

**RADYOLOJİ BİRİMLERİNİN ORTAM RADYASYON DOZ DAĞILIMLARININ  
BELİRLENMESİ**

**Arzu COŞKUN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK ANA BİLİM DALI**

**AMASYA  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran 2015**

**AMASYA**

**RADYOLOJİ BİRİMLERİNİN ORTAM RADYASYON DOZ DAĞILIMLARININ  
BELİRLENMESİ**

**Arzu COŞKUN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK ANABİLİM DALI**

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran, 2015**

**AMASYA**

**Arzu COŞKUN tarafından hazırlanan Radyoloji Bölümlerinin Radyasyon Doz Dağılımlarının İncelenmesi adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.**

**Doç. Dr. Betül MAVİ**  
**Tez Danışmanı, Fizik Anabilim Dalı, A.Ü.**

**Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.**

**Üye başkan** : **Prof. Dr. Feda ÖNER**  
**Fizik Anabilim Dalı, A.Ü.**

**Üye** : **Doç. Dr. İbrahim YİĞİTOĞLU**  
**Fizik Anabilim Dalı, G.O.P.Ü.**

**.. /.. / 2015**

**Bu tez ile A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.**

**Doç. Dr. Arzu CANSARAN** .....

**Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü**

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

**Arzu COŞKUN**

**RADYOLOJİ BİRİMLERİNİN ORTAM RADYASYON DOZ  
DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ**

**[Yüksek Lisans Tezi]**

**Arzu COŞKUN**

**AMASYA  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Haziran 2015**

**ÖZET**

Radyasyon, doğada daima var olan ve her zaman birlikte yaşadığımız bir enerji çeşididir. Toprak, su ve havada var olan doğal radyoaktif elementler ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) doğal radyasyon kaynaklarını oluştururken, günlük hayatta geniş bir kullanım alanına sahip olan elektromanyetik radyasyon kaynakları, tıpta ve endüstride kullanılan x ve gama ışınları önemli yapay radyasyon kaynaklarıdır.

Tıpta teşhis ve tedavi amacıyla kullanılan yapay radyasyon kaynakları, yapılan uygulamalar sonrasında hem hasta hem de radyoloji çalışanlarının radyasyona maruz kalmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışmada uygulama sırasında ortama yayılan radyasyonu tespit edebilmek amacıyla, Amasya Sabuncuoğlu Şerefeddin Uygulama ve Araştırma Hastanesinin Röntgen, Bilgisayarlı Tomografi, Manyetik Rezonans ve Nükleer Tıp birimlerindeki ortam radyasyon doz miktarları FLUKE (Victoreen ASM 990 Series Advanced Survey Meter) portatif dedektörü ile ölçülmüştür. Yapılan ortam ölçüm sonuçları ICRU' nun önerilerine göre belirlenmiş kişisel doz sınırları ile karşılaştırıldığında yıllık doz limitlerinin ( $<50\text{ mSv}$ ) çok altında olduğu görülmüştür.

**Bilim Kodu** :

**Anahtar Kelimeler** : İyonlaştırıcı radyasyon, Radyoloji,  
Radyasyon dozu,

**Sayfa Adedi** :

**Tez Yöneticisi** :

**DETERMINATION OF THE RADIOLOGY DEPARTMENT OF  
RADIATION DOSE DISTRIBUTIONS**

[ M.Sc. Thesis]

**Arzu COŞKUN**

**AMASYA  
UNİVERSİTY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**Haziran 2015**

**ABSTRACT**

Radiation is an energy type which always exists in the natural and we always live together with. While the natural radioactive elements ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ) existing in soil, water, and air comprise of the natural radiation sources, electromagnetic radiation sources, which are commonly used in daily life, x and gama rays, which are used in medicine and industry, are important artificial radiation sources.

Artificial radiation sources, which are used in medicine for the purpose of diagnosis and therapy, because both patients and radiology staff to be exposed to radiation after the applications.

In this study, the environment radiation dose quantity in the Rontgen, Computed Tomography, Magnetic Resonance, and Nuclear Medicine departments of Amasya Sabuncuoğlu Şerefeddin Application and Research Hospital was measured through FLUKE (Victoreen ASM 900 Series Advanced Survey Meter) portable detector to determine the radiation release into the environment during the application. When the results of the conducted environment measurement were compared with the individual dose limitations identified based on the recommendations of ICRU, it was observed that they are far less than annual dose limitations (<50 mSv).

**Science Code** :

**Keywords** : **Ionising radiation, Radiology, Radiation Dosage**

**Page Number** :

**Adviser** :



## TEŞEKKÜR

Tez alıŐmalarım sűresince benden ilgi, destek ve katkılarını esirgemeyen deęerli DanıŐman Hocam Sayın Do. Dr. Betűl MAVİ' ye teŐekkűrlerimi sunarım.

alıŐmalarım sűresince her Őekilde sabırla beni destekleyen sevgili eŐim Seyfullah COŐKUN'a, sevgili oęlum Mehmet Taha COŐKUN'a teŐekkűrlerimi sunarım.

Ayrıca Amasya Őerafettin Sabuncuoęlu Uygulama ve AraŐtırma Hastanesi Rűntgen, Bilgisayarlı Tomografi, Manyetik Rezonans ve Nűkleer Tıp bűlűmlerinde alıŐan saęlık personellerine yardımlarından dolayı teŐekkűrlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. RADYASYON .....	3
2.1.İyonize Radyasyon .....	3
2.1.1. Alfa parçacıkları .....	4
2.1.2. Beta ışınması .....	4
2.2.Elektromanyetik Radyasyonlar .....	7
2.2.1.X-ışınları.....	8
2.2.2.Gama ışınması.....	10
2.2.3.Morötesi ışınlar(Ultraviole) .....	11
2.2.4.Mikrodalgalar.....	12
2.2.5.Lazer ışın ve görünür ışınlar.....	12
2.2.6.Kızılötesi radyasyon .....	13
2.3.Radyasyon Birimleri.....	13
2.4.Doğal Radyasyon Kaynakları.....	14
2.5.Radyasyonun Biyolojik Hasarlarına Etki Eden Faktörler .....	17
2.5.1.Radyasyonun somatik etkileri (NonSitokastik-Deterministik Etkiler).....	18
2.5.2.Radyasyonun genetik (kalıtsal) etkileri.....	19
2.6.Radyasyonun Karakteristikleri .....	19
2.7.Hedefin Karakteristiği.....	20
2.8.Radyasyonun Hücre ile Etkileşmesi.....	21
2.9.Radyasyonun Hücre Üzerindeki Etkileri.....	22
2.9.1.Hücre zarı üzerine etkisi.....	22

2.9.2.Stoplazma üzerine etkisi .....	22
2.9.3.Hücre çekirdeğine etkisi .....	23
2.9.4.Radyasyonun İndirekt etkileri .....	23
2.9.5.Radyasyonun direkt etkileri .....	23
2.10.Radyasyondan Korunma .....	27
2.10.1.Zaman .....	28
2.10.2.Mesafe .....	28
2.10.3.Zırhlama.....	29
2.11.Tıpta Radyasyon.....	31
2.11.1.Konvansiyonel röntgen.....	31
2.11.2.Dijital röntgen .....	32
2.11.3.Floroskopi.....	32
2.11.4.Bilgisayarlı tomografi .....	33
2.11.5.Radyoterapi .....	33
2.11.6.Proton tedavisi.....	34
2.11.7.Kemik dansitometre.....	34
2.11.8.SPECT (Bilgisayarlı Tek Foton Tomografi Sintigrafisi) .....	35
2.11.9.PET (Pozitron Emisyon Sintigrafisi).....	35
2.11.10.Manyetik rezonans .....	36
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	37
4. RADYASYON ÖLÇÜM CİHAZLARI .....	41
4.1.İyonizasyon Odaları .....	41
4.2.Orantılı Sayaçlar .....	41
4.3.Geiger - Müller Sayacı .....	42
5. MATERYAL VE METOD .....	43
6. DENEYSEL BULGULAR.....	44

7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
8. KAYNAKLAR .....	59

**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1.Doku ağırlık faktörleri(European Nuclear Society,Tissue weighting Factor) .....	14
Çizelge 2.2. Radyasyon dozu birimleri .....	14
Çizelge 2.3. Radyasyonun dokulara göre duyarlılık sırası.....	20
Çizelge 2.4.Vücudumuzun(Organ Vücut Bölümleri) radyasyona hassasiyeti .....	24
Çizelge 2.5.Radyasyonun insan vücudu üzerine genel etkileri.....	25
Çizelge 2.6.Doz değerlerine göre somatik etkiler ve belirtileri .....	26
Çizelge 2.7.Doz sınır değerleri .....	27

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Radyasyon çeşitleri .....	3
Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum .....	8
Şekil 2.3. X-ışını oluşumu.....	9
Şekil 2.4. Değişik radyoaktif parçacıkların etki aralığı.....	11
Şekil 2.5. Doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozları oranı	16
Şekil 2.6. Radyasyonun biyolojik etkileri .....	17
Şekil 2.7. DNA zincirinin kırılması .....	24
Şekil 2.8. Radyasyon – zaman ilişkisi.....	28
Şekil 2.9. Radyasyon dozu – mesafe ilişkisi .....	29
Şekil 2.10. Radyasyon dozu – engel ilişkisi.....	29
Şekil 2.11. Radyasyona maruziyette organ fonksiyonu bozukluğu .....	30
Şekil 2.12. Radyasyona maruziyet sonrası cilt yanıkları .....	31
Şekil 2.13. Konvansiyonel röntgen cihazı.....	31
Şekil 2.14. Dijital röntgen cihazı.....	32
Şekil 2.15. Floroskopi .....	32
Şekil 2.16. Bilgisayarlı tomografi cihazı.....	33
Şekil 2.17. Radyoterapi cihazı .....	33
Şekil 2.18. Proton tedavisi .....	34
Şekil 2.19. Kemik dansitometri cihazı .....	34
Şekil 2.20. SPECT cihazı .....	35
Şekil 2.21. PET cihazı.....	35
Şekil 2.22. Manyetik rezonans cihazı .....	36
Şekil 5.1. ASM – 990 Victoreen .....	43
Şekil 6.1. Teknisyen dinlenme bölümü doz dağılımı.....	44
Şekil 6.2. Röntgen bölümü ortam doz dağılımı .....	45
Şekil 6.3. Röntgen film tab odası ortam doz dağılımı.....	45
Şekil 6.4. Röntgen ünitesi koridor giriş bölümü ortam doz dağılımı.....	46
Şekil 6.5. Röntgen ünitesi koridor orta bölümü ortam doz dağılımı.....	46
Şekil 6.6. Röntgen ünitesi koridor çıkış bölümü ortam doz dağılımı .....	47

Şekil 6.7. Manyetik rezonans ortam doz dağılımı.....	47
Şekil 6.8. Tomografi bölümü çekim alanı ortam doz dağılımı .....	48
Şekil 6.9. Tomografi hasta çekim alanı ortam doz dağılımı .....	49
Şekil 6.10. Tomografi teknisyen dinlenme odası ortam doz dağılımı .....	49
Şekil 6.11. Tomografi bölümü giriş koridoru ortam doz dağılımı .....	50
Şekil 6.12. Tomografi bölümü orta koridor ortam doz dağılımı.....	50
Şekil 6.13. Tomografi bölümü çıkış koridor ortam doz dağılımı .....	51
Şekil 6.14. Nükleer tıp enjeksiyon sonrası uzaklık – mesafe ilişkisi .....	51
Şekil 6.15. Nükleer tıp eşdeğer doz – zaman ilişkisi .....	52
Şekil 6.16. Nükleer tıp teknisyen çekim planlama bölümü .....	53
Şekil 6.17. Nükleer tıp hasta görüntüleme bölümü.....	53
Şekil 6.18. Nükleer tıp koridor orta bölümü .....	54
Şekil 6.19. Nükleer tıp iç koridor bölümü .....	54
Şekil 7.1. Konvansiyonel röntgen doz – zaman ilişkisi .....	56

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Bq</b>	Becquerel, radyoaktivite birimi
<b>Ci</b>	Curie, radyoaktivite birimi
<b>E</b>	Enerji [KeV, MeV]
<b>Gy</b>	Gray, absorblanmış doz birimi
<b>R</b>	Röntgen, radyasyon şiddet birimi
<b>Sv</b>	Sievert, eşdeğer doz birimi
<b><math>\alpha</math></b>	Alfa Parçacığı
<b><math>\beta</math></b>	Beta parçacığı
<b>A</b>	Kütle Numarası
<b>Z</b>	Çekirdek Yükü
<b>N</b>	Nötron Sayısı
<b>P</b>	Proton Sayısı
<b><math>\nu</math></b>	Frekans
<b>Ra</b>	Radyum



<b>Rn</b>	Radon
<b>He</b>	Helyum Çekirdeği
<b>h</b>	Planck Sabiti
<b>Ba</b>	Baryum
$\gamma$	Gama Işıması

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>UNSCEAR</b>	Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi (United Nations Scientific Committee On The Effects Of Atomic Radiation)
<b>TAEK</b>	Türkiye Atom Enerji Kurumu
<b>DNA</b>	Deoksiribonükleik Asit

## 1. GİRİŞ

Radyasyon hayatın bir gerçeğidir. Radyasyonun doğal şekilde var olduğu bir dünyada yaşamaktayız. Radyoaktif maddeler çevremizde doğal olarak bulunur ve vücudumuz C-14, K-40, Po-210 gibi doğal radyoaktif maddeler içerir, yeryüzündeki tüm yaşam radyasyonun varlığında gelişmiştir [TAEK, 2009].

Doğal radyasyon kaynaklarına ek olarak insanlar kendi yaptıkları radyasyon kaynaklarıyla da ışınlara maruz kalırlar. Tıbbi amaçla kullanılan x-ışınları ve diğer radyasyon çeşitleri, nükleer patlama denemelerinden gelen nükleer serpinti ve nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler yapay radyasyonlara örnek teşkil eder.

1890' ların sonlarında x-ışınlarının kullanılmaya başlamasıyla, bunu takip eden 10 yıl içinde bunların kullanımı ve kontrolüne bağlı olarak hem faydalı hem de zararlı olabileceği anlaşılmış ve korunma ölçümleri zorunlu hale gelmiştir. Daha sonraki yıllarda da bu ölçümlerin diğer radyasyon çeşitleri içinde uygulanması gerçeği ortaya çıkmıştır [Güngör 1991].

X-ışınları ve radyoaktivitenin keşfedilmesinden bu yana radyasyon ve radyoaktif maddelerin yapay olarak elde edilmesinin yolları bulunmuştur.

X-ışınlarını, Alman bilim adamı Röntgen tarafından 1895'te keşfedilmiş ve bu ışınlara bilinmeyen manasında "X" olarak adlandırılmıştır. X-ışınları keşfinin altıncı ayında ilk kez tıpta teşhis için kullanılmıştır.

Doğal radyoaktif elementlerin varlığının tespit edilmesiyle, bu radyoaktif elementler birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

Radyasyon kullanımındaki hızlı ilerleme sonucunda, 1900'lü yılların başlarından itibaren, doktor ve cerrahlar farkında olmadan yüksek dozda x-ışınlarına maruz kalmış ve ciddi tehlikelerle karşılaşmıştır.

1899 yılında yüksek radyasyon dozuna maruz kalan bir radyoloğun sağ elinde görülen yaralarda kanser hücrelerine rastlanması sonucunda 1932 yılında sağ el kesilmiş fakat 1933 yılında ise kanserden ölmüştür [Togay, 2002].

Bu olay sonucunda 1903 yılından itibaren radyasyona karşı önlem alınmış, fakat bu önlemler yeterli olamamıştır.

1920'li yıllarda, New Jersey yakınlarındaki bir saat fabrikasında, radyumlu boya ile saat minelerini boyayan işçilerdeki ani ölümler sonucu yapılan incelemelerde işçilerde kemik kanserlerine rastlanmış, radyumun kemiklere yerleşerek doku bütünlüğünü bozduğu tespit edilmiştir. Birçok işçinin ölümü ile ortaya çıkan radyoaktivite gerçeği ile de 1933 yılından itibaren radyasyondan korunmada önlemler alınmaya başlanmıştır.

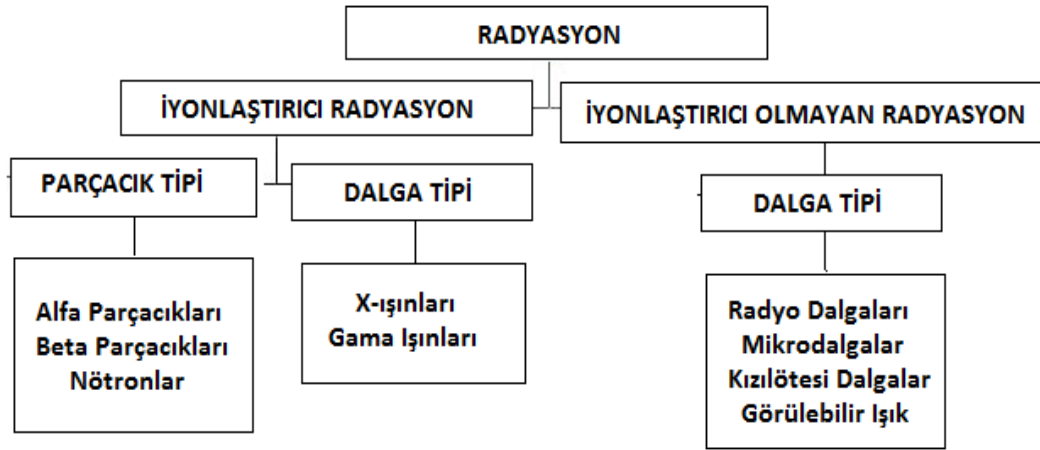
1945 yılında Hiroşima ve Nagazaki' ye atılan atom bombaları nedeniyle, bu zamana kadar yalnızca radyasyonla çalışanların maruz kaldığı radyasyonun zararlı etkilerine, birçok insanın üstelik oldukça yüksek dozlarda maruz kaldığında ne gibi olayların cereyan edeceği görülmüştür.

Gün geçtikçe artan nükleer radyasyon kazaları, insanoğluna, radyasyonun kontrollü ve bilinçli kullanılması gerektiğini bir kez daha hatırlatmıştır.

## 2. RADYASYON

Radyasyon, çekirdeğinde bulunan nötron/proton dengesizliği yüzünden kararsız olan radyoaktif elementlerin, kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları fazla enerji olarak tanımlanabilir.

Radyoaktivitenin keşfinden sonra radyasyonların özellikleri araştırılmaya başlanmıştır. Bu araştırmalar; radyasyonun çeşitli maddelerdeki giriciliği, gazları iyonlaştırma özelliği, elektrik ve manyetik alan altındaki davranışları gibi parametreler göz önünde tutularak yapılmıştır [Arya, 1999].



Şekil 2.1. Radyasyon Çeşitleri

### 2.1. İyonize Radyasyon

Radyasyonun bazı türleri insan vücuduna girerek hücreleri oluşturan madde içerisinde etkinliği oldukça yüksek, elektrikle yüklü atomlar, moleküller ve serbest elektronlar oluşturabilirler. Bu "iyonlayıcı" radyasyon, çok küçük miktarlarda alındığı zaman "düşük seviyeli radyasyon" olarak isimlendirilir. Düşük seviyeli radyasyonun örnekleri çoktur [Şeker 2000].

Alfa, beta, gama ve x-Işınları iyonize edici radyasyonlar olarak tanımlanır. Bunlardan alfa ve beta parçacıkları, giricilik yetenekleri diğerlerine göre çok az olan ve ancak iç ışınlanmada oldukça etkili olan parçacıklardır. X-ışınları, gama ışınları ve nötronlar, dokuya giricilik yetenekleri en fazla olan radyasyon kaynaklarıdır.

### 2.1.1. Alfa parçacıkları

Çekirdeğin kararsızlığı hem nötron hem de proton fazlalığından meydana geliyorsa, çekirdek, hem atom hem de kütle numaralarını değiştirecek bir parçalanma yaparak iki proton ve iki nötrondan oluşan bir  $\alpha$ -parçacığı yayınlar. Böylece daha küçük ve kararlı bir çekirdeğe bozunur. Atomun kütlesi dört birim, yükü ise iki birim azalır. Eşitlik 2.1' de görülmektedir.



Diğer taraftan alfa yayımı için gerekli enerji hesaplandığında bozunumun ancak ağır çekirdeklerde mümkün olabileceği gözlenir. Bu nedenle doğal alfa bozunumu genel olarak  $A > 150$  olan çekirdeklerde mümkündür (Ra-226, Rn-222 v.b). Alfa parçacıkları çekirdekten çok kesin enerjilerle yayımlanır, bu nedenle alfa spektrumları “kesiklidir”. Enerji korunumu ifadesinden,

$$Q = \Delta mc^2 = [m(X) - m(X') - m({}^4_2 He)].c^2 \quad (2.2)$$

Bozunmanın kendiliğinden gerçekleşebilmesi için ağır çekirdeklerde  $Q > 0$  olmalıdır.

Radyoaktif radyumun alfa parçacığı yayınlaması Eş.2.3' de verilmiştir.



Bozunum nedeniyle ortaya çıkan enerjinin büyük kısmını, momentumun korunumu gereğince küçük kütleye sahip olan alfa parçacığı alır. Alfa parçacıkları, madde içerisinde enerjilerinin hemen hemen tamamını ortam atomlarını iyonlaştırarak veya uyararak kaybeder. Havada bir iyonizasyona karşılık 34 eV enerji kaybeder. Alfa parçacığı 4-8 MeV 'lik enerjisi 4 cm'lik havada kaybeder. Canlı dokuda ise 0,003 mm ilerleyebilir ve bu nedenle deriyi geçemez [Krane,1998]. Kütlesinin büyüklüğü yüzünden giricilik gücü azdır. Bu nedenle alfa parçacığını durdurmak oldukça kolaydır. Tek bir kâğıt parçası bile yeterli korunma sağlar.

### 2.1.2. Beta ışıması

Betaların menzili yol aldığı materyalin özelliğine ve parçacığın enerjisine bağlıdır.

Beta parçacıkları çekirdeğe yaklaştıkça frenleme yapar ve x-ışını yayarak enerjilerini kaybederler. Elektriksel etkileşimden dolayı çekirdek tarafından itilen beta parçacıkları orijinal yollarından saparak ya da tamamen durdurularak değişik enerji seviyelerinde x-ışını yayarlar. Yüksek atom numaralı maddelerle zırlama yapıldığında frenleme radyasyonu oluşur. Bu nedenle beta radyasyonunu zırlamakta düşük atom numaralı materyaller (alüminyum, plastik) kullanılır. Betaların enerjileri genellikle 4 MeV'in altındadır ancak, durgun kütleleri çok küçük olduğundan hızları çok yüksektir. Beta bozunum tipleri üç çeşittir;

#### $\beta$ - bozunumu

Çekirdeğin kararsızlığı nötron fazlalığından ileri geliyor ise, çekirdek içinde bir nötronun bozunuma uğrayarak bir protona bir elektrona ve ayrıca kütesiz olan antinötrinoya dönüşür [Krane,1998].



Eş. 2.4'de n, nötronu; p, protonu;  $\bar{\nu}$ , antinötrinoyu ifade eder. Antinötrino kütlesi ve yükü olmayan bir parçacıktır.

### $\beta^+$ bozunumu

Çekirdeğin kararsızlığı çekirdekteki proton fazlalığından veya nötron azlığından kaynaklanıyorsa, çekirdek fazla protonlarından birini nötron ve pozitrona (pozitif yüklü elektron) dönüştürür [Krane,1998].



Eş. 2.6 'de bu dönüşüm sonrasında oluşan pozitron çekirdekten dışarı fırlatılırken nötron çekirdekte kalır. Bu sebeple çekirdeğin proton sayısı bir azalırken kütle numarası değişmez.

### Elektron yakalama olayı

Elektron yakalama dönüşümünde yörünge elektronu çekirdek tarafından yakalanarak bir protonla birleştiğinde çekirdek yüzü bir azalırken nötron sayısı bir artar.







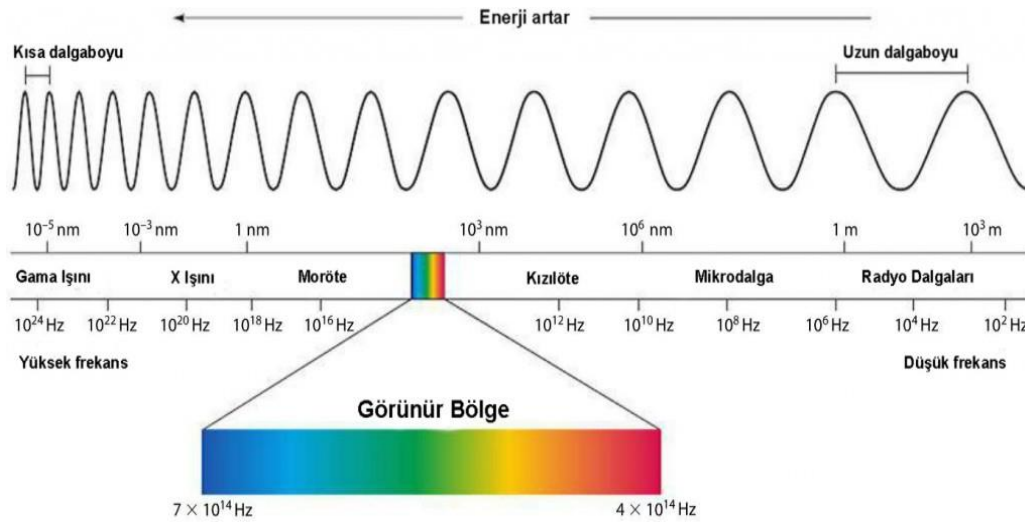
Eş. 2.8 'de beta bozunumları, çekirdek yükü Z değişirken kütle numarası A aynı kaldığı için “izobarik dönüşümler” dir .

### Nötron Radyasyonu

Nükleer fisyon ve füzyon sırasında, nötronlar kararsız atom çekirdeklerinden yayınlanır. Nötronlar kozmik ışınlarda olabildiği gibi yapay olarak da elde edilir. Yüksüz parçacık olmalarından dolayı gircilik oranları oldukça yüksek olup gama radyasyonlarının yayınlanmasına neden olurlar. Bu nedenle nötron radyasyonun etkilerinin azaltılması için ciddi zırhlama gerekir.

## **2.2. Elektromanyetik Radyasyonlar**

Elektromanyetik dalgalarda enerji frekans ile doğru, dalga boyu ile ters orantılıdır ve enerji seviyelerine göre spektruma sahiptir. Maxwell tarafından tanımlanan ve spektrum olarak adlandırılan bu dizilim yüksek enerjiden düşük enerjiye doğru, gama ışınları, x-ışınları, morötesi, görünür ışık, kızılötesi, mikrodalga ve radyo dalgaları şeklindedir.



Şekil 2.2. Elektromanyetik Spektrum

Spektrumda  $\gamma$ -ışınları, atom çekirdeğinden kaynaklanır. X-ışını ile kızılötesi arasında kalan ışınlar atomun yörüngeler arasında elektron geçişlerinden kaynaklanır. Spektrumda enerjisi yüksek olan ( $\gamma$ -ışınları ve x-ışınları), iyonlaştırıcı radyasyonlara örnektir. Spektrumda geriye kalan ışınların enerjisi düşük olduğu için iyonlaştırıcı olmayan radyasyona örnektir [Bakar, 2012].

### 2.2.1. X-ışınları

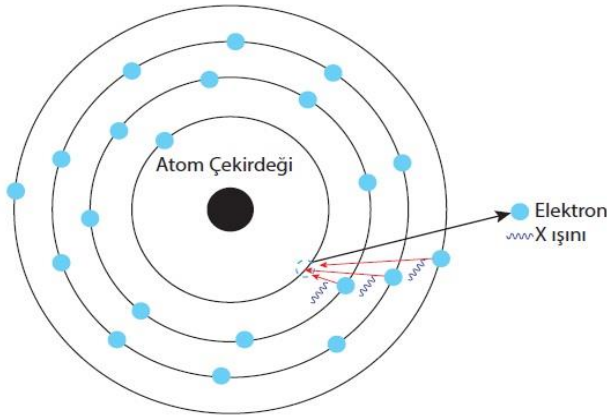
X-ışınları elektromanyetik dalga spektrumunda birkaç keV ile birkaç yüz keV arasındaki geniş bir enerji aralığını kapsayan ışınlardır. Modern sağlık teknolojilerinin gelişimi yeni uygulamaları güvenli hale getirirken bunların kullanımları hasta ve personelde gereksiz ve istenmeyen radyasyon dozlarına ve potansiyel sağlık risklerine yol açabilir [Türk Radyoloji Teknisyenleri ve Teknikerleri Derneği, 2009].

Röntgen ışınları olarak da bilinen x-ışınları, 0,01nm-10nm aralığında dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalarıdır.

Geçtiği ortamda iyonizasyona neden olur. Röntgen incelemelerinin yapıldığı odada havadaki gaz atomları x-ışınının iyonlaştırıcı etkisi ile iyonlara dönüşür. Oksijen iyonize olarak ozon gazına dönüşür ve tahriş edici özelliğinden dolayı mutlaka ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Bu yüzden röntgenolojik incelemelerin yapıldığı ortamlar sürekli havalandırılmak zorundadır [Bakar, 2012].

X-ışınları fotoğrafik etkiye sahip olup görülebilen ışık gibi gümüş tuzlarının kararmasına yol açar. Bu etki tanısal radyolojinin temel kavramlarından birini teşkil eden röntgen filmlerinde latent imaj meydana gelmekte ve latent imaj, içinde değişik kimyasal maddelerin bulunduğu banyolarda, görülebilen imajlara dönüştürülmektedir[Gökçe, 2009]. Bu özelliği nedeni ile x-ışınları tıpta tanı amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Şekil 2.3' de uyarılarak bir üst yörüngeye sıçrayan elektronun kendi yörüngesine dönerken yayınlamış olduğu x- ışını görülmektedir.



Şekil 2. 3. X- Işını Oluşumu

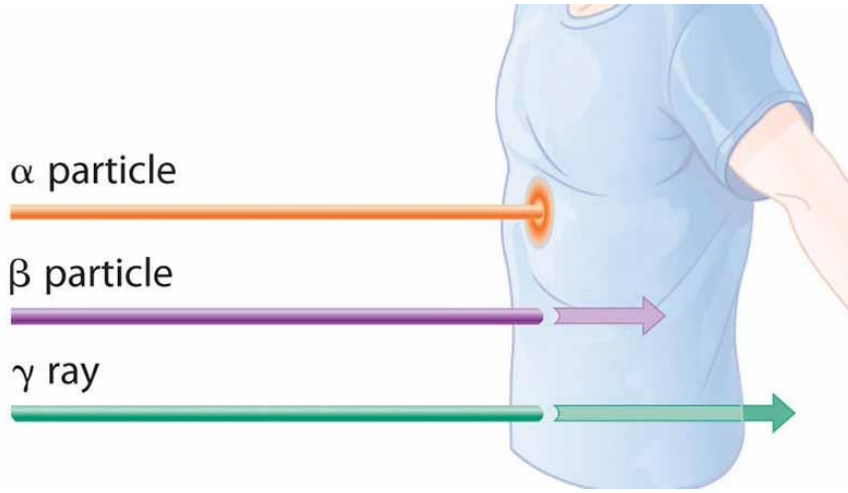
### 2.2.2. Gama ışıması

Çekirdek, yaptığı herhangi bir bozunma sonrası hala kararlı yapıya ulaşmamış ise, sahip olduğu fazla enerjiyi yayınlarak kararlı hale geçmeye çalışır. Bu olay sonrasında atom ve kütle numarası değişmez.

Gama ışınları elektromanyetik dalgalar halinde atomun çekirdeğinden yayılırlar. Yüksek enerjili ve yüksüzdürler bu sebeple elektrik ve manyetik alanda sapma göstermezler. Bu nedenle tüm vücudu ışınlatabilirler. Bazen uyarılmış çekirdekteki fazla enerji gama ışını şeklinde salınma yerine atomdaki bir elektrona geçer ve bu elektron atomdan dışarı atılır. Bu olaya içsel çevrim (internal conversion) çıkan elektrona da “konversiyon elektronu” adı verilir. Bu durum çoğunlukla uyarılmış durumu uzun ve uyarılmış durumdaki enerjisi 100 keV’den düşük olan atomlarda meydana gelir [Krane,1998].



Kararsız atom çekirdeği tarafından gama yayınlanması eşitlik 2.10. ile proton ve nötron sayısının sabit kaldığı görülmektedir. Gama radyasyon yüksüz olduğundan sindirim veya solunum yoluyla alınmadan iç organlar ciddi gama radyasyonuna maruz kalabilir .



Şekil 2.4. Değişik Radyoaktif Parçacıkların Etki Aralığı

İyonize parçacıklar enerjilerine göre iyonlaşmaya neden olarak enerjilerini kaybederek farklı materyallerle durdurulabilirler (Şekil 2.4.).

### 2.2.3. Morötesi ışınlar (Ultraviole)

Atmosferik hayatın ana kaynağı durumundaki güneş ışınları son yıllarda atmosferik kirlenmeden dolayı canlılara zarar vermeye başlamıştır.

Morötesi radyasyonun etkileri şöyle sıralanabilir:

- Deri üzerinde güneş yanığı etkisi yaratır.
- Bakteri ve virüsler dahil tüm hücreler üzerinde mutasyona neden olur.
- Morötesinin, iyonlaştırıcı radyasyona göre az da olsa kromozomları parçaladığı bilinmektedir.

- Hücre bölünmesinin morötesi ile engellenebildiği ve böyle hücrelerin aşırı büyüme gösterdiği tespit edilmiştir.
- Morötesinin DNA sentezi üzerinde iyonlaştırıcı radyasyona göre daha fazla etkisi olduğu bulunmuştur [Güler ve Çobanoğlu, 1994].

#### **2.2.4. Mikrodalgalar**

Frekansı  $10^8$ - $10^{11}$  Hz arasında olan elektromanyetik dalgalardır.

Radyo ve TV vericileri, radar, telefon- telgraf haberleşmeleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Mikrodalgaların etkisine en duyarlı organlar, gözler ve testislerdir.

#### **2.2.5. Lazer ışın ve görünür ışınlar**

Görünür ışınların sağlık üzerine etkisi doğrudan veya dolaylı olmak üzere iki şekilde incelenebilir.

Doğrudan etkide, çıplak gözle güneşe bakıldığında olduğu gibi, gözde zarar meydana gelir. Lazer ışınlar tıpta tedavi amacı ile kullanılmaktadır.

Dolaylı etkide ise, ışığın bir yüzeye çarparak yansımaları sonucunda gözde kamaşma meydana gelir.

### 2.2.5. Kızılötesi radyasyon

Kızılötesi ışınlar derinin derin tabakalarına girici olmamaktadır. Ancak kontrol edilemezse; deri yanıklarına, gözde katarakta, retinal zarara neden olabilir. Kızılötesi ışınlar parlak ve cilalanmış yüzeylerden kolayca yansiyabilir [Güler ve Çobanoğlu, 1994].

### 2.3. Radyasyon Birimleri

Radyasyon doz birimleri Uluslararası Radyasyon Birimleri Komisyonu (ICRU) tarafından tanımlanmıştır.

Aktivite; radyoaktif bir maddenin saniye meydana getirdiği bozunma sayısıdır. Birimi Becquerel (Bq)dir. Eski birim Curie (Ci) ise 1 gr radyumun aktivitesi olarak tanımlanır.

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

Işınlama dozu; birim zamandaki ışınlama miktarıdır. Yeni birimi Coulomb/kg (C/kg), eski birimi Röntgen (R)' dir.

$$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg' dır.}$$

Soğurulmuş (Absorbe) doz; birim kütlede absorbe edilen radyasyon miktarıdır.

SI birim sisteminde soğurulmuş doz birimi olarak Gray (Gy) kullanılmaktadır. Eski birimi rad 'dır.

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

İnsan eşdeğer dozu: Enerjisini biyolojik ortama veren ve canlı dokunun her gramında 1rad değerinde enerji birikimine neden olan x- ışınları ile aynı biyolojik etkiye sahip ışın miktarıdır. Sievert (Sv) ile ifade edilir.

Rem, radyobiolojide ve organizmadaki radyasyon miktarını ölçmede kullanılan bir birimdir. Farklı radyasyon için absorbe doz (D,Gy) ,eşdeğer doza dönüştürmek için kalite faktörü (Q) kullanılmaktadır.

$$\text{Eşdeğer Doz (H)}= D \times Q \times N$$

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

Kalite Faktörü: Farklı radyasyon türlerinin etkilerinin farklı olması nedeni ile biyolojik etki için radyasyon tür ve enerjilerine göre kalite faktörü (Q) tanımlanmıştır. X, Gama ve beta ışınları için kalite faktörü 1 iken alfa parçacığı için 20 'dir. Bunun yanında aynı miktar radyasyon dozuna karşı organlardaki etkileri farklı olduğundan doku organ ağırlık faktörü belirlenmiştir. Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi ağırlık faktörü doku ve organa göre değişmektedir.

Çizelge 2.1: Doku Ağırlık faktörleri (European Nuclear Society, Tissue Weighting Factor)

<b>Doku veya Organ</b>	$W_T$
Testisler	0,20
Kolon	0,12
Kemik İliği	0,12
Akciğer	0,12
Mide	0,12
Mesane	0,05
Meme	0,05



Tiroid	0,05
Karaciğer	0,05
Deri	0,01

Radyasyon doz birimleri ve dönüşüm katsayıları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

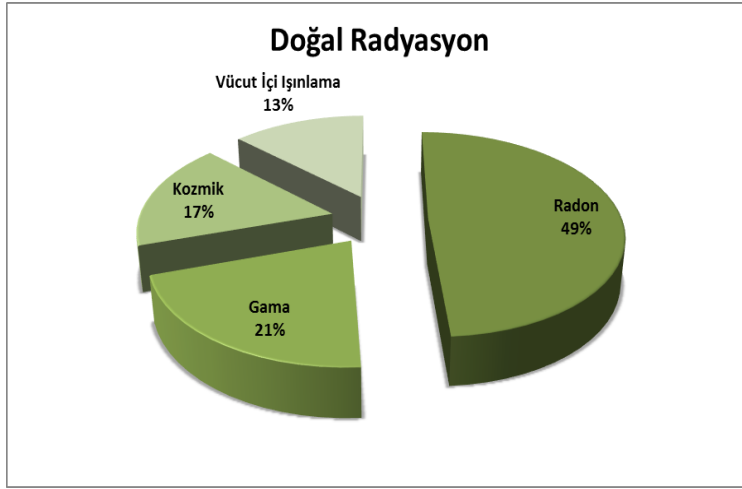
Çizelge 2. 2. Radyasyon Dozu Birimleri

	<b>Eski Birim</b>	<b>Yeni Birim</b>	<b>Dönüşüm</b>
<b>Aktivite</b>	Curie(Ci)	Becquerel (Bq)	1Ci=3,7x 10 <sup>10</sup> Bq
<b>Işınlama Dozu</b>	Röntgen (R)	Coulomb/kg (C/kg)	1R=2,58x10 <sup>-4</sup> C/kg
<b>Soğurulmuş Doz</b>	Rad	Gray (Gy)	1Gy=100 rad
<b>Eşdeğer Doz</b>	rem	Seivert (Sv)	1Sv=100 rem

#### 2.4. Doğal Radyasyon Kaynakları

Tüm canlılar, dünyanın yaratılışından günümüze kadar, yerkürede bulunan primordial radyonüklidler ve kozmik ışınlardan yayılan doğal radyasyona maruz kalmaktadırlar.

Solunum veya sindirim yoluyla vücuda alınan su, hava ve besinlerde bulunan radyoaktif elementler zamanla vücutta birikmektedir. Böylece tüm canlılar hem içsel hem de dışsal radyasyon ışınlamasına maruz kalmaktadır. Şekil 2.5’da Doğal Radyasyon Kaynaklarından Maruz Kalınan Radyasyon Dozlarının Oransal Değerleri [TAEK, 2009] görülmektedir.



Şekil 2.5. Doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozları oranı

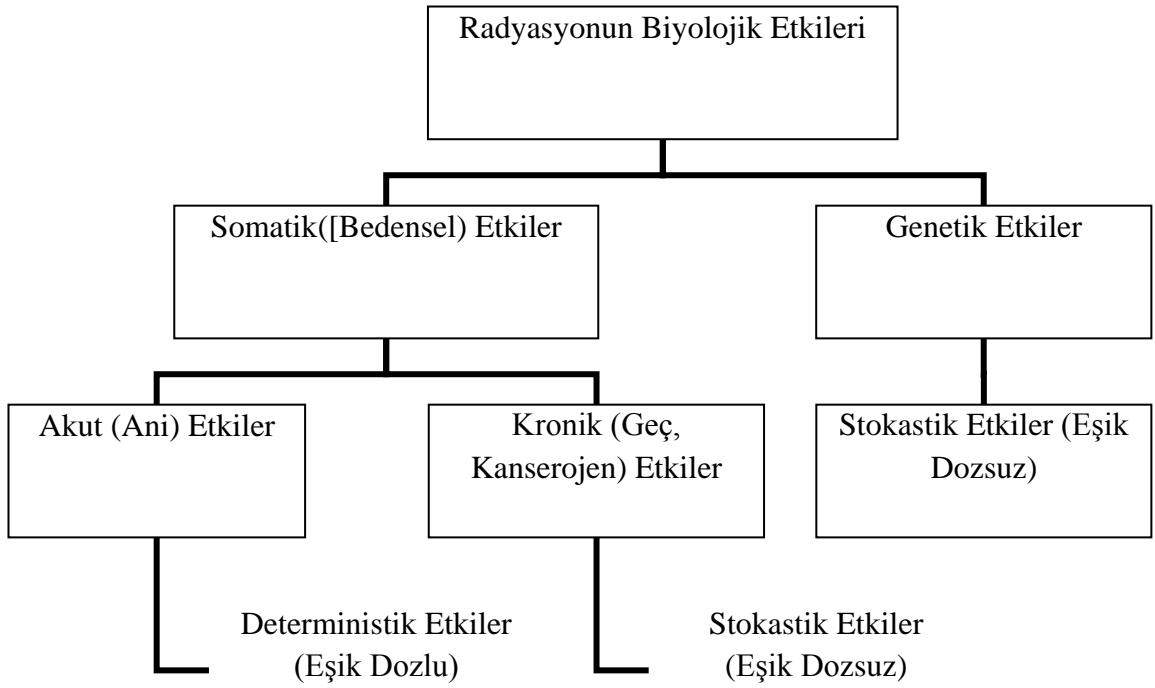
Doğal radyasyon yolu ile alınan bu radyasyonun ortalama yıllık etkin doz değeri 2,4 mSv civarındadır [TAEK, 2009].

Uzaydan gelen yüksek enerjili parçacıklar (protonlar) tarafından dünyanın sürekli bombardıman edilmesi, güneşte meydana gelen patlamalar ve yerden yüksekliğe bağlı olarak kozmik radyasyonun yoğunluğu sürekli olarak değişmektedir. Deniz seviyesine yaklaştıkça kozmik ışınların yoğunluğunun azalması nedeniyle maruz kalınan radyasyon doz miktarının da azaldığı görülür.

UNSCEAR hesaplamalarına göre, yer seviyesindeki kozmik ışınlardan kaynaklanan yıllık etkin doz değeri bölgenin coğrafi yapısına göre değişse de ortalama 0,4 mSv civarındadır [TAEK, 2009].

## 2.5. Radyasyonun Biyolojik Hasarlarına Etki Eden Faktörler

Radyasyonun Biyolojik Etkileri şekilde verilmiştir.



Şekil 2.6. Radyasyonun biyolojik etkileri

### 2.5.1. Radyasyonun somatik etkileri (NonSitokastik - Deterministik Etkiler)

İyonlaştırıcı radyasyonların somatik etkileri radyasyona maruz kalan kişinin ömrü süresince ortaya çıkan etkilerdir. Bu etkiler; maruz kalınan radyasyonun türüne, enerjisine, dozuna, dozun verilme hızına, dokuların yapısına, ısımaya karşı duyarlılığına ve dokulardaki dağılımına bağlı olarak ortaya çıkar.

Akut Etkiler: Yüksek dozlara bir defada kısa bir süre içinde maruz kalınması sonucunda ortaya çıkabilecek hasarlardır.

Kronik Etkiler: Aralıklı olarak düşük doz radyasyona uzun bir süre maruz kalınması sonucunda ortaya çıkabilecek hasarlardır.

Deterministik (Eşik Dozlu) Etkiler: Genellikle etkilerin gözlenmediği bir eşik altı değeri vardır. Doz artışı ile ciddi hasarlar oluşur.

Katarakt, deride eritem, sterilite ve fibrozis vb. olaylar doza bağımlı olarak gerçekleşebilir. Tüm doku ve organlar için doz sınırı 0,5 Sv (50 rem) olarak belirlenmiştir.

Sitokastik (Eşik dozsuz) Etkiler: Eğer hasar tek bir hücrede meydana gelmişse oluşan bu etkiler sitokastik olarak adlandırılır. Bulguların şiddeti radyasyon dozu ile birlikte kişinin bedensel eğilimine bağlıdır ve maruz kalınan doz ile ortaya çıkan etki artar.

### **2.5.2. Radyasyonun genetik (kalıtsal) etkileri**

Maruz kalınan radyasyon sonucu, üreme hücrelerinde bulunan kromozomların hasara uğraması ile oluşan etkiler sitokastik tipte etkilerdir. Hasar gelecek nesiller de ortaya çıkar.

### **2.6. Radyasyonun Karakteristikleri**

Radyasyonun biyolojik olarak yapacağı etki aktarılan enerjinin büyüklüğü ile orantılıdır. Ağır parçacıklar enerjilerini, aynı enerjili gama ışınları ile beta parçacıklarından daha kısa mesafelerde etkileştikleri ortama aktarırlar. Radyasyonun birim yolda kaybettiği ortalama enerji 'Lineer Enerji Transferi (LET)' terimi ile tarif edilmiştir.

Yüksek LET değerli radyasyonlar ( $\alpha$ , nötron, proton gibi) düşük LET değerli radyasyonlara oranla birim uzunlukta daha çok sayıda iyonlaşmaya sebep olurlar, dolayısıyla daha zararlıdır [Yülek, 1982].

Canlıda meydana gelen biyolojik hasar, soğurulan doza ve bu dozun alındığı süreye bağlı olarak değişir. Ayrıca eşit doza sahip radyasyonların düşük doz hızlarda uygulanması ile yüksek doz hızlarında uygulanması sonucu oluşacak biyolojik hasar farklıdır. Örneğin; bir kerede 10 Gy 'lık bir doza maruz kalınması %100 ölümle sonuçlanırken aynı doza iki kerede ve 24 saat ara ile 5+5 Gy olarak maruz kalınırsa ölüm oranı %40' a kadar düşmektedir [Yülek, 1982].


## 2.7. Hedefin Karakteristiği

Dokuları meydana getiren hücreler farklı özelliklere sahiptir ve bu nedenle bu hücrelerin radyasyona karşı gösterdikleri duyarlılıklar da farklıdır.

Bölünme yeteneği çok fazla olan hücreler bölünme yeteneği az olan hücrelere göre radyasyona karşı daha duyarlıdır. Bu dokulara öldürücü dozlar verilmesinden sonra ufak hemorajiler (kanamalar) dışında önemli bir etki görülmemiştir [Gençay, 1994; Algüneş, 2002; Güngör 1991].

Ayrıca dokunun oksijen yoğunluğu, ışınlama anında hücrelerin bölünme safhası, kan ve besin durumu da radyasyona karşı hassasiyeti belirler [Yülek, 1982]. Çizelge 2.3'de radyasyonun organlar ve dokular üzerindeki etkileri verilmiştir.

Çizelge 2.3. Radyasyonun dokulara göre duyarlılık sırası

- 
- Beyaz kan hücreleri (lenfositler)
  - Kırmızı kan hücreleri (eritrositler)
  - Sindirim sistemi hücreleri
  - Üreme organı hücreleri
  - Cilt hücreleri
  - Kan damarları
  - Doku hücreleri(kemik ve sinir sistemi)

Tabloda görüldüğü gibi en duyarlı hücreler beyaz kan hücreleridir. Bölünme yeteneği düşük olan dokuların radyasyon hassasiyeti azalmaktadır.

## 2.8. Radyasyonun Hücre ile Etkileşmesi

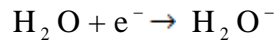
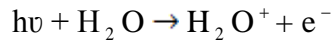
Radyasyon, hücre içinde iyonlaşmalara neden olur. Biyolojik hasarların oluşmasına neden olan bu iyonlaşmalar sonucunda hücre içerisinde kimyasal toksinler oluşabileceği gibi DNA zincirlerin de kırılmalar da olabilir.

Radyasyon, %70'i su olan insan vücudunda serbest radikaller oluşturarak hücrel bütünlüğü bozar. Radyasyonun hücrelerde ortaya çıkardığı serbest radikaller hücrenin biyomolekülleri ile (nükleik asitler ve proteinler) ile etkileşirler. Maruz kalınan çok yüksek radyasyon dozlarında hücrenin hasarı ölüm olurken, daha düşük dozlarda hücre bölünme yeteneğini geçici ya da kalıcı olarak kaybedebilir.

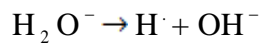
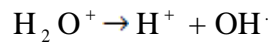
İyonlaştırıcı radyasyonun hücre içine geçişi çok karmaşık direkt ve indirekt olaylar zincirlerini başlatabilir. Bu olaylar sırasıyla fiziksel, fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik evrelerdir. Hücrede bilgi taşıyan moleküller radyasyonla tahrip edilecek olursa bu bilgi kaybedilebilir [Önen,1993 ; Özbayrak,1987].

Hücre bütünlüğünün bozulması indirect etki teorisi ile açıklanır. İndirect Etki Teorisi aşağıda görülen aşamalardan oluşmaktadır [Yülek, 1982].

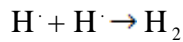
Fiziksel Olay

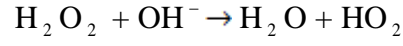
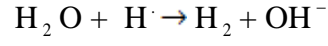
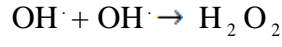


Fiziko-Kimyasal Olay

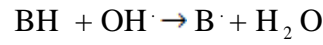
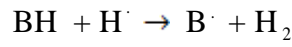


Kimyasal Olay





Biyolojik Olay



## 2.9. Radyasyonun Hücre Üzerindeki Etkileri

### 2.9.1. Hücre zarı üzerine etkisi

Hücre zarının “seçici geçirgen” özelliğinde bozulma meydana gelir.

### 2.9.2. Stoplazma üzerine etkisi

Organik temel bileşikleri lipidler, lipoidler proteinler ve karbonhidratlar olan stoplazma da kimyasal değişiklikler olur. Bunun sonucu olarak organellerin fonksiyonlarında bozulma meydana gelir.



### **2.9.3. Hücre çekirdeğine etkisi**

Enzim, protein ve nükleik asit (RNA ve DNA) sentezi yapılamaz. Üreme hücresi çekirdeklerinin radyasyondan etkilenmesi sonucu DNA zinciri hasar göreceğinden, gelecek nesillerde kalıtsal bozukluklar görülür.

Öte yandan, iyonlaştırıcı radyasyonun her doz da zararlı etkileri olabileceği unutulmamalıdır. İyonlaştırıcı radyasyonun tıbbi etkileri çeşitli safhalarda incelenir. [Yaren ve Karayılıanoğlu, 2005].

Radyasyonun DNA üzerine etkisini Direkt ve İndirekt etkiler olmak üzere iki şekilde inceleyebiliriz;

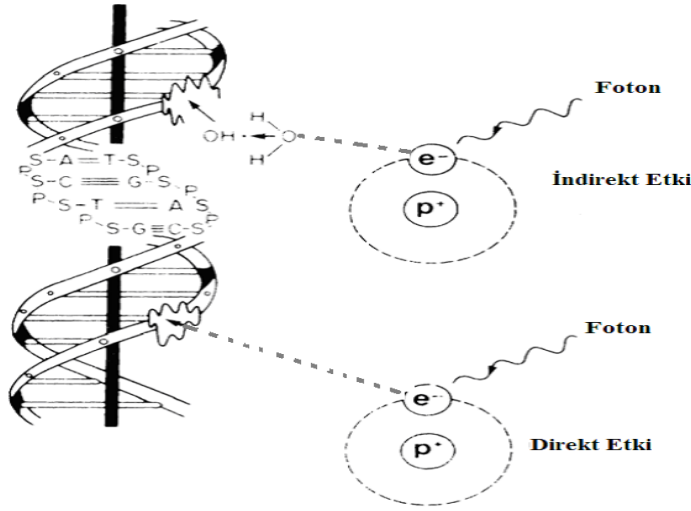
### **2.9.4. Radyasyonun indirekt etkileri**

Serbest radikallerin kimyasal reaksiyonları ve ortaya çıkan diğer radyasyon ürünleri sonucu oluşmaktadır.

Hidroksil radikalının DNA şekerine saldırarak DNA ipliğini kırması indirekt etkiye bir örnektir.

### **2.9.5. Radyasyonun direkt etkileri**

Birincil etki ile meydana gelir. Bu etki DNA moleküllerinin iyonizasyonu ile DNA zincirinin kırılmasıdır.



Şekil 2.7. DNA zincirinin kırılması

Çizelge 2. 4’de yüksek hassasiyeti olan organlarda dozlara bağlı olarak hasar düzeyleri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Vücudumuzun (Organ Vücut Bölümleri) Radyasyona Hassasiyeti [NCRP, 1968]

Radyasyona Duyarlılığı	Organ (Vücut Bölümleri)	İlk( Hafif) Etki Dozu, Sievert(Sv)	Ağır Hasar Dozu Sievert(Sv)
Yüksek	Lenf Damarları Dokular Lenf Düğümleri Dalak	0,25 – 0,5	4 - 8
Yüksek	İlik Testisler Overler Deri	0,5 – 1 0,5 0,5 0,25	5 3-4 3,5 – 4 0,25 - 3
Orta	Mukoza	3	8,5 – 18
Az	Sinir Sistemi	1 - 40	30 - 60

Çizelge 2.5’de ışınlanan doz değerlerine göre vücut hücrelerinde meydana getirmiş olduğu hasarlar verilmiştir.

Çizelge 2.5. Radyasyonun İnsan Vücudu Üzerine Genel Etkileri [NCRP,1968]

	Somatik	Genetik
İlk Belirtiler	Kan hücrelerinde azalma Cilt yanıkları Saç dökülmesi, Ölüm	Gelişme çağındaki yapı bozuklukları
Sonraki Belirtiler	Lösemi Kanser Hayat Süresinin Kısalması (Yaşlılık belirtileri)	Diğer kuşaklara etki

Çizelge 2.6. Doz Değerlerine Göre Somatik Etkiler ve Belirtileri [NCRP, 1968]

Vücut Bölgesi	Doz (mSv)	Belirti ve Etkiler
<b>Tüm vücut</b>	0-500	Gözlenebilir Hasar Yok
	500-2000	Radyasyon Hastalığı-1 (Bulantı, kusma, halsizlik, kanda değişmeler)
	2000-4500	Radyasyon Hastalığı-2 ( 30-60 gün sonra %50' den az ölüm olasılığı, tedavi gereklidir.)
	4500-6000	Radyasyon Hastalığı-3 ( 30 gün sonra %50 ölüm olasılığı, tedavi gereklidir.)
	6000>	Radyasyon Hastalığı-4-5 (30 gün içinde %100 ölüm, tedavi gereklidir.)
<b>Vücutun bir kısmı</b>	200	Saç dökülmesi
<b>Derinin ışınlanması</b>	3000	1. Derece yanık
	10000	2. Derece yanık
	50000	3. Derece yanık
<b>Testislerin ışınlanması</b>	300 – 600	Geçici Kısırlık ( 3 Hafta)
	6000	Sürekli Kısırlık
<b>Yumurtalıkların ışınlanması</b>	1700	Geçici Kısırlık
	3000	Sürekli Kısırlık
<b>Gözlerin Işınlanması</b>		Katarakt

## 2.10. Radyasyondan Korunma

Radyasyondan korunma da üç temel prensip vardır. Bunlar;

**Gerekçendirme (Justification):** Net bir yarar sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilmemelidir.

**Etkinlik:** Tedavi amacıyla alınacak dozlar hariç olmak üzere, maruz kalınması gerekli olan doz miktarı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.

**ALARA (As Low As Reasonably Achievable):** Uygulamaların günlük takibi ile risk azaltılarak net yararın artışı sağlanmalıdır [TAEK, 2009].

Çizelge 2.7.' de izin verilen maksimum radyasyon dozları görülmektedir.

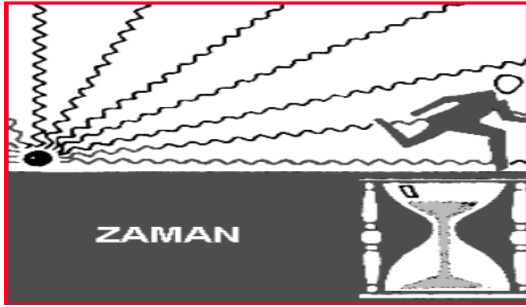
Çizelge 2. 7. Doz Sınır Değerleri [ ICRP60, 1990].

DOZ SINIRLARI		Radyasyon Görevlileri	Halk
Etkin doz	Beş Yıllık Ortalama	20 mSv/yıl	10mSv/yıl
	Tek Yıl	50 mSv/yıl	5 mSv/yıl
Eşdeğer Doz	Göz	150 mSv/yıl	15 mSv/yıl
	Cilt	500 mSv/yıl	50 mSv/yıl
	El-Ayak	500 mSv/yıl	50 mSv/yıl

Bu temel prensipler çerçevesinde radyasyon korunmasında üç temel kural vardır:

### 2.10.1. Zaman

Radyasyona ne kadar az maruz kalınırsa, o kadar az doz alınır. Alınan Doz miktarı, doz şiddeti ile maruz kalınan zamana bağlıdır.



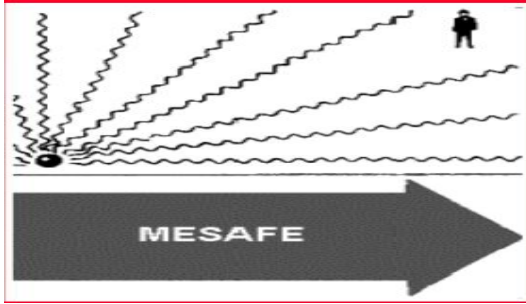
Şekil 2.8. Radyasyon - zaman ilişkisi

### 2.10.2. Mesafe

Radyasyon alanından mümkün olduğunca uzak durmak gerekir. Maruz kalınan doz ile uzaklık arasında “ Ters Kare Kanunu” vardır .

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

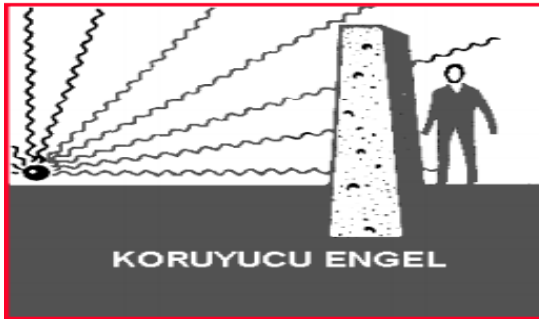
Ters Kare Kanunu, alınan radyasyon dozu miktarının kaynağa olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olması olarak ifade edilir.



Şekil 2.9. Radyasyon dozu - mesafe ilişkisi

### 2.10.3. Zırhlama

Radyasyondan korunmanın belki de en önemli maddesidir. Radyasyon kaynağından uzakta duramıyorsak ve kaynağa maruz kalma süresini kısaltamıyorsak, kaynak ile maruz kalan kişi arasında konulacak engel alınan dozunu azaltmaya yardımcı olacaktır. Dikkat edilmesi gereken husus, değişik radyasyon tipleri için, radyasyon tipine uygun zırhlama materyali seçmek olacaktır.



Şekil 2.10. Radyasyon dozu - engel ilişkisi

Radyasyon çalışanları, bu üç kuralla beraber radyasyondan korunmak için;

Kurşun önlük, kurşun eldiven, kurşun gözlük, troid koruyucu, kurşun paravanlar, ve kurşun camlar kullanılmalıdır.

Şekil 2.11’ de yüksek dozda akut radyasyona maruz kalma sonucunda ortaya çıkan lezyonlara ait şekiller verilmiştir.

Yüksek doz ışınlamaları, ışınlama dozunun, vücudun herhangi bir doku veya organında fonksiyon bozukluklarına neden olacak hücre ölümüne sebep olur. Bu değerlerin daha da üzerindeki dozlarda oluşacak hasarın şiddeti doza bağlı olarak artacaktır. Şekil 2.12’ de yüksek dozlarda meydana gelmiş cilt yanıkları için örnekler görülmektedir.



Şekil 2.11. Radyasyona maruziyette organ fonksiyon bozukluğu





Şekil 2.12. Radyasyona maruziyet sonrası cilt yanıkları

## 2.11. Tıpta Radyasyon

### 2.11.1. Konvansiyonel röntgen

Konvansiyonel röntgende radyografi ve radyoskopi (fluoroskopi) olmak üzere iki temel yöntem vardır. Radyografide hastayı geçen x-ışınlarının görüntüsü bir röntgen filmi üzerine düşürülür. Radyoskopide ise hasta x-ışını kaynağı ile flüoresans ekran arasındadır. Hastayı geçen x-ışınları flüoresans ekran üzerinde bir görüntü oluştururlar. Şekil 2.13' da Konvansiyonel röntgen cihazı görülmektedir.



Şekil 2.13. Konvansiyonel röntgen cihazı

### 2.11.2. Dijital röntgen

Bu yöntemde, hastanın röntgen görüntüsü, başka hiçbir ünite kullanılmaksızın doğrudan bilgisayar ekranında görüntülenir. Şekil 2.14' de Dijital röntgen cihazı görülmektedir.



Şekil 2.14. Dijital röntgen cihazı

### 2.11.3. Floroskopi

Bu yöntemde, hastanın tetkik edilmek istenen bölgesi x-ışınlarına bir duyarlı floresan ekran üzerine düşürülerek görüntü elde edilir. Şekil 2.15' de Floroskopi cihazı görülmektedir.



Şekil 2.15. Floroskopi cihazı

#### 2.11.4 Bilgisayarlı tomografi

Bilgisayarlı Tomografi (BT), x- ışını kullanarak kesitsel vücut görüntüleri elde edebilen bir cihazdır. BT ile beyin, karaciğer, akciğer, böbrek, kemik, yumuşak doku, kan damarları vb. dokular net olarak görüntülenebilir.



Şekil 2.16. Bilgisayarlı tomografi cihazı

#### 2.11.5. Radyoterapi

İyonize radyasyonun tedavi amacıyla uygulanmasıdır.



Şekil 2.17. Radyoterapi cihazı

### 2.11.6. Proton tedavisi

Parçacık tedavisinin bir çeşidi olup özellikle kritik yapılara yakın yerleşimli tümör tiplerinde iyi bir tedavi şansı yaratır. Proton bombardımanı ile tümör ve kanserli doku etkili bir şekilde yok edilebilmektedir. Şekil 2. 18’ de proton tedavi cihazı görülmektedir.



Şekil 2.18. Proton tedavi cihazı

### 2.11.7. Kemik dansitometri

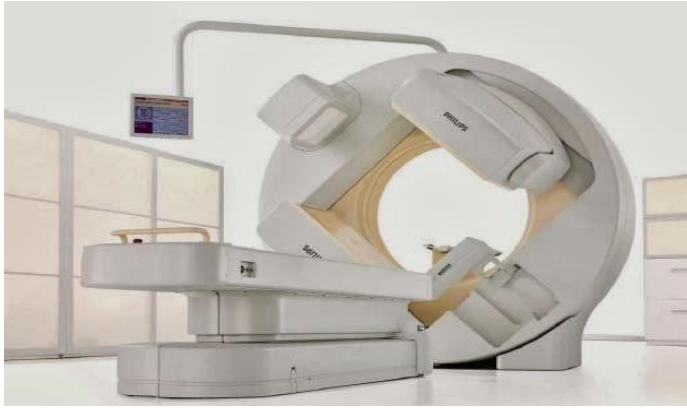
Düşük dozda x-ışını kullanarak kemik yoğunluğu ölçümünde kullanılan bir cihazdır. Şekil 2.19’ de Kemik dansitometri cihazı görülmektedir.



Şekil 2.19. Kemik dansitometri cihazı

### 2.11.8. SPECT (Bilgisayarlı Tek Foton Tomografi Sintigrafisi)

SPECT özel bir patofizyolojik süreci görüntülemek üzere vücuda verilen radyofarmasötiklerden (I-131, Tc99m) yayılan tek-foton emisyonlarının bilgisayar destekli gama kamera sistemleri tarafından tomografik görüntülenmesini sağlayan bir kesitsel sintigrafi yöntemidir. Şekil 2.20 SPECT cihazı görülmektedir.



Şekil 2.20. SPECT cihazı

### 2.11.9. PET (Pozitron Emisyon Sintigrafisi)

Doku ve organları işlev değişiklikleri ile (kan akımı, oksijen kullanımı ve şeker metabolizması gibi) gösteren bir görüntüleme tekniğidir. Şekil 2.21' de PET cihazı görülmektedir.



Şekil 2.21. PET cihazı

### 2.11.10. Manyetik rezonans

Bu cihaz tamamen Hidrojen atomunun kullanımına dayalı olarak çalışmaktadır. Dokudaki hidrojen atomlarının yoğunlukları ve hareketlerine göre görüntü oluşturur. Hidrojen atomu bir proton içerir ve proton manyetik alanlardan etkilenmektedir. Hastanın içerisine konulduğu tüpün içerisine manyetik alan gönderilir. Böylece hasta vücudundaki hidrojenler manyetik alan yönünde harekete başlar. Her proton taneciği farklı presesyon hareketi yapar. Yüksek manyetik alan ile her proton farklı hızlarda döner. Elde edilen sinyaller kaydedilerek bilgisayara aktarılır. Manyetik rezonans iyonize edici radyasyon içermemektedir. Manyetik kuvvet ve radyo dalgaları ile görüntü alabilen bir sistemdir. Canlı dokuya etkisi konusunda kanıtlanmış herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Şekil 2.22' de Manyetik rezonans cihazı görülmektedir.



Şekil 2.22. Manyetik rezonans cihazı

### 3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İyonize radyasyonun zararlı etkileri yıllar önceden bilinmektedir. Fakat gerek tedavi gerekse teşhis amaçlı sağlıkta çokça kullanılmak zorunluluğu bulunmaktadır. Bu nedenle uygulamalar için birçok yasal düzenleme yapılmıştır. Yapılan yasal düzenlemeler hem radyasyon çalışanlarının hem de hastaların almış olduğu radyasyon oranını azaltmayı amaçlamaktadır. Bu konuda bilgi eksikliklerini tamamlayabilmek amacıyla üniversiteler ile kurumsal hizmet içi eğitimler verilmektedir. Endüstriyel uygulamalar, nükleer uygulamalar ve nükleer kazalar sonrası açığa çıkan radyasyonun etkileri üzerine araştırmalar devam etmektedir.

Radyasyonun akut etkileri olduğu gibi geç etkileri de söz konusudur. Var olan radyasyonun organizma üzerindeki etkilerinin doza bağımlı değişimi ve hangi doz aralıklarının ne gibi etkiler oluşturacağı uzun yıllardır yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Halen insan sağlığını tehdit eden radyasyonun akut ve geç etkileri üzerinde çalışmalar devam etmekte ve bu konuda ciddi ilerlemeler kaydedilmektedir.

Malladi ve ark.(Malladi, 2007) 11 günlük tavuk embriyolarıyla yapmış oldukları çalışmada 0,5-1 ve 2 Gy 'lik doz radyasyona tabi tutulması sonrasında polikromatik eritrositlerin mikro çekirdeklerinin frekansında önemli bir artış olduğunu görmüşler.

Ünver ve ark.(Ünver, 2004) yapmış oldukları araştırmalarında iyonize radyasyonun invitro ortamda insan kan hücreleri üzerine etkisini araştırmışlar ve kan örneklerine 1000 cGy dozunda gama radyasyonu uygulamışlardır. Uygulama sonuçları, radyasyonun kan hücrelerinde membran hasarı, ve kromozom hasarlarına neden olduğunu göstermişlerdir.

Eken ve ark.(Eken, 2010) radyoloji bölüm personellerinin üzerine yapmış oldukları çalışmalarında radyasyona mesleki olarak maruz kalmanın genotoksik etkilerini ve oksidatif stres durumunu değerlendirmişlerdir.

Puthran ve ark.(Puthran , 2009) radyoloji teknisyenlerinde düşük doz iyonize radyasyon ile oksidatif stres arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Radyoloji çalışanlarının kontrol gurupları ile karşılaştırıldığında RBC ve hemolizisleri önemli derecede artış göstermiştir. Bu bulgulardan düşük doz iyonize radyasyona maruz kalmanın mevcut teorilere benzer şekilde büyük oranda oksidatif strese neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Zhang ve ark.(Zhang, 2009) tüm vücut olarak 4 gün boyunca 3.0 Gy veya 7.8 Gy gama radyasyona maruz kalınması sonrası kemik iliğinin metabolitlerinin büyük çoğunluğu hasara uğramış, kemik iliğinde yağ asiti artmış ve kreatin kapasitesi düşmüştür.

Martinez ve ark.(Martinez, 2010) radyoloji, nükleer tıp ve radyoterapi departmanlarında çalışanların düşük doz iyonize radyasyon maruziyetine bağlı DNA hasarında iş günü öncesi ve sonrası arasında önemli bir artış görmüşler. Radyasyonun aylık dozunda da mesai öncesi ve sonrası arasında DNA uzunluğunun göçünde pozitif korelasyon bulunmuştur. Sonuç olarak bütün çalışanlarda iş sonrası DNA fragmentasyonunun arttığı görülmüştür. Radyasyon miktarı üç serviste de farklı bulunmuştur.

Undarmaa ve ark.(Undarmaa, 2004) yapmış olduğu çalışmada radyasyonun kromozomlarda kırıklar oluşturduğu bu kırılmalar sonucunda kromozomlar arasında yeni birleşmeler olduğu ve radyasyonun telomerik düzensizliği bozduğu tespit edilmiştir.

(Devi ve Hossain, 2000) yaptıkları çalışmada erken fetal dönemde düşük gama radyasyona kan yapıcı dokuların cevabını incelemişler. Sonuç olarak fetal vücut ağırlığında maruziyetten 24 saat sonra 0.5 Gy ve üzerindeki dozlarda anlamlı bir düşüş görülmüştür. Düşük doz radyasyon kan yapıcı kök hücreler üzerinde letal etkilidir.

Lee ve ark.(Lee, 2004) ABD’de acil hekimleri ile radyologlar arasında yapılan çalışmada, BT çekiminden alınan radyasyon dozunun %75 oranında göz ardı edildiği,



acil doktorlarının %91'inin, radyologların ise %53 ünün BT' nin kanser riskinin arttığına inanmadıkları görülmüştür.

Karen ve ark.(Karen, 2008) yaptığı çalışmada beyin BT tetkiklerinde saptanan efektif dozlar ile hasta yaşı arasında ters orantı gösteren bir korelasyon olduğu belirtilmektedir.

Brenner ve ark.(Brenner, 2001) çalışmaları sonucunda çocukların radyasyon etkilerine erişkinlere göre yaklaşık 10 kat daha hassas oldukları ortaya konulmuştur.

Yapılan literatür taraması sonucunda, çalışmaların çoğu göstermektedir ki iyonize radyasyon yüksek yada düşük dozlarda geçici yada kalıcı etkilere neden olmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda radyasyon çalışanları ve halkın radyasyon hakkında bilgi düzeyleri yetersizdir, bu da radyasyonun zararlı etkisinin artmasına neden olmaktadır.

Atom bombası saldırısından canlı olarak kurtulanlardan elde edilen tecrübeler, radyasyon riski hakkında iyi tahminler yürütülmesine olanak vermiştir. Günümüzde, 20 mSv civarındaki dozlarda, kanser gelişme riskinin anlamlı derecede arttığına dair güvenilir kanıtlar vardır. Bunun yanında, atom bombası saldırısı sonrası elde olunan verilerde, çocukların erişkinlere göre radyasyona 10–15 kat daha fazla duyarlı olduklarına dair kanıtlar bulunmaktadır. Yapılan tetkikler de hastanın yaşı göz önünde bulundurularak çekimin uygulanması gerekmektedir. Yüzyılın son çeyreğinde, hesaplanan yıllık toplam medikal radyasyon dozu oranı %750 artmış. Bunun %90' ı kanser riskini arttırdığı kanıtlanmış oranlarda dozların uygulandığı, yüksek doz prosedürlerinden oluşmaktadır. Bu artışa en büyük katkısı olan, kullanımı hızla artan BT tetkikleridir. Yeni geliştirilen teknoloji ile Bilgisayarlı Tomografinin hızı yükseltilmiş ve daha kısa sürede daha yüksek enerji ile görüntü alabilmektedir. Buda alınan iyonize radyasyon oranını kat kat artırmış oluyor.

Hall, araştırma sonuçlarına göre, 2006'da ABD'de 60 milyondan fazla BT çekimi uygulanmış olup, bunların 6 milyon kadarını çocuk uygulamaları oluşturmuştur. Brenner ve arkadaşlarının çocukların radyasyon etkilerine karşı hassasiyetleri üzerine yaptıkları çalışmada verilmektedir. Bu nedenle çocuklarda BT incelemelerinde boyuta göre doz ayarlaması yapılmalıdır. Ancak birçok hastanede halen erişkin çekim parametreleriyle çocuk BT çekimleri yapılmaktadır (Brenner, 2001).

Yıllık radyasyon doz oranları ülkelere göre değişmektedir. Ülkeye göre değişen doz sınırları (20, 50, 100) mSv/y olarak tespit edilmiş bu farklılığın nedenleri bulunmaya çalışılmıştır. Gelişmiş ülkelerde iş sağlığı ve güvenliği konularına gereken önemin verilmesi ile alınan radyasyon doz oranı da düşmektedir. Ülkemizde bu konu üzerine çalışmalar yeni başlamıştır. Radyasyon zararlıdır fakat etkisini azaltmak mümkündür. Alınan radyasyon dozunu artıracak olan nedenler:

- Denetim eksikliği
- Kalitenin sağlanmasında yetersizlik
- Aygıt yazılımlarında çeşitlilik, cihazların kalibre olmaması
- Bilgi ve deneyim eksikliği
- Hasta yoğunluğundan kaynaklanan çoğu zaman istemsiz göz ardı etme ve özensizlik, dikkatsizlik
- Doktorların gereksiz istemleri
- İletişim sorunları
- Kişisel koruyuculara gereken önemin verilmemesi

Olarak sıralanabilir.

Literatür taramasında verildiği üzere yapılan çalışmalar, radyasyonla çalışılan ortamlarda düşük dozlarda maruz kalınan radyasyonun kan hücreleri, DNA yapısı, kanser oluşumu etkilediğini göstermektedir.

## **4. RADYASYON ÖLÇÜM CİHAZLARI**

Radyasyon ölçüm cihazlarının başlıcaları; iyonizasyon odaları, Orantılı sayaçlar ve Geiger -Müller (GM) sayaçlarıdır.

### **4.1. İyonizasyon Odaları**

İçinde 500-1000 cm<sup>3</sup> helyum ya da argon gibi gazlarla doldurulmuş olan metal içerikli bir oda ve yalıtılmış iki plaktan oluşur. Çalışma gerilimleri kullanılan gazın cinsine göre 60-300 volt arasında değişmektedir [Yülek, 1982]. İyonlayıcı radyasyon odaya girerek elektrotlar tarafından toplanır ve elektronik sistemle şiddeti artırılarak mikroampermetre ile miliröntgen/saat cinsinden değeri bulunmuş olur [Demir, 2008].

İyon odaları düşük radyasyon dozlarını ölçmede yeterli değildir. Fakat yüksek radyasyon dozlarını iyon sayısını doğrudan verdiği için etkilidir. İyonizasyon odaları ile alfa parçacıkları ölçülebilirken gama ve beta ölçümleri için yeterli değildir.

### **4.2. Orantılı Sayaçlar**

Alfa ve beta radyasyonu dedeksiyonu için kullanılmaktadır. İnce mika ya da plastikten yapılmış bir penceresi vardır. Oluşan birincil iyonlar orantılı olarak ikinci iyonlaşma oluştururlar. Çalışma voltajları 1500-4000 volt arasında olup gaz amplifikasyon faktörü 10<sup>5</sup> -10<sup>6</sup> mertebesindedir [Yülek,1982].

### 4.3. Geiger – Müller Sayacı

Geiger - Müller sayaçları gama, beta ve doğal fon radyasyonunu ölçebilir.

Geiger - Müller sayacı üç ana üiteden oluşur;

1. Geiger – müller tüpü
2. Elektronik devreler
3. Sayıcı – kaydedici devreler

Cam veya metalden yapılmış tüp içine genellikle argon gazı ve söndürücü etkisi olan etil alkol konulur. Meydana gelen iyonizasyon elektronik devreler ile kaydedilerek veri elde edilir.

Geiger – Müller sayaçları geniş alanlı olarak kullanılmaktadır. Ucuz bir sistem olması ve iyon odaları ile karşılaştırıldığında daha hassas ölçüm alabilmesi kullanım alanını artırmaktadır. Fakat iyonlaştırıcı parçacıkların enerjilerini ayıramaması bir dezavantajdır. İşleyiş iyon odasına benzer ancak iyon odasında gaz amplifikasyonu olmadan radyasyonun meydana getirdiği primer iyonizasyon ölçülür [Demir, 2008].

## 5. MATERYAL VE METOD

Bu çalışma, Amasya Üniversitesi Sabuncuoğlu Şerefeddin Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde bulunan Röntgen, Bilgisayarlı Tomografi, Manyetik Rezonans ve Nükleer Tıp birimlerinde yapılmıştır. Ölçümler, çekim öncesi ve sonrasında günlük ve üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

Radyasyon dozu ölçümünde Fluke Victoreen ASM - 990 Series dedektör kullanılmıştır (Şekil 5.1).

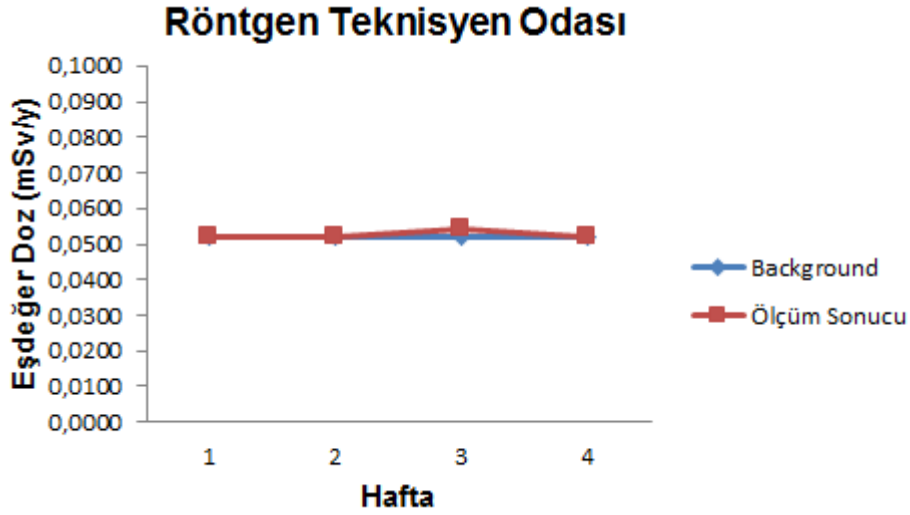


Şekil 5.1. ASM- 990 Victoreen

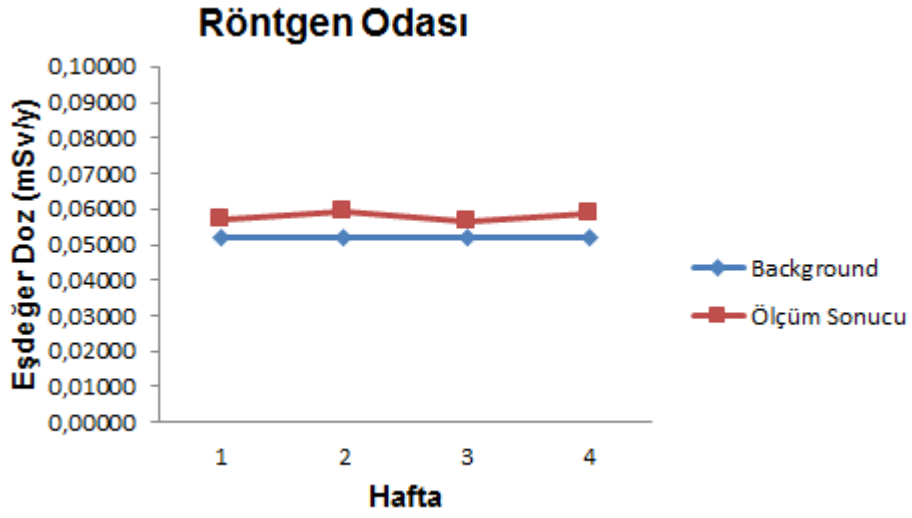
Fluke Victoreen ASM 990 Series radyasyon dedektörü saatte 1-5000000 aralığında 1 R/hr olarak x-ışını ve gama ışınlarını tespit edebilir. Bu sayaç genel uzunluk ölçümleri, bir alan monitörü, özel bir prop ile kombine edilir. Çalışmamızda x ve gama ışını algılayıcı prop kullanılmıştır. Sağlık fiziği, medikal fizik ve bazı test uygulamaları için ileri teknoloji ile dizayn edilmiştir. ASM 990 serisi nükleer tıp, güvenlik ofisleri, teşhisle x ışını uygulamalarında ve acil sağlık fiziği gibi çok geniş bir çerçevede kullanılabilir.

## 6. DENEYSEL BULGULAR

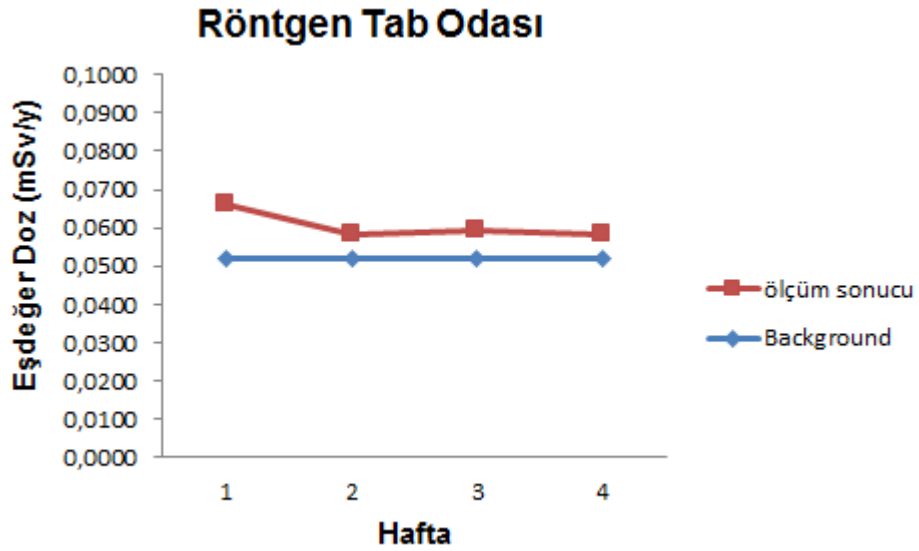
Röntgen bölümü için ölçüm yapılan koridor 1 ve koridor 2 bölümleri çekim yapılan odalara yeterli uzaklıkta bulunmaktadır. Teknisyen dinlenme odası koridor 1 ile aynı uçta ve her zaman kapı kapalı konumdadır. Röntgen bölümünde iki direkt röntgen odası, Doppler ultrasonografi odası ve hareketli görüntünün alındığı Skopi odası bulunmaktadır. Şekil 6.1 –Şekil 6.6, Röntgen ünitesinde alınan ölçüm sonuçlarını göstermektedir.



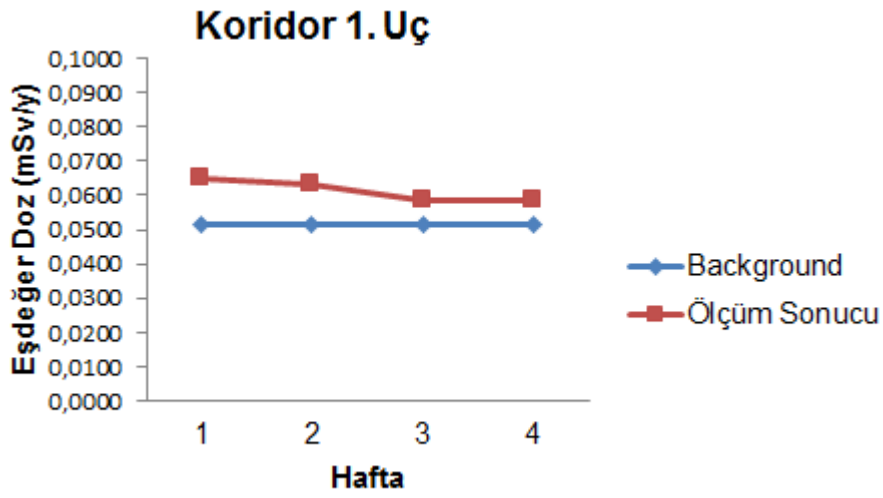
Şekil 6.1. Teknisyen dinlenme bölümü doz dağılımı



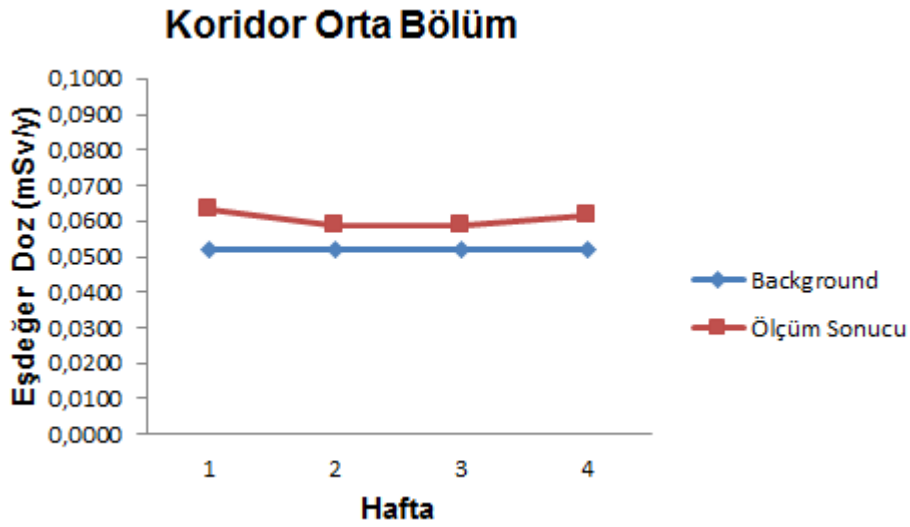
Şekil 6.2. Röntgen bölümü ortam doz dağılımı



Şekil 6.3. Röntgen film tab odası ortam doz dağılımı

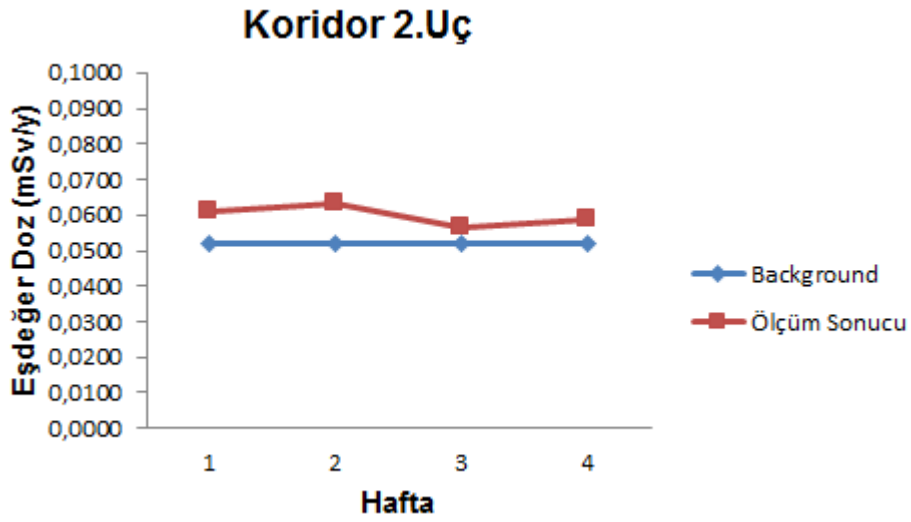


Şekil 6.4. Röntgen ünitesi koridor giriş bölümü ortam doz dağılımı



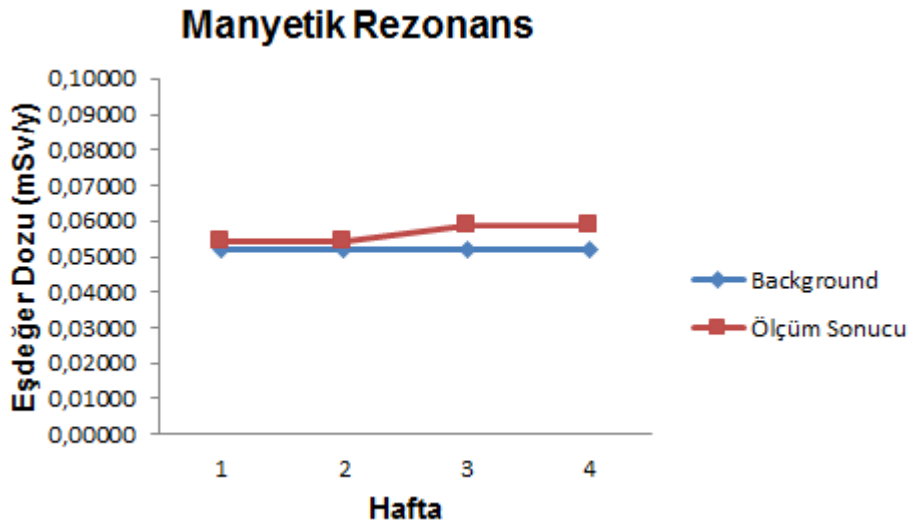
Şekil 6.5. Röntgen ünitesi koridor orta bölümü doz dağılımı





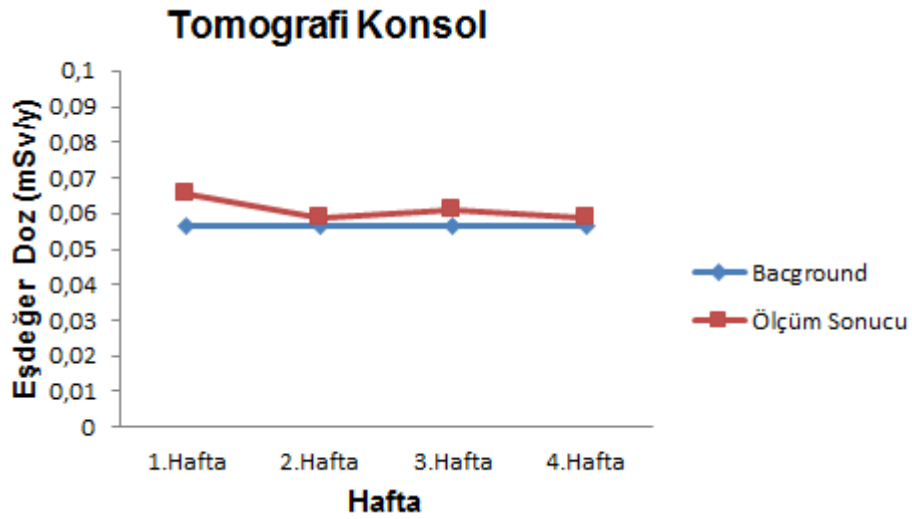
Şekil 6.6. Röntgen ünitesi koridor çıkış bölümü ortam doz dağılımı

Manyetik Rezonans ünitesinde hastanın bulunduğu ortamda ölçümler alınmıştır. Şekil 6.7. de alınan ölçüm sonuçları görülmektedir.

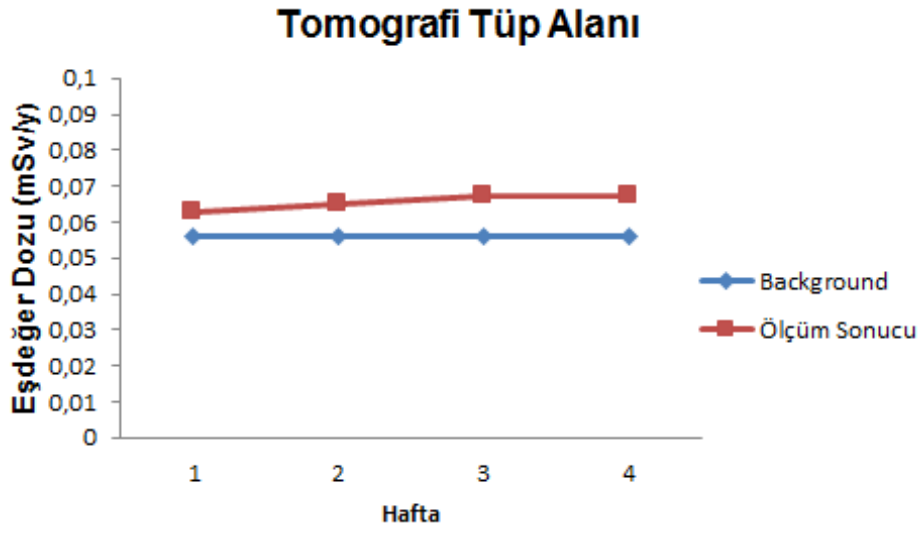


Şekil 6.7. Manyetik rezonans ortam doz dağılımı

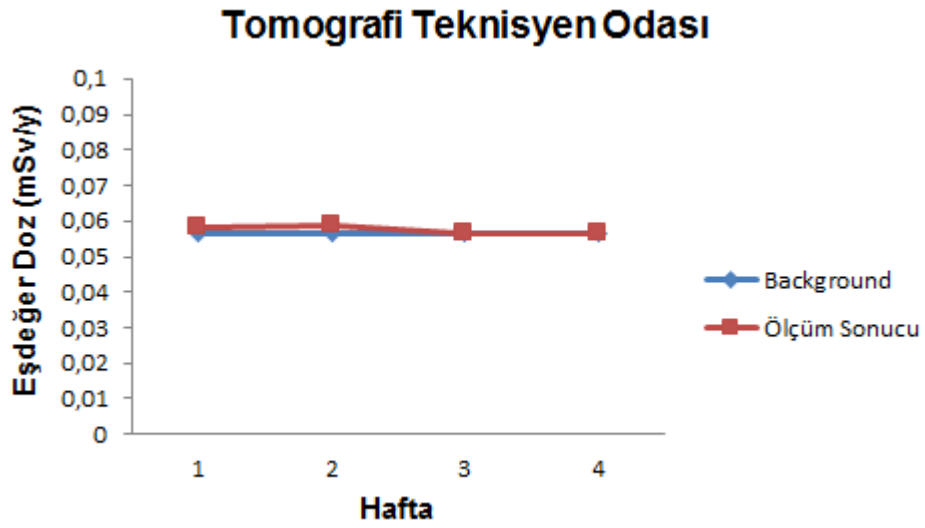
Bilgisayarlı Tomografi Röntgen bölümünün iki kat altında bulunmaktadır. Bu bölümde kayıt altına alınan koridorlar çekim alanına yeterli uzaklıkta olup çekim sırasında ortaya çıkan X ışınından bağımsızdır. Bilgisayarlı Tomografi teknisyeninin çekimi kontrol ettiği ve komut verdiği bölüm konsol olarak adlandırılmıştır. Çekimler sonrası dedektör gantri yanına konularak ölçüm alınan bölüm tomografi tüpü olarak adlandırılmıştır. Şekil 6.8- Şekil 6.13. de Bilgisayarlı Tomografi ünitesinde alınan ölçüm sonuçları görülmektedir.



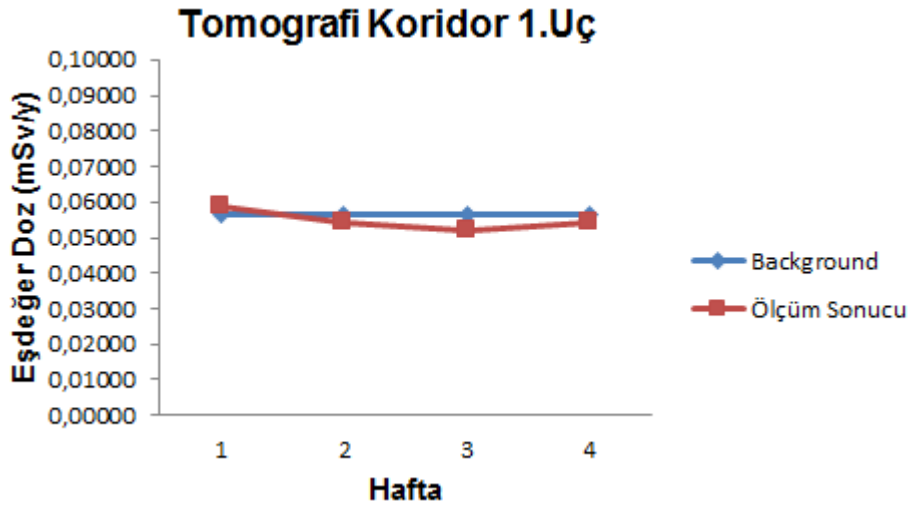
Şekil 6.8. Tomografi bölümü çekim alanı ortam doz dağılımı



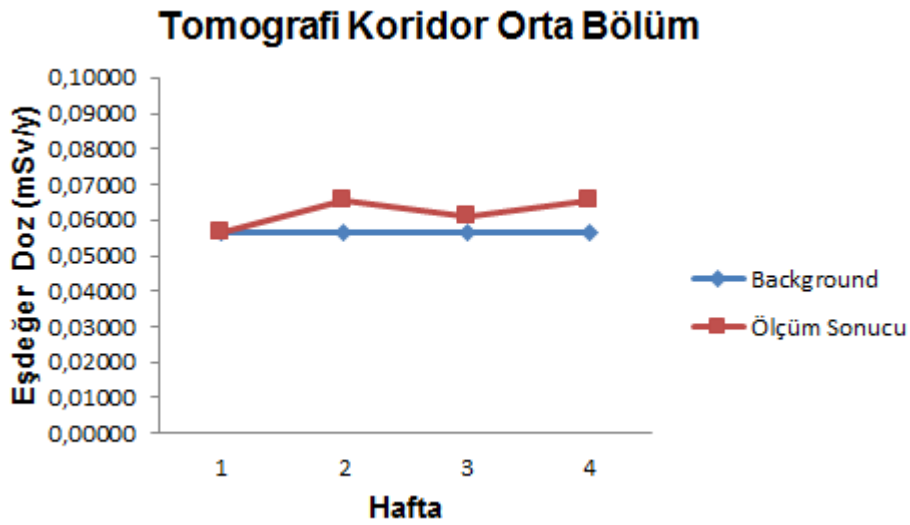
Şekil 6. 9. Tomografi bölümü hasta çekim ortam doz dağılımı



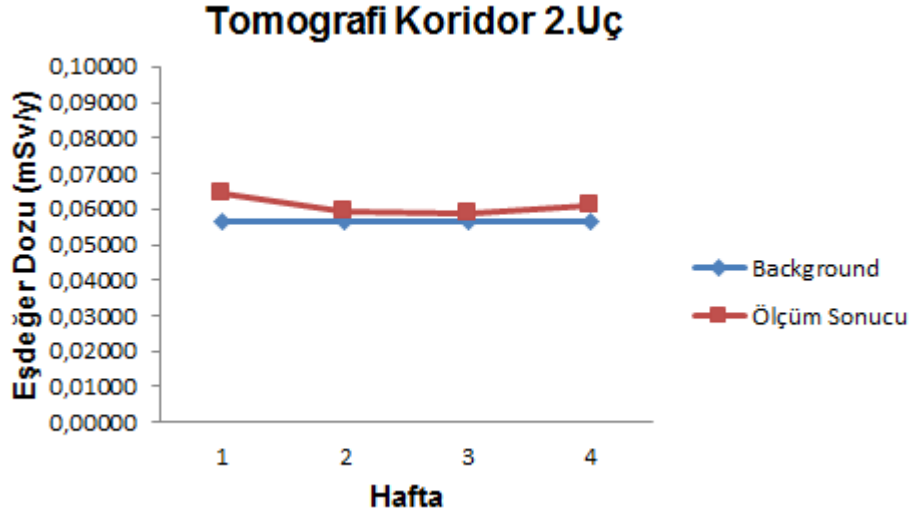
Şekil 6. 10. Tomografi teknisyen dinlenme odası ortam doz dağılımı



Şekil 6.11. Tomografi bölümü giriş koridoru ortam doz dağılımı



Şekil 6.12. Tomografi bölümü orta koridor ortam doz dağılımı



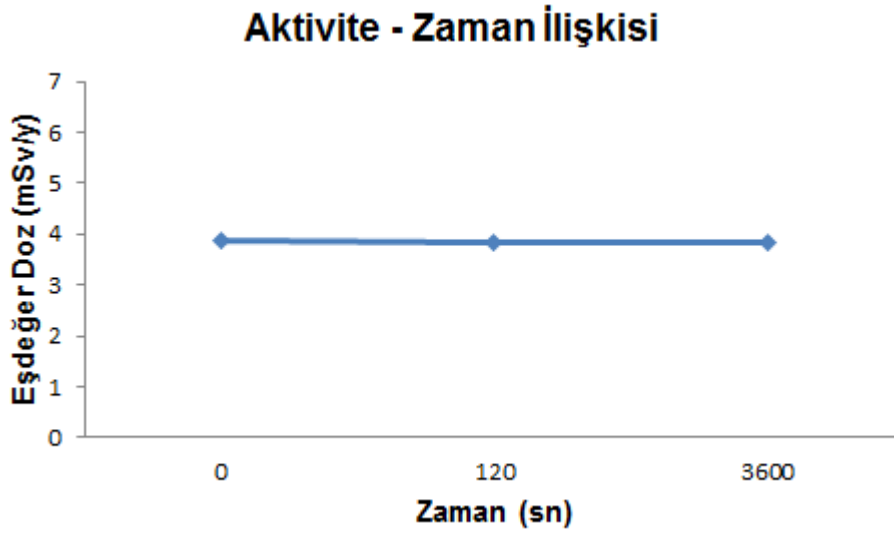
Şekil 6.13. Tomografi bölümü çıkış koridor ortam doz dağılımı

Şekil 6.14 'de Nükleer Tıp bölümünde hastaya 15 -30 mCi Tc-99m enjeksiyonundan hemen sonra hastayla 1 – 2 - 3 m uzaklıktan alınan ölçümler grafik olarak verilmiştir.



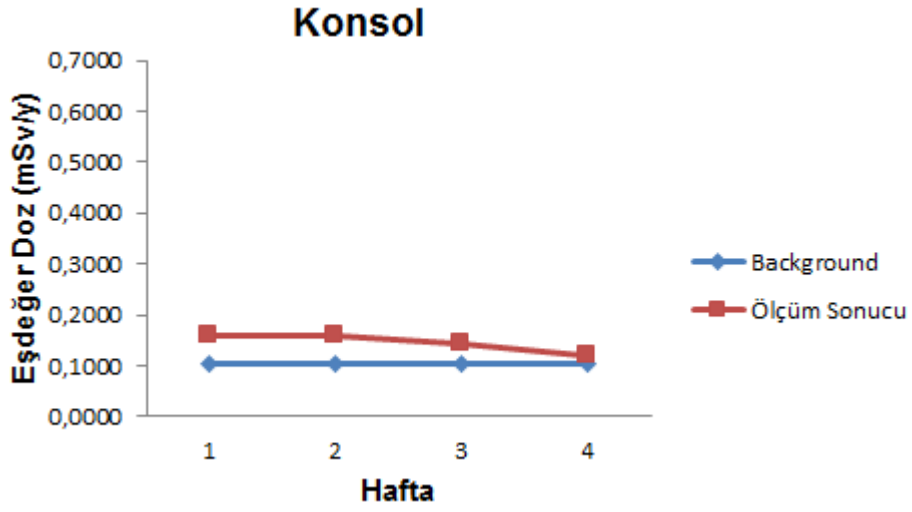
Şekil 6.14. Nükleer tıp enjeksiyon sonrası uzaklık-mesafe ilişkisi

Şekil 6.15.'de Nükleer Tıp ta Tc-99m aktivitesinin zamana bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Aktivitenin zamana bağlı olarak giderek azaldığı görülmektedir. Böylece ortama yayılan radyasyon dozu da azalacaktır.

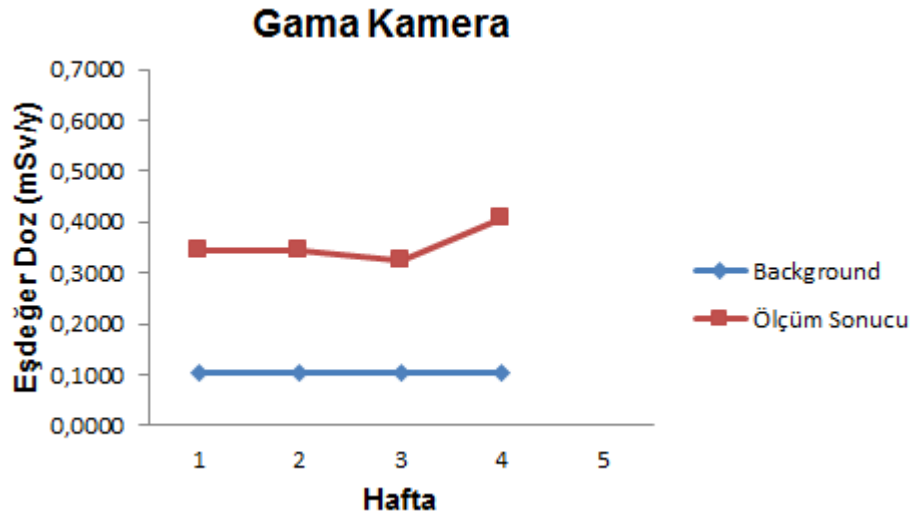


Şekil 6.15. Nükleer tıp eşdeğer doz-zaman ilişkisi

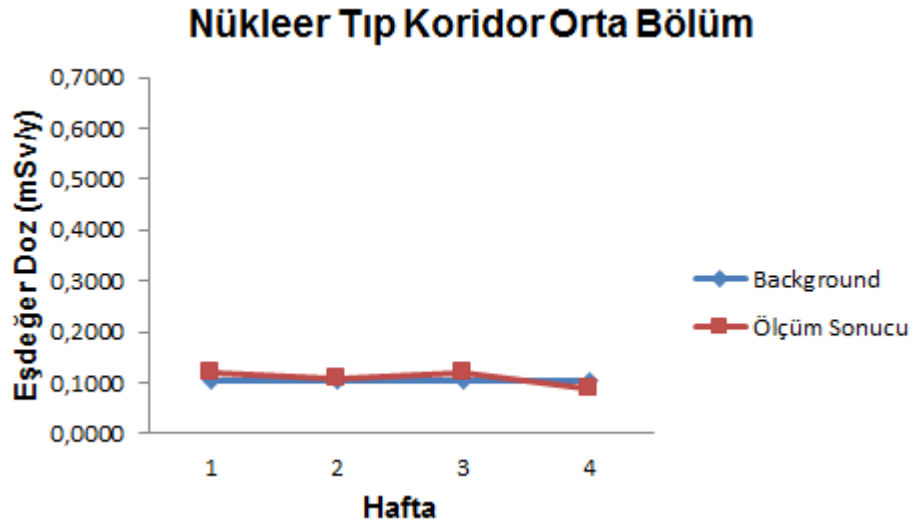
Konsol teknisyen ve doktorun çekimi ve bilgisayar sistemini kullandıkları bölümdür. Burada koridor 2. uç olarak geçen bölüm radyofarmasötiklerin bulunduğu sıcak odanın hemen önüdür. Diğer koridor bölümleri kamera ve hasta bekleme odalarından yeterli uzaklıktadır. Şekil 5.16- Şekil 5.19'de Nükleer Tıp ünitesi ölçüm sonuçları görülmektedir.



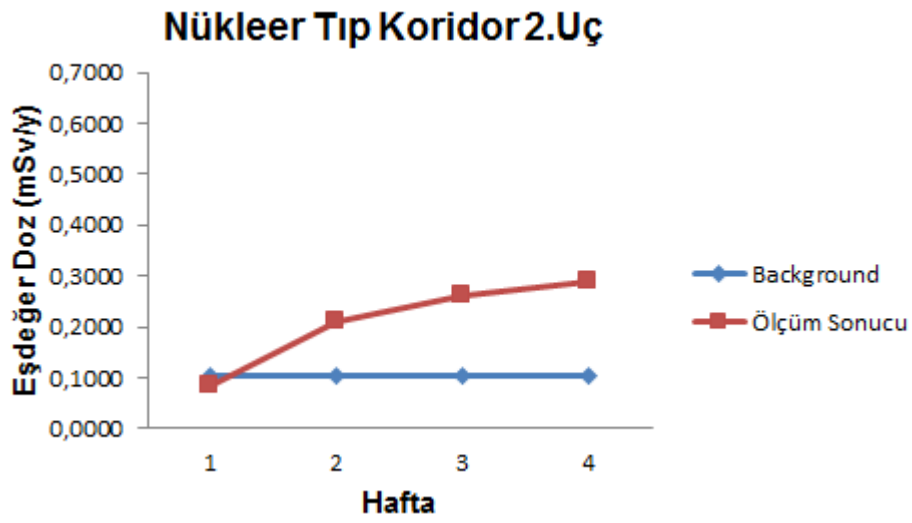
Şekil 6.16. Nükleer tıp teknisyen çekim planlama bölümü



Şekil 6.17. Nükleer tıp hasta görüntüleme bölümü



Şekil 6.18. Nükleer tıp koridor orta bölümü



Şekil 6.19. Nükleer tıp iç koridor bölümü



## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Amasya Üniversitesi Sabuncuoğlu Şerefeddin Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Radyoloji birimlerindeki ortam radyasyon doz miktarlarının dağılımı araştırılmıştır.

Çalışmada, radyasyonun miktarı ve dağılımının mesafe, zaman ve zırhlamaya bağlı değişimi incelenmiştir.

Ölçümler radyoloji ünitelerinin her birinde bir aylık olarak rastgele hasta sayısı ve rastgele tetkikler sırasındaki ortam dozları kaydedilerek oluşturulmuştur. Bilindiği üzere yapılan tetkik türü (Akciğer grafisi, Alt veya üst ekstremiteler v.b.) ve hasta yaşı, kilosu, o günde alınan hasta sayısı dozun değişken olmasına neden olacaktır. Yapılan çalışmamızda ortamdaki radyasyon düzeyi değerlendirildiğinden bu türden değişkenler dikkate alınmamıştır.

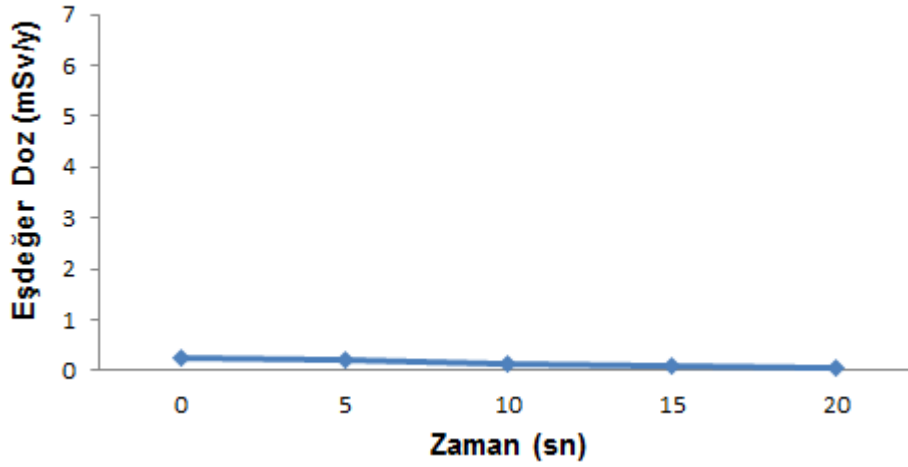
Röntgen bölümü ölçümlerinde,

Bölümdeki hasta alımı öncesi ortam background ölçümü alınmıştır. Alınan background ile tüm ölçüm sonuçları karşılaştırmalı olarak şekiller de verilmiştir. X- ışını kaynağından yeteri kadar uzaklıkta olan teknisyen odası (Şekil 6.1) ölçüm sonucu background düzeyine hemen hemen yakın değer verirken, hasta çekiminin yapıldığı röntgen odasında anlamlı olarak artış izlenmiştir. Çekilen filmlerin tab edilerek dijital ortamda görüntülenmesi sağlanan tab odası da röntgen odası ile birleşik olması nedeni ile değerler background düzeyi üzerinde izlenmiştir. (Şekil 6.2, Şekil 6.3) Aynı birimin koridoru röntgen ünitesine bitişik orta ve iki uç olarak üç bölümde ele alınmıştır. Şekil 6.4, Şekil 6.5, Şekil 6.6' da incelendiğinde orta bölümdeki doz dağılımının diğer kısımlara göre azda olsa yüksek olduğu görülmektedir.

Röntgen ünitesi için elde edilen sonuçlar standartlarla karşılaştırılabilmek için mSv/y birimine dönüştürülmüştür. Ölçüm sonuçları çalışanlar için belirlenmiş olan doz sınır değeri ile karşılaştırıldığında düşük olduğu görülmüştür. (< 50 mSv/y tek yıl için)

Her ne kadar doz oranı düşük tespit edilmiş olsa da çalışanların radyasyon korunma önlemlerine uymaları gerekmektedir. Özellikle çekim sırasında kolimasyonu kullanarak x-ışını hüzmelerini daraltmak, ALARA prensibine uymak, aynı kalitede görüntü için mümkün olan en düşük dozu vermek, kurşun paravan arkasından çekimden hemen sonra değil de 20-27 sn bekleyerek çıkmak aldıkları radyasyon miktarını daha da azaltacaktır. Şekil 7. 1 'de x- ışını uygulaması sonrası ortam dozunun background seviyesine ne kadar zamanda düşebileceği görülmektedir.

### X- Işını - Zaman İlişkisi



Şekil 7.1. Konvansiyonel röntgen doz – zaman ilişkisi

Çalışmaya iyonize radyasyon olmadığı bilinen manyetik rezonans birimi de diğer bölümlerle farkı gösterebilmek adına alınmıştır. Şekil 6.7. 'de görüldüğü gibi doz seviyesi oldukça düşük izlenmiştir.

Bilgisayarlı Tomografi Bölümünde;

Yüksek enerji ile çok kısa sürede kesitsel olarak görüntü veren bilgisayarlı tomografi ünitesinde hasta alınmadan önce ortam background ölçümü alınarak not edilmiştir. Çekim zamanında alınan ölçümler ile background ölçümü karşılaştırabilmek amacıyla grafikler oluşturuldu. Şekil 6.8. 'de Teknisyenin çekimin planlamasını yaptığı bölümde ortam doz dağılımı background düzeyinin bir miktar üzerinde izlenmekle birlikte Şekil 6.9.'a göre daha düşüktür. Bu da kaynağa uzaklık ile dozun azalacağını göstermekle birlikte Şekil 6.10. teknisyen odasında da aynı durum görülmektedir. Aynı birime ait olan koridorlara bakıldığında (Şekil 6. 11, Şekil 6.12, Şekil 6.13)

Orta bölümde tomografi tüpüne oldukça yakın olması ile uyumlu olarak diğer koridor bölümlerinden daha yüksek değerlerde izlenmiştir.

Yapılan çalışmada alınan ölçümler sınır değerlerle karşılaştırılabilmek için mSv/y olarak dönüştürülmüştür. Ölçümlere göre tomografi ünitesi doz miktarı röntgen bölümüne göre daha yüksektir. Çalışanın alacağı yıllık doz değeri <50 mSv/y olduğu görülmüştür.

Çalışanların özellikle çekim sırasında en fazla radyasyona maruz kalan ve hassasiyeti yüksek olan tiroidleri koruyabilmek adına tiroid koruyucu kullanmaları ve çekim sonrasında hasta yanına 20 – 30 sn bekleyerek girmeleri önerilebilir.

Hastanemizde yeni kurulmuş olan Nükleer tıp bölümünde yine bir aylık rastgele hastalarla rastgele yapılan tetkiklerde ölçümler alındı. Bu birimde hastaya verilen radyofarmasötik miktarı yayılan radyasyon oranını değiştirmektedir. Şekil 6.14 'te enjeksiyon sonrası hastaya 1m, 2m, 3m mesafelerde alınan ölçümler sonrasında uzaklığın karesi ile ters orantılı olacak şekilde ortam doz dağılımının azaldığı görülmektedir. Şekil 6.15 'te ise yine zamana bağlı olarak ortam doz oranının düştüğü izlenmektedir.

Uygulama sırasında doktor ve teknisyenin planlamayı yaptığı bölümde (Şekil 6.16) doz oranının hastanın bulunduğu bölüme göre (Şekil 6.17) daha düşük olarak izlenmiştir. Bölümdeki koridor iki bölümde ele alınmıştır. Koridor orta bölüm birimin dışında olduğundan bu bölümdeki doz background düzeyindedir. (Şekil 6.18) Koridor 2.uç olarak ölçüm yapılan kısım ise aktivitelerin bulunduğu bölümün hemen önündedir. Bu bölümde her ne kadar kurşun zırlı kapıda olmuş olsa ortam dozu yüksek izlenmiştir. (Şekil 6.19) Genel olarak değerlendirildiğinde ortam doz değeri Nükleer Tıp biriminde diğer birimlerden çok daha yüksek izlenmiştir.

- Nükleer tıpta aktivite ölçümleri ve sağıaltım sırasında ortam dozu ölçülerek not edilmeli,
- Sıcak oda girişinde galoşmatik bulunmalı ve odadan çıkışta çıkartılmalı,
- Aktivite enjekte edilen hasta yanına refakatçi alınmamalı ve hastalar kurşun plaka kaplı bir odada bulundurulmalı,
- Tüm sağılık personeline uzman bölümlerin doktorları da dahil radyasyon güvenliğı, alınan dozlar ve tehlikeleri konulu eğitimler verilmeli,
- Alara prensibine uymaları konusunda bilgilendirme yapılmalı,
- Mümkünse Nükleer tıpta elektronik enjektör kullanılmalı,
- Doz azaltılması sürecinin devamlı ve sürekli olabilmesi için: Kullanıcı ( teknisyen, doktor) eğitimi, ekipmanın modifikasyonu, protokol ve terminolojinin standardizasyonu, daha düşük dozlarda kaliteli tetkiklerin elde edilebilmesinin yollarının araştırılması gerekmektedir.

## 8. KAYNAKLAR

Algüneş, Ç. ,” Radyasyon Biyofiziği 1. Basım.”, *Trakya Üniversitesi Yayınları*, Edirne,51-62 (2002).

Arya, A., ”Çekirdek Fizığının Esasları”, Yusuf Şahin, *Aktif Yayınevi*, Erzurum, 224-280 (1999).

Bakar, K. , “Nükleer Tıp Alanında Çalışan Personelin Maruz Kaldığı Radyasyonun Fiziksel Dozimetre ile Belirlenmesi ve Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 96 (2012)

Brenner, D. , Elliston, C. , Hall, E. , Berdon, W., “Estimates Of The Cancer Risks From Pediatric Ct Radiation Are Not Merely Theoretical”, *Med Phys*, 28 (2001)

Demir, M., “Nükleer Tıp Fizığı ve Klinik Uygulamaları”, *Bayrak Matbaası*, Ankara, (2008)

Devi, P. , Hossain, M. , “Evaluation Of The Cytogenetic Damage And Progenitor Cell Survival In Foetal Liver Of Mice Exposed To Gamma Radiation During The Early Foetal Period”, *Int Journal Radiation Biology*, 76 (2000)

Eken, A. , Aydin, A. , Erdem, O. , Akay, C. , Sanal, H. , Soykut, B. , Sayal, A. ,Somuncu, I. ,”Cytogenetic Analysis Of Peripheral Blood Lymphocytes Of Hospital Staff Occupationally Exposed To Low Doses Of Ionizing Radiation”, *Toxicol Ind Health, Apr [Epub ahead of print]* 26 (2010)

Gençay, Ş. , “Nükleer Elektrik ve Çevre, Elektrik Enerjisi ve Teknolojileri Sempozyumu”, *İTÜ Yayınları*, İstanbul, (1994)

Gökçe, S., “Araştırma Görevlilerinin Radyolojik Tetkiklerde Maruz Kalınan İyonizan Radyasyon Dozları ve Kanser Riskine İlişkin Farkındalıkları”, Uzmanlık Tezi, *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi*, Samsun, 115 (2009)

Güngör, N. , “Sağlık Fiziği”, *İ.T.Ü. Matbaası*, İstanbul, (1991)

Guler ,C., Çobanoğlu ,Z., “Elektromanyetik Radyasyon Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi”; 32: 28-11 (1994)

International Atomic Energy Agency, “Radiation Safety”, *IAEA Division of Public Information*, 96-00725 IAEA/PI/A47E (1996).

International Commission on Radiological Protection. “ICRP publication 60”: *Raport 1990 Recommendation of the ICRP. NY: Pergammon, New York*, (1991)

İnternet: [www.tumradder.net](http://www.tumradder.net), (2006) Erişim Tarihi: 15.01. 2015

Karen E. , Thomas, B.W., “Age-Spesific Effective Doses For Pediatric Msct Examinations At A Large Children’s Hospital Using Dlp Conversion Coefficients: A Simple Estimation Method”. *Pediatr Radiol.* 38:645-656 (2008)

Krane, K., S.,”Nükleer Fizik 1.cilt”, Prof. Dr. Başar Şarer, *Palme Yayıncılık*, Ankara,174-248 (1998)

Lee, C. , Haims, A. , Monico, E. , Brink, J. , Forman, H. , “Diagnostic Ct Scans: Assessment Of Patient, Physician, And Radiologist Awareness Of Radiation Dose And Possible Risks”. *Radiology*, 231:393 – 8 (2004)

Malladi, S. , Bhilwade, H. , Khan, M. , Chaubey, R. , “Gamma Ray Induced Genetic Changes In Different Organs Of Chick Embryo Using Peripheral Blood Micronucleus Test And Comet Assay”, *Mutat Res.*, 15 ; 630 [1-2] : 20 – 7 (2007)

Martínez, A. , Coleman, M. , Romero-Talamás, C. , Frias, S., “An Assessment Of Immediate Dna Damage To Occupationally Exposed Workers To Low Dose Ionizingradiation By Using The Comet Assay”, *Rev Invest Clin.* , 62 [1]: 23 - 30 (2010)

National Council on Radiation Protection and Measurements [NCRP], “Medical X-Ray and Gamma Ray Protection for Energies Up To 10 MeV”, Rapor, *National Council on Radiation Protection and Measurements.*, , NCRP Report No. 33., Washington (1968)

Öner, F., Radyasyon ve Canlılar Üzerine Etkisi, Ders Notu, *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi*, Amasya

Önen, S., Radyasyon Biyofiziği Ders Kitabı , *İstanbul Üniversitesi, Basımevi*, İstanbul (1993)

Özbayrak, S., Diş Hekimliğinde Röntgen Işınları,Etkileri ve Radyasyondan Korunma, *Cemay organizasyon Matbaacılık*, İstanbul (1987)

Puthran, S., Sudha, K. , Rao, GM. , Shetty, BV., “Oxidative Stress And Low Dose Ionizing Radiation”, *Indian J Physiol Pharmacol*, 53 [2] :181 – 4 (2009)

Şeker, S. , Çerezci, O., “Radyasyon Kuşatması”, *Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi*, İstanbul, (2000)

TAEK, Radyasyon, İnsan ve Çevre, *TAEK*, Ankara, 3-32 (2009)

Togay, Y. , “Radyasyon ve Biz” *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları*, Ankara ,37,(2002)

UNSCEAR, “Ionizing Radiation: Sources And Biological Effects, Annex B: Exposures to Natural Radiation Sources”, *UNSCEAR 1982 Report*, New york,1 - 81(1982)  
[http://www.unscear.org/docs/reports/1982/1982-B\\_unscear.pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/1982/1982-B_unscear.pdf)

Erişim Tarihi:29.05.2015

Undarmaa, B. , Kodoma, S. , Suzuki, K. , Niwa, O. , Watanabe, M., “X-Rayinduced Telomeric Instability In Atm-Deficient Mouse Cell”., *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 315:51 – 58 (2004)

Ünver, M.B. , “In Vitro Ortamda Radyasyona Maruz Bırakılan İnsan Kan Hücrelerinin Sitolojik, Sitogenetik ve Sitokimyasal Yönden Araştırılması”, yüksek lisans tezi,Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Kırıkkale, (2008)

Yaren, H., Karayılanoğlu, T., "Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri", *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*,4(4) 199-208 (2005)

Yülek, G.G., “Radyasyon Fiziği ve Radyasyondan Korunma”, *SEK Yay.14. Semih Ofset Ltd. Şti.* Ankara,. 128 (1982)

Zhang, Q., Hu J. , Rommereim, D. , Murphy, M. , Phipps, R. , Huso, D. , Dicello, J. , “Application Of High-Resolution 1H Mas NMR Spectroscopy To The Analysis Of Intact Bones From Mice Exposed To Gamma Radiation”, *Radiat Res.*, 172 [5] : 607 – 16 (2009)



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı Adı : COŞKUN, Arzu  
 Doğum tarihi ve yeri : 12.03.1977 Samsun  
 Medeni Hali : Evli  
 e-mail : arzucos@hotmail.com

<b>Eğitim</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet Tarihi</b>
<b>Önlisans</b>	: 19 Mayıs Üniversitesi Radyoloji Bölümü	1997
<b>Lisans</b>	: 19 Mayıs Üniversitesi Fen – Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü	2001
<b>Pedagojik Formasyon</b>	: Amasya Üniversitesi	2013
<b>Önlisans</b>	: Atatürk Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü	2015
<b>Önlisans</b>	: Amasya Üniversitesi SMYO Optisyenlik	-

### İş Deneyimi

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
1996 – 2001	Samsun Özel Şifa Tıp Merkezi	Tekniker
2001 – 2009	Merzifon Dershaneleri	Öğretmen
2009 – 2010	Bahçeşehir Koleji Amasya	Öğretmen
2010 – 2012	Özel Sevgi Başarır Eğitim Kurumları	Öğretmen
2012 – 2013	Amasya Dershaneleri	Öğretmen

### **Sertifikalar**

1. İş Sağlığı ve Güvenliği C Sınıfı Uzmanlık Belgesi (ÇSGB)
2. OHSAS 18001 Occupational Health And Safety Management System Basic Training (Süleyman Demirel Üniversitesi)
3. ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi Eğitimi Başarı Sertifikası(Süleyman Demirel Üniversitesi)
4. ISO 9001 : 2008 İç Tetkikçi Eğitimi Başarı Sertifikası(Süleyman Demirel Üniversitesi)
5. OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Başarı Sertifikası(Süleyman Demirel Üniversitesi)
6. ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Eğitimi Başarı Sertifikası(Süleyman Demirel Üniversitesi)
7. ISO 9001:2008 Internal Auditor Training Certificate(Süleyman Demirel Üniversitesi)
8. ISO 9001:2008 Quality Management System Basic Training Certificate(Süleyman Demirel Üniversitesi)
9. ISO 14001 Environmental Management System Basic Training Certificate(Süleyman Demirel Üniversitesi)

### **Aldığı Eğitimler**

1. “ Uygulamalı Radyofarmasi Kursu” Konulu Eğitime Katılarak Sertifikalandırılmıştır (2015).
2. XV. Ulusal Medikal Fizik Kongresi ” Konulu Eğitime Katılarak Sertifikalandırılmıştır (2015).

**Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler**

1. Coşkun,A., Mavi, B., 2015. Radyolojik İşlemler Sırasında Maruz Kalınan External Radyasyon Doz Oranının Belirlenmesi (15. Ulusal Medikal Fizik Kongresi, 16-19 Mayıs, Trabzon)
2. Coşkun,A., Mavi, B., 2015. Radyofarmasötiklerden Yayılan Radyasyonun Zamana ve Mesafeye Bağlı Değişiminin İncelenmesi . ( 15. Ulusal Medikal Fizik Kongresi, 16-19 Mayıs, Trabzon)

**Görev Aldığı Projeler**

Amasya Üniversitesi, FMB – BAP – 15 – 095 no’lu proje : Amasya ilinde doğal ve teknolojik radyoaktivite incelemesi – Araştırmacı

**SCI, SSCI VE AHCI Tarafından Taranan Dergilerde Yayımlanan Teknik Not, Editöre Mektup, Tartışma, Vak’a Takdimi ve Özet Türünden Yayınlar Dışındaki Makale**

Coşkun, A., Mavi, B. Investigation of External Radiation Dose Changes in Some X-ray Applications

**Yabancı Dil**

İngilizce