$ (cm ² /atom)	Z _{et}	N _e (x10 ²⁵) (elektron/kg)
ÇILDIR GÖLÜ İÇİN ORTALAMA DEĞERLER	Rn-222	0.186	0.131	3.031	154.789	16.650
		0.053	0.459	10.632	68.930	7.413
		0.242	0.116	2.700	150.291	16.160
	Bi-214	0.295	0.107	2.484	153.508	16.510
		0.352	0.100	2.309	69.705	7.497
		0.786	0.070	1.622	69.770	7.504
		0.609	0.079	1.823	69.880	7.516
		0.665	0.076	1.752	69.835	7.511
		0.768	0.071	1.640	69.762	7.503
		0.806	0.069	1.603	69.791	7.506
		0.934	0.064	1.494	69.971	7.525
		1.120	0.059	1.365	69.771	7.504
		1.155	0.058	1.344	69.780	7.505
		1.238	0.056	1.298	69.799	7.507
		1.281	0.055	1.276	69.786	7.505
		1.378	0.053	1.229	69.708	7.497
	Po-214	1.401	0.053	1.219	69.688	7.495
		1.408	0.052	1.216	69.682	7.494
		1.509	0.051	1.174	69.628	7.488
		1.661	0.048	1.118	69.659	7.492
		1.730	0.047	1.095	69.677	7.494
		1.764	0.047	1.084	69.681	7.494
		1.847	0.046	1.059	69.664	7.492
		2.119	0.043	0.988	69.299	7.453
		2.204	0.042	0.969	69.188	7.441
		2.448	0.040	0.921	68.966	7.417



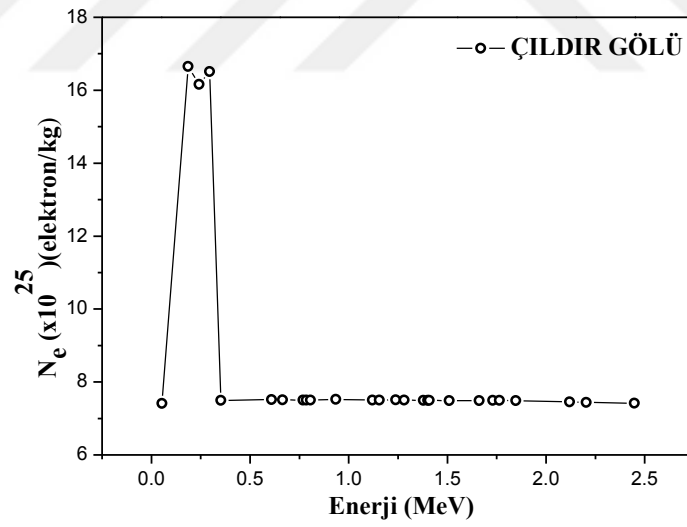
Şekil 28. Çıldır Gölü ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayılarının enerjiyle değişimi



Şekil 29. Çıldır Gölü ortalama değerler için Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitlerinin enerjiyle değişimi



Şekil 30. Çıldır Gölü ortalama değerler için Etkin Atom Numaralarının enerjiyle değişimi



Şekil 31.Çıldır Gölü ortalama değerler için Elektron Yoğunluklarının enerjiyle değişimi

Tablo 27. Kura Nehri-1 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
KURA NEHRİ-1	Rn-222	0.186	0.131	10.758	141.297	5.467
		0.053	0.433	35.640	62.674	2.425
		0.242	0.117	9.612	137.289	5.312
	Bi-214	0.295	0.108	8.855	140.213	5.425
		0.352	0.100	8.236	142.006	5.495
		0.786	0.070	5.793	64.131	2.481
	Po-214	0.609	0.079	6.509	64.231	2.485
		0.665	0.076	6.256	64.190	2.484
		0.768	0.071	5.854	64.124	2.481
		0.806	0.070	5.724	64.150	2.482
		0.934	0.065	5.334	64.314	2.489
		1.120	0.059	4.876	64.131	2.481
		1.155	0.058	4.801	64.140	2.482
		1.238	0.056	4.635	64.158	2.482
		1.281	0.055	4.556	64.145	2.482
		1.378	0.053	4.389	64.074	2.479
		1.401	0.053	4.352	64.056	2.479
		1.408	0.053	4.341	64.051	2.478
		1.509	0.051	4.191	64.002	2.476
		1.661	0.048	3.991	64.031	2.478
		1.730	0.047	3.909	64.048	2.478
		1.764	0.047	3.871	64.051	2.478
		1.847	0.046	3.782	64.036	2.478
		2.119	0.043	3.530	63.707	2.465
		2.204	0.042	3.461	63.606	2.461
		2.448	0.040	3.287	142.039	5.496

Tablo 28. Kura Nehri-2 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
KURA NEHRİ-2	Rn-222	0.186	0.131	9.961	140.294	5.033
		0.053	0.432	32.937	62.286	2.235
		0.242	0.117	8.900	136.318	4.890
	Bi-214	0.295	0.108	8.199	139.219	4.995
		0.352	0.100	7.627	140.998	5.058
		0.786	0.070	5.364	63.710	2.286
	Po-214	0.609	0.079	6.028	63.809	2.289
		0.665	0.076	5.793	63.768	2.288
		0.768	0.071	5.421	63.703	2.285
		0.806	0.070	5.301	63.729	2.286
		0.934	0.065	4.940	63.892	2.292
		1.120	0.059	4.515	63.710	2.286
		1.155	0.058	4.446	63.719	2.286
		1.238	0.056	4.292	63.737	2.287
		1.281	0.055	4.219	63.724	2.286
		1.378	0.053	4.065	63.654	2.284
		1.401	0.053	4.031	63.636	2.283
		1.408	0.053	4.020	63.631	2.283
		1.509	0.051	3.881	63.582	2.281
		1.661	0.048	3.696	63.611	2.282
		1.730	0.047	3.620	63.628	2.283
		1.764	0.047	3.584	63.631	2.283
		1.847	0.046	3.502	63.616	2.282
		2.119	0.043	3.269	63.289	2.271
		2.204	0.042	3.205	63.190	2.267
		2.448	0.040	3.044	141.031	5.060

Tablo 29. Kura Nehri-3 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e (x10^{25})$ (elektron/kg)
KURA NEHRİ-3	Rn-222	0.186	0.131	11.066	141.666	5.629
		0.053	0.434	36.768	62.828	2.497
		0.242	0.117	9.887	137.645	5.470
	Bi-214	0.295	0.108	9.107	140.576	5.586
		0.352	0.100	8.470	142.374	5.658
		0.786	0.070	5.957	64.285	2.554
		0.609	0.079	6.694	64.384	2.558
		0.665	0.076	6.434	64.343	2.557
		0.768	0.071	6.021	64.277	2.554
		0.806	0.070	5.887	64.303	2.555
		0.934	0.065	5.486	64.468	2.562
		1.120	0.059	5.014	64.285	2.554
		1.155	0.058	4.937	64.293	2.555
		1.238	0.056	4.767	64.311	2.556
		1.281	0.055	4.685	64.299	2.555
	Po-214	1.378	0.053	4.514	64.228	2.552
		1.401	0.053	4.476	64.209	2.552
		1.408	0.053	4.465	64.204	2.551
		1.509	0.051	4.310	64.155	2.549
		1.661	0.048	4.104	64.184	2.550
		1.730	0.047	4.020	64.201	2.551
		1.764	0.047	3.981	64.204	2.551
		1.847	0.046	3.889	64.190	2.551
		2.119	0.043	3.630	63.859	2.538
		2.204	0.042	3.560	63.758	2.534
		2.448	0.040	3.381	142.407	5.659

Tablo 32. Kura Nehri-6 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
KURA NEHRİ-6	Rn-222	0.186	0.131	10.452	140.921	5.247
		0.053	0.438	34.987	63.365	2.359
	Bi-214	0.242	0.117	9.335	136.919	5.098
		0.295	0.108	8.597	139.831	5.206
		0.352	0.100	7.996	141.617	5.273
		0.786	0.070	5.623	63.968	2.382
		0.609	0.079	6.318	64.067	2.385
		0.665	0.076	6.072	64.026	2.384
		0.768	0.071	5.683	63.961	2.381
		0.806	0.070	5.556	63.986	2.382
		0.934	0.065	5.178	64.151	2.388
		1.120	0.059	4.733	63.968	2.382
	Po-214	1.155	0.058	4.660	63.976	2.382
		1.238	0.056	4.499	63.994	2.383
		1.281	0.055	4.422	63.982	2.382
		1.378	0.053	4.260	63.911	2.380
		1.401	0.053	4.225	63.893	2.379
		1.408	0.053	4.214	63.888	2.379
		1.509	0.051	4.068	63.839	2.377
		1.661	0.048	3.874	63.868	2.378
		1.730	0.047	3.794	63.885	2.379
		1.764	0.047	3.757	63.888	2.379
		1.847	0.046	3.671	63.874	2.378
		2.119	0.043	3.426	63.545	2.366
		2.204	0.042	3.360	63.445	2.362
		2.448	0.040	3.191	141.650	5.274

Tablo 33. Kura Nehri-7 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
KURA NEHRİ-7	Rn-222	0.186	0.131	11.324	141.966	5.686
		0.053	0.441	38.166	63.801	2.555
		0.242	0.117	10.111	137.928	5.524
	Bi-214	0.295	0.108	9.311	140.862	5.641
		0.352	0.100	8.659	142.662	5.713
		0.786	0.070	6.088	64.404	2.579
		0.609	0.079	6.842	64.504	2.583
		0.665	0.076	6.575	64.463	2.582
		0.768	0.071	6.153	64.396	2.579
		0.806	0.070	6.016	64.422	2.580
		0.934	0.065	5.607	64.588	2.587
		1.120	0.059	5.125	64.404	2.579
		1.155	0.058	5.046	64.412	2.580
		1.238	0.056	4.872	64.430	2.580
		1.281	0.055	4.788	64.418	2.580
	Po-214	1.378	0.053	4.613	64.347	2.577
		1.401	0.053	4.574	64.328	2.576
		1.408	0.053	4.563	64.323	2.576
		1.509	0.051	4.404	64.274	2.574
		1.661	0.048	4.194	64.303	2.575
		1.730	0.047	4.109	64.320	2.576
		1.764	0.047	4.068	64.323	2.576
		1.847	0.046	3.975	64.309	2.575
		2.119	0.043	3.710	63.978	2.562
		2.204	0.042	3.639	63.877	2.558
		2.448	0.040	3.456	142.695	5.715

Tablo 35. Kura Nehri-9 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

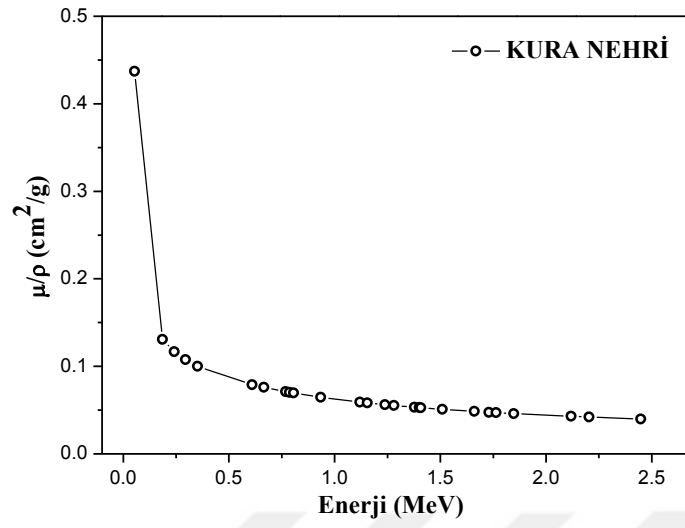
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e (x10^{25})$ (elektron/kg)
KURA NEHRİ-9	Rn-222	0.186	0.131	12.288	143.030	6.191
		0.053	0.444	41.703	64.245	2.781
		0.242	0.117	10.968	138.955	6.015
	Bi-214	0.295	0.108	10.099	141.912	6.143
		0.352	0.100	9.391	143.725	6.222
		0.786	0.070	6.602	64.847	2.807
		0.609	0.079	7.419	64.948	2.811
		0.665	0.076	7.130	64.907	2.810
		0.768	0.071	6.672	64.840	2.807
		0.806	0.070	6.524	64.866	2.808
		0.934	0.065	6.079	65.033	2.815
		1.120	0.059	5.557	64.847	2.807
		1.155	0.058	5.471	64.856	2.807
		1.238	0.056	5.283	64.874	2.808
		1.281	0.055	5.192	64.861	2.808
	Po-214	1.378	0.053	5.002	64.790	2.805
		1.401	0.053	4.960	64.771	2.804
		1.408	0.053	4.948	64.766	2.804
		1.509	0.051	4.776	64.716	2.801
		1.661	0.048	4.548	64.745	2.803
		1.730	0.047	4.455	64.763	2.803
		1.764	0.047	4.411	64.766	2.804
		1.847	0.046	4.310	64.751	2.803
		2.119	0.043	4.023	64.418	2.788
		2.204	0.042	3.946	64.316	2.784
		2.448	0.040	3.748	143.758	6.223

Tablo 36. Kura Nehri-10 için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

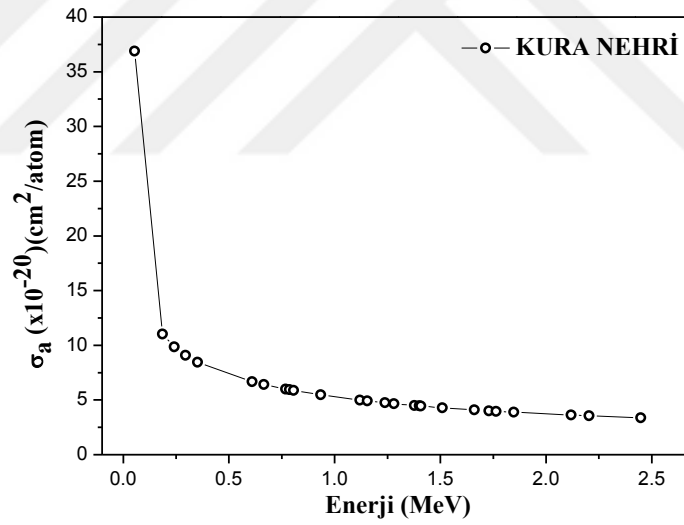
Numune	Ürün Çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z_{et}	$N_e(x10^{25})$ (elektron/kg)
KURA NEHRİ-10	Rn-222	0.186	0.131	11.662	142.349	5.892
		0.053	0.440	39.214	63.936	2.647
		0.242	0.117	10.414	138.300	5.725
	Bi-214	0.295	0.108	9.591	141.244	5.847
		0.352	0.100	8.919	143.050	5.921
		0.786	0.070	6.271	64.566	2.673
		0.609	0.079	7.048	64.666	2.677
		0.665	0.076	6.773	64.625	2.675
		0.768	0.071	6.338	64.559	2.672
		0.806	0.070	6.197	64.585	2.673
		0.934	0.065	5.775	64.751	2.680
		1.120	0.059	5.279	64.566	2.673
		1.155	0.058	5.198	64.575	2.673
		1.238	0.056	5.018	64.593	2.674
		1.281	0.055	4.932	64.580	2.673
	Po-214	1.378	0.053	4.752	64.509	2.670
		1.401	0.053	4.712	64.490	2.669
		1.408	0.053	4.700	64.485	2.669
		1.509	0.051	4.537	64.436	2.667
		1.661	0.048	4.321	64.465	2.668
		1.730	0.047	4.232	64.482	2.669
		1.764	0.047	4.191	64.485	2.669
		1.847	0.046	4.094	64.471	2.669
		2.119	0.043	3.822	64.139	2.655
		2.204	0.042	3.748	64.037	2.651
		2.448	0.040	3.560	143.083	5.923

Tablo 37. Kura Nehri ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunlukları

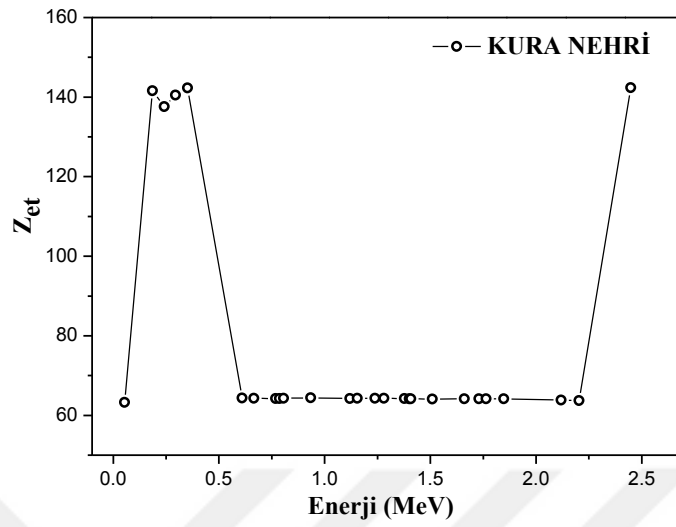
Numune	rn çekirdekler	Enerji (MeV)	μ/ρ (cm ² /g)	$\sigma_a(x10^{-20})$ (cm ² /atom)	Z _{et}	N _e (x10 ²⁵) (elektron/kg)
KURA NEHRİ İÇİN ORTALAMA DEğERLER	Rn-222	0.186	0.131	11.031	141.602	5.572
		0.053	0.437	36.884	63.228	2.488
		0.242	0.117	9.853	137.580	5.414
	Bi-214	0.295	0.108	9.075	140.508	5.529
		0.352	0.100	8.440	142.304	5.600
		0.786	0.070	5.935	64.255	2.528
	Po-214	0.609	0.079	6.669	64.355	2.532
		0.665	0.076	6.410	64.314	2.531
		0.768	0.071	5.998	64.248	2.528
		0.806	0.070	5.865	64.274	2.529
		0.934	0.065	5.465	64.439	2.536
		1.120	0.059	4.996	64.255	2.528
		1.155	0.058	4.919	64.264	2.529
		1.238	0.056	4.749	64.282	2.529
		1.281	0.055	4.667	64.269	2.529
		1.378	0.053	4.497	64.198	2.526
		1.401	0.053	4.459	64.180	2.525
		1.408	0.053	4.448	64.175	2.525
		1.509	0.051	4.294	64.126	2.523
		1.661	0.048	4.089	64.154	2.524
		1.730	0.047	4.005	64.172	2.525
		1.764	0.047	3.966	64.175	2.525
		1.847	0.046	3.875	64.160	2.525
		2.119	0.043	3.617	63.830	2.512
		2.204	0.042	3.547	63.729	2.508
		2.448	0.040	3.369	142.338	5.601



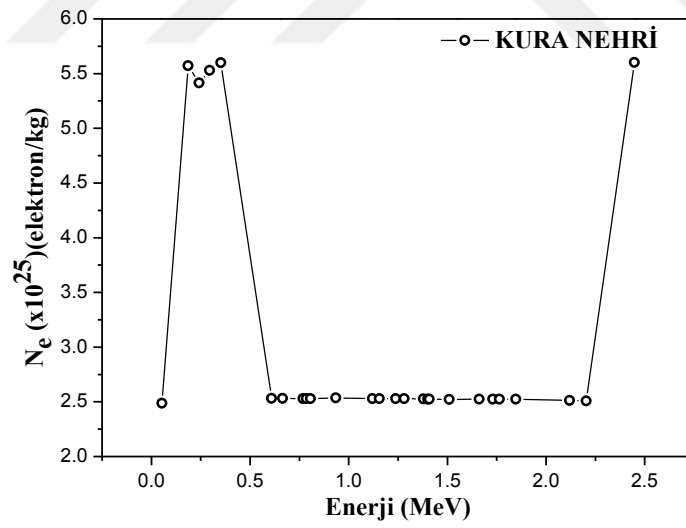
Şekil 32. Kura Nehri ortalama değerler için Kütle Soğurma Katsayılarının enerjiyle değişimi



Şekil 33. Kura Nehri ortalama değerler için Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitlerinin enerjiyle değişimi



Şekil 34. Kura Nehri ortalama değerler için Etkin Atom Numaralarının enerjiyle değişimi



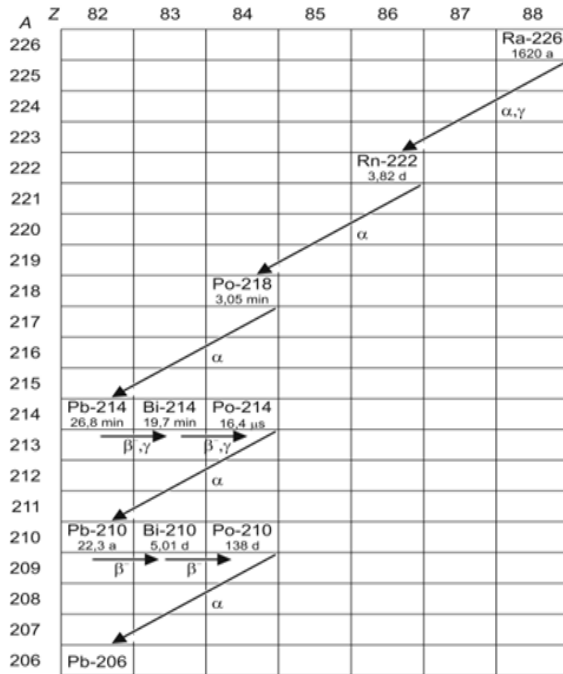
Şekil 35. Kura Nehri ortalama değerler için Elektron Yoğunluklarının enerjiyle değişimi

SONUÇ

Bu çalışmada, göl ve nehir sularının, önemli bir iyonize radyasyon kaynağı olduğu bilinen Ra-226'nın, radyoaktif bozunma zincirindeki γ – ışınlarıyla ne derece etkileştiği atomik parametreler yardımı ile tespit edilmiştir. Ra-226'nın radyoaktif bozunma zinciri Şekil 36'da gösterilmiştir. Tez çalışmasında, dikkate alınan enerjiler doğal radyasyonun en önemli nedeni olarak görülen Ra-226'nın bozunma zincirinde oluşan ürünlerdeki γ – enerjileridir. Bu γ – enerjileri, Ra-226'nın, Rn-222, Bi-214 ve Po-214'e bozunurken açığa çıkan ana γ –ışını enerji çizgileridir (Rn-222 için 186.211, Bi-214 için 53.2275, 241.997, 295.224, 351.932, 785.96, Po-214 için 609.312, 665.453, 768.356, 806.174, 934.061, 1120.287, 1155.19, 1238.111, 1280.96, 1377.669, 1401.50, 1407.98, 1509.228, 1661.28, 1729.595, 1764.494, 1847.420, 2118.55, 2204.21 ve 2447.86 keV) (Chiste vd. 2007). Çalışmamızda Ra-226 seçilme nedeni, doğal radyasyonun önemli bir kaynağı olduğu bilinen ve sigaradan sonra akciğer kanserinin ikinci en önemli nedeni olan radon gazının bu radyoaktif bozunumalar sonucu ortaya çıkmasıdır. Bu radyoaktif bozunumalar sonucu tabii ki, sadece gama ışınları ($^0\gamma$) değil, iyonize radyasyon grubunda olan alfa ($^4_2\alpha$) ve beta parçacığının da ($^-1_0\beta$) çıktığı bilinmektedir. Fakat çalışmamızda en enerjik ve girici olduğundan dolayı γ – ışınları tercih edilmiştir.

Yapılan literatür araştırmasında bahsi geçen göl ve nehir sularının genellikle Coğrafya ve Jeoloji açısından incelendiği görülmektedir, fakat ilk kez Fizik açısından değerlendirilmiştir. İyonize radyasyonun zararları bilinse de bu konuda farkındalık yaratılması da amaçlanmıştır. Özellikle, Ermenistan'ın Türkiye sınırına 16 km uzaklıktaki Metsamor şehrinde yer alan nükleer santralin çevre illeri de etkilemesi kaçınılmazdır. Bu durum hem hava kirliliğine hem de radyasyon yayılımına sebep olmaktadır. En eski Rus teknolojisi ile inşa edilen Metsamor, Ağrı dağı fay hattında olmasının yanı sıra; reaktörün soğutulması için kullanılan suyun yetersizliği, nükleer yakıtını koruyacak koruma havzasının bulunmaması gibi birçok güvenlik ve teknik donanımdan yoksun olarak çalışmaktadır. Santralin mimari tasarımının hatalı olması da diğer bir güvenlik zafiyeti olarak kabul edilmektedir. Ayrıca reaktörün soğutulmasında kullanılan atık suyun Aras nehri vasıtasıyla Hazar Denizi'ne ulaşması ve reaktörden çıkan radyoaktif yakıtların işgal altındaki Yukarı Karabağ'a gömülmesi Metsamor'un neden olduğu ekolojik sorunlardan yalnızca bazılarıdır. Günümüzde nükleer santrallerle ilgili

standartlarda olmaması gereken her türlü özelliğin bulunduğu Metsamor 'un varlığı başta santrale 16 kilometre mesafedeki Türkiye olmak üzere Azerbaycan, İran ve tüm bölge için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Özdaşlı, 2016). Bunlardan dolayı Iğdır'a yakın olan Ardahan ve çevresinde de radyasyon etkisinin çalışılması oldukça önem arz etmektedir. İyonize radyasyonun nehir ve göl suları ile etkileşmesi, suda yaşayan canlılar, bu canlıları tüketenler ve bu sulardan yararlananlar için yüksek etkileşimlerde tehdit oluşturmaktadır. Radyasyonla etkileşimin büyük olması canlılar tarafından alınan dozun da büyük olabileceğini düşündürmektedir. Kanser gibi öldürücü hastalıklara sebep olabilecek radyasyonun ve korunma yollarının iyi bilinmesi oldukça önemlidir. Yaptığımız bu çalışma ile radyasyon etkileşiminin özellikle doğal radyasyon enerjilerinde hesaplamaları yapılarak etkileşimin derecesi belirlenmiştir. Doğal olarak gelen radyasyon etkisinin sürekli var olduğu bilindiği için çevreden gelen katkılar bu miktarı artıracaktır. Bu nehir ve göl sularında önceki yapılan çalışmalarda genellikle ağır metaller belirlenmiştir. Bu çalışmada nehir ve göl sularının elemental analizi yapılarak (47 adet element tespit edilmiştir), suların elemental içeriği geniş bir çerçevede sunulmuş ve tartışılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 36. Radon atomunun radyoaktif bozunum şeması (Chiste vd. 2007).

Tablo 15, 26, 37 ve Şekil 24, 28, 32 incelendiğinde, Aktaş ve Çıldır Gölleri, Kura Nehri suyunun kütle soğurma katsayılarının, enerji arttıkça azaldığı görülmektedir. Yani enerji arttıkça kütle soğurma katsayısı azalmış, bir başka deyişle, γ -ışını etkileşimi azalmıştır. γ -ışını ya da γ -radyasyon enerjisinin artması zaten oldukça girici olan ışının daha girici hale gelmesine sebep olmuştur. Işın madde üzerine geldiği zaman çok hızlı ise daha girici davranarak ve maddeyi daha hızlı geçerek maddede daha az zaman geçirecek ve daha az etkileşim oluşturacaktır. Bu durum etkileşimin süresinin daha az olmasına neden olduğu için kütle soğurma katsayısı değeri daha küçük olacaktır. Çıldır Gölü ve Kura Nehri kütle soğurma katsayı değerleri birbirine çok yakınken bu değerler Aktaş Gölü kütle soğurma katsayısı değerlerinden daha büyüktür. Buna göre Çıldır Gölü ve Kura Nehrinde γ -ışını etkileşimi, Aktaş Gölüne oranla daha yüksek olacaktır.

Tablo 15, 26, 37 ve Şekil 25, 29, 33 incelendiğinde, Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suyunun toplam foton etkileşim tesir kesiti değerlerinin enerjinin artması ile azaldığı görülmektedir. Toplam foton etkileşim tesir kesiti değerleri için sıralama yapıldığında Çıldır Gölü > Kura Nehri > Aktaş Gölü olmaktadır. Bu sonuca göre Çıldır Gölü, Aktaş Gölü ve Kura Nehrine göre γ -ışınlarıyla daha çok etkileşecektir. Çıldır Gölünün, γ -ışınını tutma potansiyelinin yüksek olmasından dolayı, özellikle içinde yaşayan canlılar açısından daha tehlikeli olduğu söylenebilir. Fakat zırh malzemesi olarak kullanılabilirliğini değerlendirilirse, Çıldır Gölü suyu daha iyi bir zırhlama malzemesidir.

Tablo 15 ve Şekil 26 incelendiğinde, Aktaş Gölü için etkin atom numarası değeri enerji ile artış göstermiştir, fakat 1.847 MeV enerjide azalma göstermiştir. Aktaş Gölünün etkin atom numarası $50.299 \leq Z_{et} \leq 52.438$ aralığındadır. Periyodik tabloya baktığımız zaman Aktaş Gölü suyunun etkin atom numarası değerleri, Sn-50, Sb-51 ve Te-52 elementlerinin atom numarasına yakın olduğu için bahsi geçen elementlerle benzer özellikler gösterebileceği düşünülmektedir. Aktaş Gölü, bu duruma göre, zayıf ve yarı metal davranışı sergileyebilir.

$Z_{et} \leq 10$ organik maddelerin göstergesi iken, büyük bir Z_{et} genel olarak inorganik bileşikler ve metallerin göstergesidir (Baltaş ve Çevik, 2008). Bu durum değerlendirildiğinde, Aktaş Gölü etkin atom numarası değerleri, $Z_{et} \geq 10$ olduğu için inorganik ya da metal özellik göstermektedir.

Tablo 16 ve Şekil 30 incelendiğinde, Çıldır Gölü için etkin atom numarası 0.186 MeV enerjide artarak maksimum olmaktadır. Daha sonra 0.352 MeV enerjide azalmaktadır ve 2.448 MeV'e kadar neredeyse sabit olmaktadır. Çıldır Gölünün etkin atom numarası genellikle $68.930 \leq Z_{et} \leq 69.971$ aralığındadır. Periyodik tabloya baktığımız zaman bu değerler Er-68 ve Tm-69 elementlerinin atom numarasına yakın olduğundan dolayı bahsi geçen elementlerle benzer özellikler gösterebileceği düşünülebilmektedir. Bu durumda Lantanit ya da Nadir toprak elementleri gibi davranabilir. Çıldır Gölü etkin atom numarası değerleri $Z_{et} \geq 10$ dikkate alındığında ise inorganik ya da metal özellik göstermektedir.

Tablo 27 ve Şekil 34 incelendiğinde, Kura Nehri için etkin atom numarası 0.053 MeV enerjide minimum değerde iken, 2.448 MeV enerjide maksimum değerini almıştır. Etkin atom numarası enerji artışı ile ilk olarak artmış, 0.609 MeV enerjiden sonra azalmış, 2.204 MeV enerjiye kadar hemen hemen sabit kalmış, daha sonra 2.448 MeV 'de tekrar artmıştır. Kura nehri etkin atom numarası genellikle $63.228 \leq Z_{et} \leq 64.439$ aralığındadır. Periyodik tabloya baktığımız zaman bu değerler Eu-63 ve Gd-64 elementlerinin atom numarasına yakın olduğundan dolayı bahsi geçen elementlerle benzer özellikler gösterebileceği düşünülmektedir. Bu durumda Lantanit ya da Nadir toprak elementleri gibi davranabilir. Kura nehri etkin atom numarası değerleri $Z_{et} \geq 10$ dikkate alındığında inorganik ya da metal özellik göstermektedir.

Şekil 26, 30 ve 34 incelendiğinde, etkin atom numarasının enerjiye bağlı değiştiği görülmektedir. Bu değişime sebep olan Fotoelektrik Olay, Koherent Saçılma ve Çift Oluşumun kısmi etkisidir. Bunun dışında 100 KeV altındaki enerjilerde Fotoelektrik Etki daha baskındır. Ayrıca nehir ve göl sularının, etkin atom numarası ile enerji değişim grafiklerinin karakteristik olduğu görülmektedir. Bu duruma etkileşim tesir kesitlerinin ve elemental içeriklerin farklı olmasının sebep olduğu düşünülmektedir.

Aktaş ve Çıldır Gölleri, Kura Nehri için etkin atom numarası sıralaması Çıldır Gölü>Kura Nehri>Aktaş Gölü olmaktadır. Bu sıralamaya göre Aktaş Gölü en küçük etkin atom numarası değerine sahiptir. Atom numarası büyük elementlerin radyasyon tutuculuğunun daha iyi olduğu bilinmektedir. Yani Çıldır Gölü, γ -ışınlarıyla daha fazla etkileşime girmektedir ve γ -ışını için daha soğurucu ya da tutucu özellik göstermektedir.

Tablo 15, 31, 37 ve Şekil 27, 31, 35 incelendiğinde, Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri için elektron yoğunluklarının enerji ile değişimleri etkin atom numarasının değişimine benzerdir. Elektron yoğunluklarını dikkate alarak sıralama yaptığımızda, Çıldır Gölü>Kura Nehri>Aktaş Gölü olmaktadır. Bu sıralamaya göre, Çıldır Gölünün elektron yoğunluğu daha fazla olduğu için γ -ışınlarıyla etkileşimi de daha fazla olacaktır. Elektron yoğunluğunun fazla olması γ -ışınının girdiği ortamda daha çok elektrona rastlayacağı ve daha büyük etkileşim oluşturacağını göstermektedir. Ortamda ya da maddede ışın soğrulmasının ortalama olarak hesaplanması için en temel atomik parametreler etkin atom numarası ve elektron yoğunluğudur. Nehir ve göl sularının, elektron yoğunluğu ile enerji değişim grafiklerinin etkin atom numarası ve enerji değişim garfikleri gibi karakteristik olduğu görülmektedir. Bu durumda yine etkileşim tesir kesitlerinin ve elemental içeriklerin farklı olmasının sebep olduğu düşünülmektedir.

Aktaş ve Çıldır Gölleri, Kura Nehrinin Metsamor Nükleer Santraline olan mesafesi Çıldır Gölü<Kura Nehri<Aktaş Gölü olmaktadır. Radyasyonun yakın mesafelere daha çok etki edeceği ve Çıldır Gölünün radyasyon tutuculuğuna meyilli olması durumları düşünüldüğünde, radyasyon açısından daha tehlikeli olacağı anlamına gelmektedir. Yani bu durum, Çıldır Gölünün radyasyonla etkileşim derecesinin oldukça büyük olacağı anlamına gelmektedir.

Sonuç olarak, Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri suları için atomik parametreler incelendiğinde, γ -ışınının etkileşimi ve etkileşim derecesi sıralama olarak, Çıldır Gölü>Kura Nehri>Aktaş Gölü olmaktadır. Yani Çıldır Gölü diğerlerine göre γ -ışınlarıyla daha çok etkileşeceğinden, ışınları daha çok soğurmaya ve hapsedmeğe meyillidir. Aktaş Gölü ise en küçük etkileşim derecesine sahiptir, yani γ ışını ile daha az etkileştikten radyasyonu daha az tutacaktır ve daha az tehlikeli hale gelecektir.

Çalışmada göl ve nehir sularının elemental analizi de yapılmıştır ve değerlendirme açısından oldukça önemli sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu sulara bulunan metal ve elemental içerik, suyun güvenli kullanılabilirliği açısından oldukça önemlidir. Ağır metallerin konsantrasyonlarının fazla olması suları toksik hale getirirken, canlılar için gerekli element ve metallerin bulunması faydalı olacağı anlamını taşımaktadır. Metaller insan hayatında büyük yararlar sağladığı kadar, zararlı toksik etkilerde sağlamaktadır. Doğal ve çevresel yollarla canlı organizmaların besin zincirine karışan

ağır metaller tahrip edici sonuçlara yol açabilmektedir. Ağır metallere atom numarası 20'den büyük, yoğunluğu 5 g/cm³'den fazla olan elementler dahildir (Seven ve ark., 2018). Tablo 38'de metaller, canlı organizmalarda risk taşıma özelliğine göre gruplaştırılmıştır. Ağır metallerin canlı organizmalarda birikimini tayin eden bazı faktörler vardır ve bunlar arasında suyun ısısı ve pH değeri, oksijen miktarı, suyun sertliği, mevsimsel değişiklikler ve beslenme alışkanlığı yer almaktadır (Forstner ve ark, 1981).

Tablo 38. Metallerin toksisitesine göre sınıflandırılması

Kritik Olmayan Metaller	Toksik Metaller	Çok Toksik Metaller
H, Li, C, O, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, Fe, Br, Sr	Ti, Ga, Zr, Nb, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir	Be, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi

Kaynak: Akaydın, (2014)

Göl ve nehir sularında bulunan elementler Tablo 38 ve NCCLS modifiye periyodik tablolarına (Parsons ve Barbosa, 2007) göre değerlendirilerek konsantrasyon sıralaması yapılmıştır. Tablo 38 dikkate alınarak, Tablo 4'de ortalama konsantrasyonlar değerlendirilirse, tabloda bulunan kritik olmayan metaller (Li, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Fe ve Sr), toksik metaller (Ti, Zr, Ru, Rh, Ba, La, Ta, W, Re, Os ve Ir) ve çok toksik metaller (Be, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi) için sular sıralanabilmektedir. Tablo 38 ve Tablo 4'e göre, Li, Na, Mg, Al, K, Fe ve Sr konsantrasyonları için Aktaş Gölü>Kura Nehri>Çıldır Gölü sıralaması görülmüştür. Si, P ve Ca konsantrasyonları için Kura Nehri>Aktaş Gölü>Çıldır Gölü sıralaması yapılabilir. Al konsantrasyonu için ise Aktaş Gölü> Çıldır Gölü>Kura Nehri sıralaması mevcuttur. Aktaş Gölü ve Kura Nehri suyu, kritik olmayan elementler bakımından Çıldır Gölünden daha zengindir. Tablo 38 ve Tablo 4'e göre, toksik metaller Ti, Ba, La, Ta ve Re konsantrasyonları için Aktaş Gölü> Çıldır Gölü> Kura Nehri sıralaması mevcuttur. Rh, W ve Ir konsantrasyonları için Çıldır Gölü>Aktaş Gölü>Kura Nehri sıralaması yapılabilir. Zr konsantrasyonu dikkate alınırsa Aktaş Gölü>Kura Nehri>Çıldır Gölü olmaktadır. Ru konsantrasyonu için Aktaş Gölü>Çıldır Gölü=Kura Nehri, Os konsantrasyonu için ise hepsi <0.001 ppb olmaktadır. Tablo 38 ve Tablo 4'e göre, çok toksik metaller Be, Pd, Ag, Sb, Hg ve Tl konsantrasyonuna göre Aktaş Gölü>Çıldır Gölü> Kura Nehri olmaktadır. Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Te, Hg ve Pb konsantrasyonları

için Aktaş Gölü>Kura Nehri>Çıldır Gölü olmaktadır. Bi konsantrasyonu için ise Çıldır Gölü> Aktaş Gölü=Kura Nehri olmaktadır.

Tablo 4’de element konsantrasyonlarının ortalama değerleri dikkate alındığında, özellikle NCCLS’ye göre oluşturulan modifiye periyodik tabloda (Parsons ve Barbosa, 2007) esansiyel majör, esansiyel eser, esansiyel olmayan toksik ve tedavi amaçlı kullanılan elementlerin dikkate alınarak değerlendirilmesi de oldukça önemlidir. Esansiyel elementler; canlı metabolizmasının yaşamsal fonksiyonlarını sorunsuzca devam ettirmesi ve normal gelişimini sağlayabilmesi için gerekli elementleri kapsamaktadır. Bu elementlerin eksikliği veya fazlalığı canlı sağlığında önemli sorunlara yol açabilmektedir. NCCLS’ye göre Na, Mg, Si, P, K, Ca ve Fe esansiyel majör elementlerdir. Vücudumuz için yaşamsal önemi olan Mg içme sularında çok olmakla beraber, önemli miktarı denizlerde ve yer altındaki tuz yataklarında rezerve edilmiş halde bulunur. İnsan vücudunda eksik olduğunda kendini kas krampları ve kabızlıkla gösterebilir (Boğa, 2007). Yaşamsal öneme sahip elementlerden olan Fe doğal olarak toprakta bulunur ve akarsular vasıtasıyla göl ve nehirlerle taşınır (Güven ve ark, 2005). Günümüzde yer altı sularında Fe birikmesi hala problem oluşturmaktadır. Fe vücutta karaciğer, akciğer, kemik iliği ve kırmızı kan hücrelerinde depolanır. Tablo 4 incelendiğinde, Na, Mg, K ve Fe konsantrasyonu için Aktaş Gölü>Kura Nehri>Çıldır Gölü olduğu görülmektedir. Si, Ca ve P konsantrasyonu için ise Kura Nehri>Aktaş Gölü>Çıldır Gölü olduğu görülmektedir. Esansiyel majör elementler canlıların sağlığı ve metabolizmanın fonksiyonlarının düzgün işleyebilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu durumda özellikle konsantrasyon fazlalığı açısından değerlendirildiğinde Aktaş Gölü ve Kura Nehri esansiyel majör element konsantrasyonu bakımından Çıldır Gölüne oranla daha zengindir. NCCLS’ye göre V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se ve Mo esansiyel eser elementlerdir. Co doğal kaynaklardan çevreye salınmış olup, en çok radyoaktif bozunum yolu ile doğada radyoaktifliğini artırmaktadır. Co vücuda solunum, gıda ve su yolu ile dâhil olmaktadır. Özellikle balık, hayvan ve sakatat gibi etlerde bulunan Co’nın eksikliğinde ise anemi gözlenmektedir (Doğan, 2002). Ni tüm topraklarda bolca bulunan bir element olup, doğada oksijen ve sülfür ile bileşik oluşturmaktadır. Özellikle volkanlardan kaynaklanan Ni, havada düşük miktarda bulunur, ama canlılarda pek bulunmaz. Vücuda beslenme yolu ile dâhil olan Ni elementinin vücuttan atılımı idrar veya terle gerçekleşebilmektedir (Doğan, 2002). Bu element düşük yoğunlukta insanda kronik

bronşit ve nefes darlığı ile kendini gösterir ve özellikle fazla Ni ile temas eden, endüstride çalışan kişilerde akciğer kanserleri gözlemlenmektedir (Atstür, 2003). Zn canlı hücrelerin gelişiminde ve DNA'nın yapısında önemli rol oynayan elementlerden biridir (Cicik, 2003). Yetişkin bireylerde ortalama çinko ihtiyacı 8-13 mg kadardır. Gebelerde ve sporcularda bu ihtiyaç daha fazladır. Günlük Zn alımı 50 mg'dan daha fazla olursa bu durum çeşitli yan etkilere sebep olmaktadır. Zn toprakta çinko karbonat ve çinko sülfür şeklinde, maden yataklarında bulunmaktadır. Doğal olarak içme suyunda, buğdayda, dana ve kaz etinde, lahanada rastlanılmaktadır. Zn'in vücutta bağışıklık sisteminde önemli yeri olup, yaraların hızla kapanmasında, tat ve koku alımında önemli bir mineraldir. Özellikle DNA yapısında da önemli görevler almaktadır (Boğa, 2007).

Tablo 4 incelendiğinde, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se ve Mo esansiyel eser elementlerin konsantrasyonları için Aktaş Gölü>Kura Nehri>Çıldır Gölü olduğu görülmektedir. Esansiyel eser elementlerde, canlı organizmanın fonksiyonlarının sürekliliği için eser miktarlarda gerekse de oldukça önem arz etmektedir. Aktaş Gölü esansiyel eser elementler bakımından Çıldır Gölü ve Kura Nehrine oranla oldukça zengindir. NCCLS'ye göre Be, Al, As, Cd, Hg, Tl ve Pb esansiyel toksik elementlerdir. Bu elementler organizma için tehlikelidir, miktarı arttıkça ölümcül sonuçlar doğurabilecek etkilere ulaşmaktadır. Tablo 4 incelendiğinde, Be, Al, Hg ve Tl esansiyel toksik elementlerin konsantrasyonları için Aktaş Gölü>Çıldır Gölü>Kura Nehri sıralaması yapılabilir. As, Cd ve Pb esansiyel toksik elementleri için ise Aktaş Gölü>Kura Nehri> Çıldır Gölü sıralaması yapılabilir. Aktaş Gölünün, esansiyel toksik element içeriği dikkate alındığında diğerlerine kıyasla daha kirli olduğu görülmektedir. Hg küçük yoğunlukta toprak, hava ve suda doğal şartlarda bulunmakta ve yıllık ortalama olarak 45000 tonunun atmosfere, 4000 tonunun ise sulara karıştığı tahmin edilmektedir (Seçer ve ark, 2001). Besin zincirinin son halkası olan balıklarda Hg daha çok karaciğerde, insanda daha çok saçta birikmektedir. Hg organizmaya gıda yolu ile ulaşmakta ve vücutta kronik bozukluklar oluşturmaktadır (Dural ve ark, 2007). En toksik etkiye sahip ağır metallerden olan Cd zayıf konsantrasyonda dâhil sulara yaşayan canlılar için son derece zararlı etkiler oluşturmaktadır. Zn ile birlikte doğada bulunan Cd çevreye esasen metal atıklardan, plastiklerden ve mineral yataklarından salınmaktadır. Toprakta bulunan Cd su yolu ile canlı organizmalara, besin zinciri ile insana ulaşmaktadır (Kaya ve Akar, 2002). Cd'un balıklarda karaciğer ve böbreklerde kısa sürede, kas

dokularında ise uzun vadede biriktiği gözlemlenmiştir (De Conto ve ark, 1999). NCCLS'ye göre Li, Pt ve Au tedavi amaçlı kullanılan elementlerdir. Tablo 4 incelendiğinde, Li konsantrasyonu için Aktaş Gölü>Kura Nehri>Çıldır Gölü, Pt konsantrasyonu için hepsinin <0.001 ppb olduğu ve Au için ise Çıldır Gölü>Aktaş Gölü>Kura Nehri olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre Aktaş ve Çıldır Göllerinde çok değerli olarak görülen tedavide kullanılan elementlerin eser miktarda da olsa bulunması faydaları açısından önemlidir.

Yüzey sularının inorganik parametreler açısından kalite standartları Tablo. 39 'da verilmiştir (Kıracı, 2014; Aktop ve Çağatay, 2020). Bu standartlar Dünya Sağlık Örgütü ve Türkiye Standartlar Enstitüsü (TSE-266) nezdinde belirlenen normlarla farklılık göstermektedir. 31.12.2004 tarihinde resmî gazetede yayınlanan su kontrol yönetmeliğinde, su havzalarının kalitesi ve kullanılabilirliği yer almaktadır (Güler, 1994). 25687 sayılı yönetmenlikte su kaynakları 4 grupta sınıflandırılmıştır 30/11/2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği” “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği” adını almış ve birtakım güncellemeler yapılarak, 15.04.2015 tarihinde 29327 sayılı resmî gazetede yayınlanmıştır. Ayrıca 31/12/2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin” 2'nci maddesinde değişimler yapılarak 13.02.2008 tarihinde 26786 sayılı resmî gazetede yayınlanmıştır). I. sınıf sular yüksek kaliteli sular olarak sadece dezenfeksiyon ile içme suyu olarak, II. sınıf sular az kirlenmiş ve uygun arıtma yöntemi ile içme suyu olarak, III. sınıf sular ise uygun arıtma sonucunda endüstriyel sular olarak kullanılabilir. IV. sınıf kirlenme derecesine göre, en yüksek sulardır (Kıracı, 2014). Bu sınıflandırmalar su kalite parametreleri, fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler, organik parametreler, oksijenlendirme parametreleri, nutrient (besin elementleri) parametreleri, iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri ve bakteriyolojik parametreler dikkate alınarak yapılmıştır.

Tablo 39. Yüzey suları kalite standartları inorganik bazı parametreler

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri	I	II	III	IV
Civa ($\mu\text{g Hg/L}$)	0.1	0.5	2	> 2
Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	> 10
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	>50
Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	20	50	100	>100
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	>200
Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	20	50	200	>200
Krom ($\mu\text{g Cr+6/L}$)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	>50
Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	>200
Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	>200
Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	>2000
Florür ($\mu\text{g F}^7\text{/L}$)	1000	1500	2000	>2000
Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2\text{/L}$)	10	10	50	>50
Sülfür ($\mu\text{g S}=\text{/L}$)	2	2	10	>10
Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	>5000
Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	100	500	3000	>3000
Bor ($\mu\text{g B/L}$)	1000	1000	1000	>1000
Selenyum ($\mu\text{g Se/L}$)	10	10	20	>20
Baryum ($\mu\text{g Ba/L}$)	1000	2000	2000	>2000
Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	>1

Kaynak: Resmi Gazete, (2004)

Tez çalışmamasında elementler incelendiği için, sadece elementler açısından sınıf değerlendirmesi yapılmıştır. Gelecekte, bu tarz çalışmalar genişletilerek su kalite parametreleri, fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler, organik parametreler, oksijenlendirme parametreleri, nutrient (besin elementleri) parametreleri, iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri ve bakteriyolojik parametreler incelenmeli ve kalite sınıfının daha ayrıntılı belirlendiği farklı çalışmalar da yapılmalıdır. Tablo 39’da kalite kriteri olarak verilen elementler için göl ve nehirlerin konsantrasyon değerleri Tablo 40’da verilmiştir.

Tablo 40. Aktaş, Çıldır Gölü, Kura Nehri için iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri

İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri	Aktaş Gölü	Çıldır Gölü	Kura Nehri
Civa ($\mu\text{g Hg/L}$)	0.00540	0.00267	<0.001
Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	0.05090	0.00170	0.00260
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	0.98150	0.01920	0.02760
Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	56.22140	2.12980	6.75640
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	13.80410	0.93830	1.42840
Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	1.92590	0.03940	0.17960
Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	3.95160	0.03280	0.15130
Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	9.50310	1.65920	1.93500
Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	87.63870	0.52870	1.06310
Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	606.61530	15.54210	25.01170
Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	32.40900	0.62990	2.61110
Bor ($\mu\text{g B/L}$)	857.19920	46.42370	133.37030
Selenyum ($\mu\text{g Se/L}$)	0.32980	0.05870	0.09350
Baryum ($\mu\text{g Ba/L}$)	94.13060	21.92220	12.53580
Alüminyum (mg Al/L)	1.15778	0.02713	0.01743

Tablo 39 ve 40 incelenerek birlikte değerlendirildiğinde, Al, Fe ve As konsantrasyon değerinin Aktaş Gölü suları için su kalitesi iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri sınır değerinin üstünde olduğu, diğer element değerlerinin ise sınırın altında olduğu görülmektedir. Bu durumdan dolayı Aktaş Gölü suyu suların iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri bakımından III. sınıftadır. Çıldır Gölü ve Kura Nehri suları için dikkate alınan elementler ise su kalitesi iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri sınır değerinin altındadır ve su kaliteleri I. sınıf olmaktadır. Tabi ki bu değerlendirme sadece su kalitesi iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri sınır değeri dikkate alınarak yapılmıştır. Bu bakımdan kesin yargı için su kalite parametreleri, fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler, organik parametreler, oksijenlendirme parametreleri, nutrient (besin elementleri) parametreleri, iz elementler (metaller) ve inorganik kirlilik parametreleri ve bakteriyolojik parametreler de farklı çalışmalar da incelenmelidir.

KAYNAKÇA

- Ahmadov, M. M. ve Diğerleri. (2005). Heavy metal baseline data for Kura water and harmonization of monitoring methodology along Kura river. *International Nuclear Information System*. 6. *Petrol taşımacılığının çevresel etkileri üzerine çerçeve çalışmayı (INCO)*.
- Ahmadov, M. M. ve Diğerleri. (2016). Uranium and Thorium Determination in Water Samples Taken along River Kura. *Journal of Materials Science and Engineering*, 6 (3-4), 80-84.
- Alkan, A. (2016). Spatial Distributions of Heavy Metals in the Water and Sediments of Lake Çıldır, Turkey. *Ekoloji Dergisi*, 25 (98), 9-16.
- Adıgüzel, S. (2013). *Bazı termolüminesans dozimetrik bileşiklerin ve aminoasitlerin 0,015- 15 MeV enerji aralığında kütle ve enerji soğurma katsayıları, etkin atom numaraları, atomik ve elektronik tesir kesitleri ve foton kuvvetlendirme faktörlerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Akaydın, A. (2014). *Doğu Karadeniz sularından yakalanan ekonomik öneme sahip bazı balık türlerinde ağır metal birikiminin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Giresun Üniversitesi. Giresun.
- Akça, B. (2014). *Biyomedikal Öneme Sahip Bazı Elementlerin Bileşiklerinin Kütle Soğurma Katsayılarının Ölçülmesi ve Katkılı, Katkısız Yarıiletkenlerde Transmisyon Faktörlerinin Tavlama Sıcaklığı ve Süresine Bağlı Değişimi*. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Akça, B. Ulusoy Ö. Erzeneoğlu, S. (2021). Total Mass Attenuation Coefficients, Total Photon Interaction Cross Sections, Effective Atomic Numbers and Effective Electron Densities for Some Construction Materials Available in Turkey. *Arabian Journal for Science and Engineering*, <https://doi.org/10.1007/s13369-021-06174-6>.
- Akman, F. (2013). *EDXRF Spektrometre ile Bazı Elementlerin K Tabakası ie L_{III} Alt Tabakası Soğurma Sıçrama Faktörlerinin Doğrudan Uyarma ve Geçiş Geometrileryle ve Bazı Ce, Sm ve Gd Bileşiklerinin Soğurma Parametrelerinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.

- Akman, F. Durak, R. Kaçal, M. R. (2015). Determination of K Shell absorption parameters for some lanthanides using the X-ray attenuation method. *Canadian Journal of Physics*, 93 (12), 1532-1540.
- Akhdar. H. Marashder. M. W. Alagell, M. (2022). Investigation of Gamma Radiation Shielding Properties of Polyethylene Glycol in the Energy from 8.67 to 23.19 keV, *Nuclear Engineering and Technology*, 54, 701-708.
- Aktop, Y. ve Çağatay, İ. T. (2020). Ağır Metallerin Balıklarda Birikimi ve Etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 37-44.
- Algüneş, Ç. (2002). *Radyasyon Biyofiziği*. 1. Basım. Edirne: Trakya Üniversitesi Yayınları.
- Alaviana, H. Samieb, A. Anbaran, H.T. (2020). Experimental and Monte Carlo investigations of gamma ray transmission and buildup factors for inorganic nanoparticle/epoxy composites. *Radiat. Phys. Chem.* 174, 108-960.
- Angelone, M. Bubba, T. Esposito, E. (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 (4), 505–511.
- Aygün, E. Zengin, M. (1990). *Kuantum Fiziği*. Ankara: Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları.
- Atsdr, (2003). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>
- Azadbakht. B. Bagheri. R. (2020). Photos Interaction Properties of Different from Human Body Using MCNPX, WinXCom, XMuDat, and Auto- $Z_{(eff)}$ Programs, *Journal of Testing and Evaluation*. 48 (6), 4608-4622.
- Azuraida. A, Halimah MK, Ishak. M, Fadhilah. N. R, Norhayati. A, Ahmad. N. (2021). Mass Attenuation coefficient of $[(TeO_2)_{(0.7)}(B_2O_3)_{(0.3)}]_{(1-x)}(BaO)_{(x)}$ Glass for Energy of 1 keV-100 geV. *Chalcogenide Letters*. 18 (3), 123-127.
- Baltaş H. and Çevik, U. (2008). “Determination of the effective atomic numbers and electron densities for YBaCuO superconductor in the range 59.5–136 keV”. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. 266, (7), 1127-1131.

- Baltaş, H. Çelik, S. Çevik, U. Yanmaz, E. (2007). Measurement of mass attenuation coefficients and effective atomic numbers for MgB2 superconductor using X-ray energies. *Radiation Measurements*. 42, 55-60.
- Barstow, M. (2005). *Cosmic Fingerprinting: The Key to Understanding the Universe [online]*, Leicester University, www.star.le.ac.uk/~mab/lit/cosmic_fing_lp.pdf, (Ziyaret tarihi: 26 Ekim 2005).
- Bertin, E. P. (1975). *Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis*, 2. edition, New York-London: Planum Press.
- Butcher, G. *Radio Waves [online]*, <http://imagers.gsfc.nasa.gov/ems/radio.htm>, (Ziyaret tarihi: 14 Mayıs 2005).
- Boğa, A. (2007). Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 16, 218.
- Bozbıyık A, Özdemir Ç, Hancı H. (2002). Radyasyon Yaralanmaları ve Korunma Yöntemleri. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*. 11 (7), 272.
- Chiste, V. Be. M. M. Dulieu, C. Evaluation of Decay Data of Radium-226 and its Daughters, *International Conference on Nuclear Data for Science and Technology*, DII:10.105/ndata:07122.
- Chantler, C.T. Olsen, K. Dragoset, R. A. Chang, J. Kishore, A. R. Kotochigova, S. A. Zucker, D. S. (2005). X-ray form factor, attenuation and scattering tables (Version 2.1). *National Institute of Standards and Technology*.
- Cope, R. B. Loehr, C. Dashwood, R. Kerkvliet, N. I. (2006). Ultraviolet radiation-induced non-melanoma skin cancer in the Crl: SKH1:hr-BR hairless mouse: augmentation of tumor multiplicity by chlorophyllin and protection by indole-3- carbinol. *Photochem Photobiol. Sci.*, 5, 599-507.
- Cregah, D. C. Hubbell, J. H. (1987). Problems Associated with The Measurement of X-ray Attenuation Coefficients. I. Silicon. *Report on the International Union of Crystallography X-ray Attenuation Project. Acta Cryst.* 43, 102-112.
- Cregah, D. C. Hubbell, J. H. (1990). Problems Associated with The Measurement of X-ray Attenuation Coefficients. II. Carbon. *Report on the International Union of Crystallography X-ray Attenuation Project. Acta Cryst.* 46, 402-408.

- Creagh, D. C. Hubell, J. H. (1992). X-ray Absorption (or Attenuation) Coefficients. Sec. 4.2.4. in International Tables for Crystallography, Vol. C, A.J.C., Wilson, ed. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, 189-206.
- Cicik, B. 2003. Bakır-çinko etkileşiminin sazan (*Cyprinus carpio*) nun karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 48 (12), 32-36.
- Çavaş, T. (2008). In vivo Genotoxicity of Mercury Chloride and Lead Acetate: Micronucleus Test on Acridine Orange Stained Fish Cells. *Food and Chemical Toxicology*. 46, 352-358.
- Daşdağ, S. (2010). İyonlayıcı Radyasyon ve Kanser. *Dicle Tıp Dergisi*. 37 (2), 177-185.
- Değerliler, M. (2007). *Adana İli ve Çevresinin Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Saptanması ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması*. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Demir, H. (2008). *Farklı iki lineer hızlandırıcı cihazının elektron dozimetrik parameterlerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. Ankara.
- De Conto Cinier, C, Ramel. M.P. Faure. R. Garin D. Bouvet, Y. (1999), Kinetics Of Cd Accumulation And Elimination In Carp (*Cyprinus Carpio*) Tissues. *Comparative Biochemistry And Physiology*, 122, 345-352.
- Doğan, M. (2002). Sağlıklı Yaşamın Kimyası. *Popüler Bilim Dergisi*. 32-34.
- Dumond, J. W. M. (1929). Experimental and theoretical studies of the breadth and structure of the Compton shifted line. *Phys. Rev.*, 33, 643.
- Dural, M. Göksu, M.Z.L. Özak, A.A. (2007). Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chemistry*. 102, 415-421.
- Eaves, G. (1964). *Principles of Radiation Protection*. London: Iliffe Books L.T.D.
- El-Sersy, A. R. Hussein, A., El-samman, H. M., Khaled, N. E., El-Adawy, A., Donya, H., (2011). Mass Attenuation Coefficients of B₂O₃-Al₂O₃-SiO₂-CaF₂ Glass System at 0.662.
- Forstner, G. Wittmann, T. (1981). *Metal pollution in the aquatic environment*. 271-318, Berlin Heidelberg [eds.], 2nd ed. Newyork Springer Verlag.
- Gerward, L. Guilbert, N. Jensen, K. B. Leving, 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*. 239-361.
- Göksel, S. A. (1973). *Radyasyonların Biyolojik Etkileri ve Radyasyon Korunması*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul: Genel Yayınlar No: 9, İTÜ Matbaası Gümüşsuyu.
- Güler, Ç. Çobanoğlu, Z. (1994). *Sağlıklı içme sularının nitelikleri. Su Kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*. Ankara, 12-30.
- Gümüş. E. (2011). *Cr, Fe, Cu ve Zn Geçiş Elementlerinin Oluşturduğu Bazı Bileşiklerin K Kabuğu Floresans Parametreleri Üzerinde Kimyasal Etki*, Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Güngör, N. (1991). *Sağlık Fiziği*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Güven. K. C. Öztürk, B. (2005). *Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler ve Analiz Yöntemleri*. Tüdev Yayınları. No: 21, 512.
- Güden. M, Ulutin C, Pak Y. (2001). Noniyonizan elektromanyetik alanların biyolojik etkileri. *Türkiye Klinikleri J. Med. Sci.* 21, 441.
- Gümüşderelioğlu. M. Kaynak G. (2012). Mikrodalgalar ve uygulamaları. *Bilim ve Teknik*. 777, 38-42.
- Han, I. Demir, L. (2009). Determination of mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers for Cr, Fe and Ni alloys at different energies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 267, 3-8.
- Hine, G. J. (1952). The effective atomic numbers of materials for various gamma interactions, *Physics Review*. 85, 725-737.
- Hubbell, J. H. Overbo, I. J. (1979). Relativistic atomic form factors and photon coherent scattering cross-section. *J. Phys. Chem. Ref. Data*. 8, 69-105.
- Hubbell, J. H. (1982). Photon Mass Attenuation and Energy-Absorption Coefficients from 1 keV to 20 MeV. *International Journal of Applied Radiations and Isotopes*. 33, 1269-1290.
- Hubbell, J. H. (1994). Bibliography of Photon Total Cross Section (Attenuation Coefficient) Measurements 10 eV to 13.5 GeV, 1907-1993.

- Hubbel, J. H. Seltzer, S. M. (1995). *Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficient 1keV to 20 MeV for Elements Z=1 to 92 and 48 Additional substances of Dosimetric Interest*. Gatenestburg.
- Hubbell, J. H. Seltzer, S. M. (1995). *Tables of X-ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients 1 keV to 20 MeV for Elements Z=1 to 92 and 48 Additional Substances of Dosimetric Interest*, *National Institute of Standards and Physics Laboratory*. NISTIR. 5632.
- Hubbell, J. H. (1999). Review of photon interaction cross section data in the medical and biological context. *Physics in Medicine & Biology*, 44, R1-R22.
- Hunt, T. (2000). Was Newton the first to show that visible light is polychromatic? [online], *Engineering Science And Education Journal*. ieeexplore. ieeexplore.ieee.org/iel5/2222/18763/00866903.pdf?arnumber=866903, (Ziyaret tarihi: 26 Ekim 2005).
- Jagadeesh, G. Takayama, K. (2002). Novel applications of micro-shock waves in biological sciences, *Indian Institute of Science*, 82, 1-10.
- Jenkins, R. (1974). *Introduction to X-ray spectrometry*. Radiation Detection Instruments. United Kingdom.
- Kabir, N. A, Okoh.F. O, Yusof. M. F. M. (2021). Radioation and Physical Properties of Tissue Eguivalent Mommography Phantom: Characterization and Analysis Methods. *Radiation Physics and Chemistry*. 180, 109-271.
- Kahya, S. (1985). *Yüksek Aktiviteli Bir Nokta Gama Kaynağının Zırhlama Problemleri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaçar, B. (1994). *Toprak-Su-Bitki İlişkileri*. İstanbul: İ.Ü. Yayınları.
- Karataş, R. (2013). *Toprak, Bitki ve Su Örneklerinin Alımı ve Laboratuvara Taşınma Teknikleri*. Yüksek Lisans Seminer Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Isparta.
- Kaya, A. (2002). İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri. *Dicle Tıp Fakültesi Dergisi*. 29 (3), 65-75.
- Kaya, S. Akar, F. 2002. *Metaller, Diğer Organik Maddeler ve Radyoetkin Maddeler*. 207-250.
- Kaya, S. İ. Pirinççi, A. Bilgili [eds.], *Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji*, Ankara: Medisa. 2.baskı.

- Kerur, B. R. Thontadarya, S. R. Hanum, B. 994'a. Anomalous -ray attenuation coefficients around the absorption edges using Mn K α and Cu K α X-rays, *Appl Radiat Isot* 2. 159-163.
- Kerur, B. R. Thontadarya, S. R. Hanumaiah, B. (1994). Anomalous x-Ray Attenuation Coefficients Around the Absorption Edges Using Mn K α , and Cu K α X-Rays. *Appl. Radiat.* 45 (2), 159-163.
- Kılıçarslan, Ş. Başyigit, C. Akkurt, İ. (2007). Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlama Amacıyla Kullanımının Araştırılması, Gazi Üniversitesi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 22 (2), 393-399.
- Kılıçkap. S, Erdiş E. (2013). Düşük frekanslı elektromanyetik alan, cep telefonları, baz istasyonları ve kanser riski. *Cumhuriyet Med J.* 35, 311.
- Knoll, G. F. (2002). *Radiation Detection and Measurement*. New York. University of Michigan, John Wiley & Sons, Inc.
- Köklükaya, N. A. (2013). *Öğrencilerin Elektromanyetik Kirliliğe Sebep Olan Bazı Teknolojik Cihazların Bilinçli Kullanımına İlişkin Farkındalık Düzeylerinin İncelenmesi ve Geliştirilmesi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi EBE, Ankara.
- Kumaş, A. (1996). *Radyoloji*. Ankara: Tamer Matbaacılık.
- Kurppa. K, Holmberg PC, Rantala K, Nurminen T, Saxen L. (1985). Birth defects and exposure to video display terminals during pregnancy. *Scand J Work Environ Health*. 11, 353.
- Kükrer S. Ve Diğerleri. (2014). Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan, Turkey. *Environ Monit Assess*. 186, 3847-3857.
- Kükrer S. Ve Diğerleri. (2015). Distribution and environmental risk evaluation of heavy metal in core sediments from Lake Çıldır (NE Turkey). *Environ Monit Assess*. 187, 453.
- Kükrer, S. (2017). Pollution, source, and ecological risk assessment of trace elements in surface sediments of Lake Aktaş, NE Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 23, (7) 1629-1644.

- Kiracı, A. (2014). *Azap Gölü'nün sedimentlerindeki ve sularındaki ağır metal miktarlarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Lochner, J. *Regions of the Electromagnetic Spectrum* [online], http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/known_11/spectrum_chart.html
- Mandai, K. Miyauchi, K. Sugimoto, M. (1990). An Advanced Infrared Remote Control Sensor". *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. 36 (3), 669- 677.
- Manohara, S. R. Hanagodimath, S. M. Thind, K. S. Gerward, L, (2008). On the effective atomic number and electron density: a comprehensive set of formulas for all ftypes of materials and energies above 1 keV. *Nucl. Instr. Meth. B*. 266, 3906.
- Maxwell, J. C. (1865). A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field. *Phil. Trans.*, 166, 459-512.
- Mısıır, M. Ş. (2001). *Radyoaktif Elementlerin Endüstriyel Alanda Kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Antakya.
- Morabad, R. B. Kerur, B. R. (2010). Mass attenuation coefficients of X-rays in different medicinal plants. *Applied Radiation and Isotopes*. 68 (2), 271-274.
- More. C. V, Alavian. H. Pawar. P. P. (2020). Evaluation of Gamma-Ray Attenuation characteristics of Some Thermaplastic Polymers: Experimental, WinXCom and MCNPX studies. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 546, 120-277.
- Moss, C. E. Favalli, A. Goda, J. M. Ianakiev, K. D. Lombardi, M. McCluskey, C. W. Paffett, M. T. Swinhoe, M. T. (2013). New technology for transmission measurements in process pipes. *Applied Radiation and Isotopes*. 72, 89-95.
- Murty, M. V. R. Cooper, B. H. (1999). Instability in Molecular Beam Epitaxy due to Fast Edge Diffusion and Corner Diffusion Barriers. *Phys. Rev. Lett.*, 83, 352.
- Nayak, N. G. Vijaya, M. G. Siddappa, K. (2001). Effective atomic numbers of some polymers and other materials for photoelectric process at 59.54 ke. V. *Radiat Phys Chem.*, 61 (3), 559-561.
- Interphone Study Group (2010). Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiology*. 39 (3), 675.
- Osmanlıoğlu, A. E. (2014). *Radyoaktif Atık Yönetimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Oyar, O. (1998). *Radyolojide Temel Fizik Kavramlar*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi.
- Oftedal, G, Wilen, J, Sandström M, Mild KH. (2000). Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med*. 50, 237.
- Önder, P. (2013). *Dış Manyetik Alanın P-Tipi ve N-Tipi Silisyum Numunelerin Radyasyon Geçirgenliklerine Etkisi ve Dış Elektrik Alanın Atom Numarası $21 \leq Z \leq 71$ Olan Nadir Toprak Elementlerinin Oksitli Bileşiklerinin Compton ve Koherent Saçılmasına, Radyasyon Geçirgenliğine, Elektron Yoğunluğuna ve Kütle Soğurma Katsayısına Etkisinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi. Erzurum.
- Özalpan, A. (2001). *Temel Radyobioloji*. 1. Basım. İstanbul: Haliç Üniversitesi Yayınları.
- Özdaşlı, E. (2016). Kafkasya'nın Çernobil'i Metsamor Nükleer Santrali. *Karadeniz Araştırmaları*. 13 (50), 45-64.
- Patrick, D. G. Willie, E. M. Phillip, S. Mary, S. Kevin, K. Michael, D. H. Wixon, H. N. (1901). *Note on the X-Ray Attenuation Databases: Comparison of FFAST & XCOM*. U.S. <http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayNoteB.html>.
- Parsons P. J. Barbosa F. J. (2007). Atomic spectrometry and trends in clinical laboratory medicine. *Spectrochimica Acta*. 62 (9), 992-1003.
- Sadeq. M. S. Bashter. I. I. Samel. S. M. Mansour. S. F. Saudi. H. A. Sayyed. M. I. Mostafa. A. G. (2022). Enhancing the Gamma-Ray Attenuation Parameters of Mixed Bismuts/Barium Borasilicate Glasses: Using an Experimental Method, Geant4 code and XCom Software, *Progress in Nuclear Energy*. 145, 104-124.
- Seenappa. L. Manjunatha. H. C. Sridhar. K. N. Nagaraja. N. Vijaykumar. H. D. (2022). A Study of Dosimetric Parameters of New Born Tissue and Adult Tissue of Some Organs, *Materials Today: Proceedings*. 49, 878-881.
- Seçilmiş, I. (2000). *Radyasyon Hakkında Bilmek İstediklerimiz*. Ankara: Türkiye Sağlık İşçileri Sendikası.
- Seçer, S. Bozkurt, Y. (2001). The Effect of Heavy Metals Toxicity of mercury to fish, (in Turkish). *Ekin Dergisi*. 18, 83-87.
- Sengupta D. L. and Sarka T. K. (2003). Maxwell, Hertz, the Maxwellians, and the Early History of Electromagnetic Waves. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*. 45 (2), 13-19.

- Seven, T. Can, B. Darende, N.B. Ocak, S. (2018). Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*. 1 (2), 91-103.
- Singh, T. Kaur, P. Singh, P. S. (2007). A study of photon interaction parameters in some commonly used solvents. *J. Radiol. Protection*. 27, 79–85.
- Shapiro, B. L. Johnston, M. D. (1972). Lanthanide-induced shifts in proton nuclear magnetic resonance spectra. III. Lanthanide shift reagent substrate equilibria. *J. Am. Chem. Soc.*, 94 (23), 8185-8191.
- Sriwange. K, Laopoonphol. N, Ariyaledchai. S, Glumglomchit. P, Pungpang. N, Ravagvong. S, Khobkham. C. (2020). Comparative Study of Mass Attenuation, Effective Atomic Numbers, and Effective Electron Densities of Eu-Doped CsCaBrI₂, CsSrBrI, and CsSrClBr₂ Scintillations. *Suranaree Journal of Science and Technology*. 27 (4), 1-7.
- Şahin, Y. (1999). *Çekirdek Fiziğinin Esasları*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- TAEK. (2020). *Radyasyon Çeşitleri*. <https://www.taek.gov.tr/ogrenci/r02.htm>.
- Tech. L. Pires. L. F. Brinatti. A. M. Sabb, S. C. Correchel. V. Momoli. R. S. (2022). Elemental and Radiation Attenuation Parameter Analyses to Characterise a Cambisol from the Serra Dourade State Park, Brazil. *Environmotal Earth Sciences*. 81 (63). <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10198-y>.
- Taylor, J. R. Zafaritos, C. (1996). *Fizik ve Mühendislikte Modern Fizik*. Çev: Karaoğlu B. İstanbul: Arte Bilgitek.
- Unsear, (2000). Annex B: Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume 1 Sources, *Exposures From Natural Radiation Sources*.
- Yeow, Y. G. (2007). *Electrons Rule*. Effective Atomic Number. Malaysia.
- Yülek, G. G. (1992). *Radyasyon Fiziği ve Radyasyondan Korunma*. Ankara: SEK Yayınları.
- Gerward, L. (1993). X-ray Attenuation Coefficients: Current State of Knowledge and Availability. *Radiat. Phys. Chem.* 41, 783-789.
- Yıldırım. M. (2012). Elektromanyetik dalgalar. *Bilim ve Teknik*. 777, 33.
- Wackeroth, D. (2005). *ElectromagneticWaves* [online], Buffalo University, PHY102A, http://ubpheno.physics.buffalo.edu/~dow/lectures/phy102/ch24_print.pdf.
- Wahlgren, G. M. Dolk, L. (1993). Hot-Am stars as intermediary objects to the HgMn and Am stars, *Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso*. 23, 7-11.

EKLER**EK 1. ORJİNALLİK RAPORU FORMU**

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE SAĞLIĞI ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 14/06/2023

Tez Başlığı: Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunluklarının WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 135 sayfalık kısmına ilişkin, 24/05/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %13 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- ☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- 2- ☒ Kaynakça hariç
- 3- ☒ Alıntılar dâhil
- 4- ☒ 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nde belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

14/06/2023

Adı Soyadı:	Rumeysa Günay AĞAOĞLU
Öğrenci No:	21408400007
Ana Bilim Dalı:	Çevre Sağlığı LEE
Programı:	Çevre Sağlığı
Statüsü:	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

UYGUNDUR.

Doç. Dr. Burcu AKÇA

Detaylı Bilgi: <https://www.ardahan.edu.tr/birim.aspx?id=1002003>

Telefon: 0-4782117522

Faks: 0-4782117523

E-posta: sbe@ardahan.edu.tr

EK 2. ETİK KURUL MUAFİYET FORMU

**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU**

**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE SAĞLIĞI ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA**

Tarih: 14/06/2023

Tez Başlığı: Aktaş, Çıldır Gölü ve Kura Nehri Suyunun Kütle Soğurma Katsayıları, Toplam Foton Etkileşim Tesir Kesitleri, Etkin Atom Numaraları ve Elektron Yoğunluklarının WinXCom Yardımıyla Belirlenmesi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

14/06/2023

Adı Soyadı:	Rumeysa Günay AĞAOĞLU
Öğrenci No:	21408400007
Ana Bilim Dalı:	Çevre Sağlığı LEE
Programı:	Çevre Sağlığı
Statüsü:	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

UYGUNDUR.

Doç. Dr. Burcu AKÇA

Detaylı Bilgi: <https://www.ardahan.edu.tr/birim.aspx?id=1002003>

Telefon: 0-4782117522

Faks: 0-4782117523

E-posta: sbe@ardahan.edu.tr

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Rumeysa Günay AĞAOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Fizik

Yüksek Lisans Öğrenimi : Atom ve Molekül Fiziği / Çevre Sağlığı

Bildiği Yabancı Diller : Rusça

Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar :

Projeler :

Çalıştığı Kurumlar : Ortaokul ve Lise

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih

Jüri Tarihi : 14/06/2023