

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ISPARTA'NIN YALVAÇ İLÇESİ VE ÇEVRESİNİN DOĞAL FON
(BACKGROUND) RADYASYON DÜZEYLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Halim BÜYÜKUSLU

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Abdullah KAPLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2007**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Radyasyon Nedir?.....	1
1.2. İyonlaştırıcı Radyasyon.....	2
1.2.1. Alfa Parçacığı.....	2
1.2.2. Beta Parçacığı.....	2
1.2.3. X-Işınları.....	3
1.2.4. Gama Işınları.....	3
1.2.5. Nötronlar.....	4
1.3. Radyasyon Kaynakları.....	4
1.3.1. Doğal Radyasyon Kaynakları.....	5
1.3.1.1. Kozmik Radyasyon.....	6
1.3.1.2. Gama Radyasyonu.....	7
1.3.1.3. Radon.....	7
1.3.1.4. İnsan Vücudundaki Radyoaktivite.....	9
1.3.2. Yapay Radyasyon Kaynakları.....	9
1.3.3. Doğal Radyoaktif Seriler.....	11
1.4. Radyasyon Ölçüm Metotları ve Cihazları.....	12
1.4.1. Kişisel Dozimetreler.....	14
1.4.2. Radyasyon Sayaçları.....	14
1.5. Radyasyon Birimleri.....	17
1.5.1. Aktivite Birimi.....	17
1.5.2. Işınlama Birimi.....	18
1.5.3. Soğurulmuş Doz.....	18
1.5.4. Doz Eşdeğeri.....	18

1.6. Baz İstasyonları.....	19
1.7. Radyasyonun İnsan Sağlığına Etkileri.....	24
1.7.1. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Etkileri.....	25
1.7.1.1. Morötesi Işınlarmın Etkileri.....	25
1.7.1.2. Mikrodalgalar.....	26
1.7.1.3. Lazer Dahil Görünür Işınlarm.....	26
1.7.1.4. Kızılötesi Radyasyon.....	26
1.7.2. İyonlaştırıcı Radyasyonun Etkileri.....	26
1.7.2.1. Moleküler/Hücreyel Düzeyde Etki.....	27
1.7.2.2. Doku/Sistem Düzeyinde Etki.....	27
1.7.2.3. Akut Radyasyon Sendromu.....	28
1.8. Yalvaç ve Antiocheia Pisidia Antik Kenti.....	31
1.8.1. Yalvaç.....	31
1.8.2. Antiocheia Pisidia.....	31
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
2.1. Doğal Ortam Radyasyonu Ölçüm Alanı.....	33
2.2. Cihaz Tanıtımı.....	34
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	37
3.1. Bina İçindeki Ölçüm Sonuçları.....	38
3.2. Bina Dışındaki Ölçüm Sonuçları.....	40
3.3. Antiocheia Pisidia Antik Kentindeki Ölçüm Sonuçları.....	42
3.4. Baz İstasyonundaki Ölçüm Sonuçları.....	44
3.5. Ortalama Ölçüm Değerleri.....	50
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	53
4.1. Bina İçı Ölçümleri.....	53
4.2. Bina Dışı Ölçümleri.....	53
4.3. Antiocheia Pisidia Antik Kenti Ölçümleri.....	54
4.4. Baz İstasyonu Ölçümleri.....	54
5. KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	59

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISPARTA’NIN YALVAÇ İLÇESİ VE ÇEVRESİNİN DOĞAL FON (BACKGROUND) RADYASYON DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Halim BÜYÜKUSLU

**Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı**

Jüri: Prof. Dr. Semiha Bahçeli
Doç. Dr. Eyyüp Tel
Yrd. Doç. Dr. Abdullah Kaplan (Danışman)

Bir bölgedeki doğal radyasyon oranının bilinmesi, o bölge açısından olası radyasyon değişimlerinin tespit edilmesi bakımından oldukça önemlidir. Günlük hayatımızda gerek doğal ve gerekse yapay kaynaklardan meydana gelen radyasyonlara maruz kalırız. Nükleer teknolojilerin birçok alanda kullanılmasıyla da doğal ortamdaki radyasyon değişimleri kaçınılmazdır. Bu değişimlerin tespiti de önceki radyasyonun bilinmesi ile mümkündür. Ayrıca, çevresel ortamda bulunan radyonüklidler ile insanların bu kaynaklardan aldıkları radyasyon dozu arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekir. Bu tür sistematik araştırmalar sonucu bir bölgenin doğal radyasyonunun çevre yönünden sağlıklı yaşama uygun olup olmadığına karar verilebilir. Bu amaçla; bu çalışmada, Isparta'nın Yalvaç ilçesi ve çevresinin doğal ortam (background) radyasyonunun çeşitli parametrelere bağlı olarak ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçümler; Geiger-Mueller LND712 dedektörü kullanılarak, bir yıl boyunca her ay; Antiocheia Pisidia Antik Kenti, baz istasyonu, bina içi ve dışı olmak üzere dört farklı noktada yapılmıştır. Yalvaç ve çevresinde ölçülen radyasyon dozunun yaşam süresince yıllık alınması gereken doz limitleri içinde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Radyasyon, Geiger-Mueller LND712, Antiocheia Pisidia Antik Kenti

2007, 59 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE INVESTIGATION OF NATURAL BACKGROUND RADIATION LEVELS OF ISPARTA'S YALVAÇ COUNTY AND ITS SURROUNDINGS

Halim BÜYÜKUSLU

**Süleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences
Physics Department**

Thesis Committee: Prof. Dr. Semiha Bahçeli
Assoc. Prof. Eyyüp Tel
Asst.Prof. Abdullah Kaplan (Supervisor)

The recognition of the ratio of natural radiation in any region is of great importance to detect the possible radiation variations in that region. In our daily life, we are exposed to the radiations stemming from both the natural and artificial sources. Because of the use of nuclear technologies in several fields the radiation variations in natural environment are inevitable. The detection of these variations is made possible through the knowledge of previous radiation. Moreover, it is essential to determine the affinity between the radionuclides in environmental area and the people who received from the radiation dose which are got from them. As a consequence of these kinds of systematic researches it can be decided according to whether the natural radiation of any region is environmentally suitable for healthy life. In this framework the present study reports the natural background radiation measurements of Isparta's Yalvaç county and its surroundings depending on various parameters.

Measurements have been verified every month during one year, using Geiger-Mueller LND712 detector; in the Antiocheia Pisidia Antique city, base station, inside and outside of a house which are built in four different places. It has been detected that the radiation dose being measurement in Yalvaç and its surroundings takes place in the limits that must be taken each year all the lifespan.

Key Words: Natural Background Radiation, Geiger-Mueller LND712, Antiocheia Pisidia Antique city

2007, 59 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorluklarda yardımcı olan, tezimin yazımına kadar her aşamada yardımlarını esirgemeyen değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Abdullah KAPLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin kontrolünde bana yardımcı olan öğrencilerime, ölçümleri alırken ve tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Halim BÜYÜKUSLU

ISPARTA, 2007

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. İyonlaştırıcı radyasyonun giricilikleri.....	4
Şekil 1.2. Dünya genelinde doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından alınan dozların oranları.....	5
Şekil 1.3. Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değeri.....	6
Şekil 1.4. Dünya genelinde yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değeri.....	10
Şekil 1.5. Elektronik, Termolüminesans, Film Dozimetreleri.....	13
Şekil 1.6. Tipik bir yüzey bulaşma ölçüm cihazı.....	14
Şekil 1.7. Geiger sayacı diyagramı; merkezdeki tel ile metal tüp arasındaki voltaj 1000V'dur.....	15
Şekil 1.8. GSM baz istasyonlarında kullanılan tipik antenlerin ışınma örüntüsü örneği.....	20
Şekil 2.1. Baz istasyonunun görüntüsü.....	33
Şekil 2.2. Antiocheia Pisidia'dan bir görüntü.....	34
Şekil 2.3. Yalvaç'tan genel bir görüntü.....	34
Şekil 2.4. Geiger-Mueller LND712 dedektörü.....	35
Şekil 3.1. Bina içindeki radyasyon ölçümü (cpm).....	39
Şekil 3.2. Bina içindeki radyasyon ölçümü ($\mu\text{Sv/h}$).....	39
Şekil 3.3. Bina dışındaki radyasyon ölçümü (cpm).....	41
Şekil 3.4. Bina dışındaki radyasyon ölçümü ($\mu\text{Sv/h}$).....	41
Şekil 3.5. Antik kentteki radyasyon ölçümü (cpm).....	43
Şekil 3.6. Antik kentteki radyasyon ölçümü ($\mu\text{Sv/h}$).....	43
Şekil 3.7. Baz istasyonu 5 m mesafedeki radyasyon ölçümü (cpm).....	45
Şekil 3.8. Baz istasyonu 5 m mesafedeki radyasyon ölçümü ($\mu\text{Sv/h}$).....	45
Şekil 3.9. Baz istasyonu 10 m mesafedeki radyasyon ölçümü (cpm).....	47
Şekil 3.10. Baz istasyonu 10 m mesafedeki radyasyon ölçümü ($\mu\text{Sv/h}$).....	47
Şekil 3.11. Baz istasyonu 50 m mesafedeki radyasyon ölçümü (cpm).....	49
Şekil 3.12. Baz istasyonu 50 m mesafedeki radyasyon ölçümü ($\mu\text{Sv/h}$).....	49
Şekil 3.13. Yıllık ortalama cpm grafiği	51
Şekil 3.14. Yıllık ortalama $\mu\text{Sv/h}$ grafiği.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Anaç çekirdekler ve yarı ömürleri.....	11
Çizelge 1.2. Radyasyon doz birimleri.....	19
Çizelge 1.3. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri.....	23
Çizelge 1.4. Akut radyasyon sendromlarının başlangıç fazı.....	30
Çizelge 2.1. LND712 Dedektörü teknik özellikleri.....	35
Çizelge 3.1. Bina içindeki radyasyon ölçüm değerleri.....	38
Çizelge 3.2. Bina dışındaki radyasyon ölçüm değerleri	40
Çizelge 3.3. Antik kentteki radyasyon ölçüm değerleri	42
Çizelge 3.4 Baz istasyonu 5 m mesafedeki radyasyon ölçüm değerleri.....	44
Çizelge 3.5 Baz istasyonu 10 m mesafedeki radyasyon ölçüm değerleri.....	46
Çizelge 3.6. Baz istasyonu 50 m mesafedeki radyasyon ölçüm değerleri	48
Çizelge 3.7. Yıllık ortalama cpm değerleri	50
Çizelge 3.8. Yıllık ortalama $\mu\text{Sv/h}$ değerleri.....	50
Çizelge 3.9. Radyasyon çalışanları ve toplum üyesi için doz sınırları.....	52
Çizelge 3.10. Ölçüm noktalarında bir yılda alınan mSv değerleri.....	52

1. GİRİŞ

1.1. Radyasyon Nedir?

Radyasyonu ortamda yol alan enerji olarak tanımlamak mümkündür. Bu tanım kapsamında, doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararlı yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromagnetik dalga şeklinde taşınan fazla enerjilere **radyasyon** denir.

Radyasyonu temel olarak iki şekilde sınıflandırabiliriz. Bunlar, “**parçacık**” ve “**dalga**” tipi radyasyonlardır. Parçacık radyasyonu; belli bir kütle ve enerjiye sahip çok hızlı hareket eden parçacıkları ifade eder. Bunlar hızla giden mermilere benzerler, ancak gözle görülemeyecek kadar küçüktürler. Dalga tipi radyasyon; belli bir enerjiye sahip ancak kütsüz radyasyon çeşididir. Bunlar, titreşim yaparak ilerleyen elektrik ve magnetik enerji dalgaları gibidir. Görünür ışık dalga tipi radyasyonun bir çeşididir. Bütün dalga tipi radyasyonlar ışık hızıyla (3×10^8 m/s) hareket ederler.

Doğada mevcut bulunan kararsız elementler kararlı yapıya geçmeye çalışırken, hiçbir dış müdahale olmadan, sahip oldukları fazla enerjilerini çekirdeklerinden dışarı salarlar. Böyle elementlere doğal radyoaktif elementler, bunların enerji salma olayına da doğal radyoaktivite denir. Doğada kararlı olarak bulunan izotoplar da yapay yollarla kararsız (radyoaktif) hale getirilebilirler. Radyoaktif hale gelen çekirdek parçalanmaya uğrar. Bu olay yapay radyoaktivite olarak adlandırılır (Togay, 2002).

Parçacık ve dalga tipli radyasyonları da iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlar “**iyonlaştırıcı**” ve “**iyonlaştırıcı olmayan**” radyasyonlardır. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon türleri

- Morötesi
- Kızılötesi
- Radyo dalgaları
- Mikrodalgalar

dır.

1.2. İyonlaştırıcı Radyasyon

İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyon demektir. İyon meydana gelmesi yani iyonizasyon olayı herhangi bir maddede meydana gelebileceği gibi, insanlar dahil tüm canlılarda da oluşabilir. O halde iyonlaştırıcı radyasyonlar, önlem alınmadığı takdirde tüm canlılar için zararlı olabilecek radyasyon çeşitleridir. Başlıca beş iyonlaştırıcı radyasyon çeşidi vardır. Bunlar, Alfa parçacıkları, Beta parçacıkları, X-ışınları, Gama ışınları ve Nötronlardır.

1.2.1. Alfa Parçacığı

Alfa parçacığı, iki proton ve iki nötrondan oluşmuş bir helyum (${}^2\text{He}^4$) çekirdeğidir ve pozitif yüklüdür. α işaretiyle gösterilirler. Çekirdeğin, alfa çıkararak parçalanması olayı atom numarası büyük izotoplarda görülür ve genellikle doğal radyoaktif atomlarda rastlanır. Alfa parçacıklarını çok küçük kalınlıklardaki maddelerle (örneğin ince bir kağıt tabaka ile) durdurmak mümkündür. Bunun sebebi, diğer radyasyon çeşitlerine göre sahip oldukları nispeten büyük elektrik yükleridir. Sahip oldukları bu elektrik yükü, alfa parçacıklarının herhangi bir madde içerisinden geçerken yolları üzerinde yoğun bir iyonlaşma meydana getirmelerine ve bu yüzden de enerjilerini çabucak kaybetmelerine yol açar. Enerjilerini bu şekilde çabucak kaybeden alfa parçacıklarının erişme uzaklıkları da dolayısıyla çok kısadır. Bu yüzden de normal olarak dış radyasyon tehlikesi yaratmazlar. Ancak, mide, solunum ve yaralar vasıtasıyla vücuda girdiklerinde tehlikeli olabilirler (Togay, 2002).

1.2.2. Beta Parçacığı

Beta parçacıkları da alfa parçacıkları gibi belli bir yük ve kütleyle sahip olduklarından, madde içerisinden geçerken yolları üzerinde iyonlaşmaya sebep olurlar. Ancak bu iyonlaşma, alfa parçacıklarının oluşturduğu iyonlaşmadan daha azdır. Çünkü, bu parçacıklar alfa parçacıklarına göre daha hafif ve yüz kere daha giricidirler. Yine de bunlardan korunmak için ince alüminyum levhadan yapılmış bir zırh malzemesi yeterlidir (Togay, 2002).

1.2.3. X-Işınları

Röntgen ışınları da denilen X-ışınları, görünür ışık dalgaları ve mor ötesi ışınları gibi dalga şeklindedir. Bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar o atomun ilk yörüngelerinden elektronlar koparılır. Atomdan kopan bu elektronun yerine daha yüksek düzeylerden (üst yörüngelerden) elektronlar atlayarak kopan elektronun yerindeki boşluğu doldururlar. Bu sırada ortaya çıkan enerji fazlalığı X-ışını şeklinde dışarı salınır.

X-ışını yapay olarak, röntgen tüplerinde de elde edilir. Tüp içerisinde ısıtılmış katottan yayılan elektronlar, onbinlerce Voltluk gerilimle hızlandırılarak karşıdaki hedef anota çarptırılır. Bu çarpışma sonucu elektronlar durdurulurken elektronların kaybettiği enerji, X-ışınları olarak yayınlanır (Togay, 2002).

1.2.4. Gama Işınları

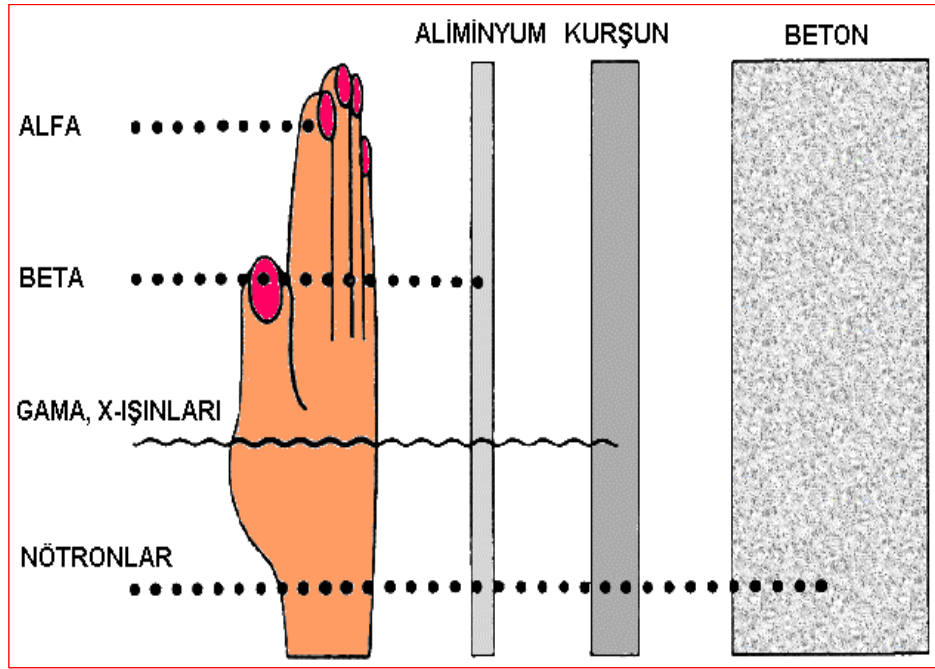
Gama ışınlarının kaynağı, atomun çekirdeğidir. Bu ışınlar, atom çekirdeğinin enerji düzeylerindeki farklılıklardan meydana gelir. Çekirdek bir alfa veya bir beta parçacığı çıkarttıktan sonra genellikle kararlı bir durumda olmaz. Fazla kalan çekirdek enerjisi bir elektromagnetik radyasyon halinde yayınlanır. Gama ışınları, beta ışınlarından daha yüksek enerjili ve dolayısıyla daha girici (nüfuz edici) ışınlardır. γ ile gösterilirler.

Gama ve X-ışınlarının, alfa ve beta parçacıklarına göre madde içine nüfuz etme kabiliyetleri çok daha fazla, iyonlaşmaya sebep olma etkileri ise çok daha azdır. Ancak, birkaç santimetre kalınlığındaki kurşun tuğlalarla ve sadece belli bir kısmı durdurulabilir. Madde içerisinden geçerken üstel bir fonksiyon şeklinde bir şiddet azalmasına uğrarlar. Yüksüz olduklarından elektrik ve magnetik alanda sapma göstermezler (Togay, 2002).

1.2.5. Nötronlar

Nötronlar yüksüz parçacıklardır. Bu özelliklerinden dolayı herhangi bir madde içerisine kolaylıkla nüfuz edebilirler. Doğrudan bir iyonlaşmaya sebep olmazlar. Ancak, nötronların atomlarla etkileşmeleri, iyonlaştırıcı radyasyonun (alfa, beta, gama veya X-ışınları) ortaya çıkmasına neden olabilir. Nötronlar sadece kalın beton, su veya parafin kütleleriyle durdurulabilirler (Togay, 2002).

Her bir iyonlaştırıcı radyasyonun madde içerisindeki giricilikleri farklıdır. Şekil 1.1. 'de iyonlaştırıcı radyasyonun giricilikleri gösterilmiştir.



Şekil 1.1. İyonlaştırıcı radyasyonun giricilikleri

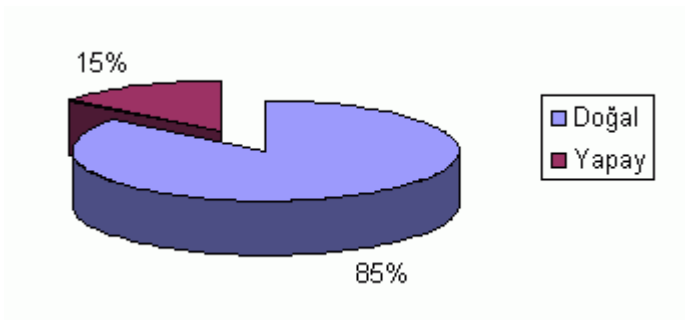
1.3. Radyasyon Kaynakları

İnsanoğlu var olduğundan bu yana sürekli olarak radyasyonla iç içe yaşamak zorunda kalmıştır. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü (milyarlarca yıl) radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Geçtiğimiz

yüzyılda bu doğal düzey, nükleer bomba denemeleri ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımını ile bir hayli artış göstermiştir. Maruz kalınan doğal radyasyon düzeylerinin büyüklüğünü belirleyen birçok neden vardır. Yaşanılan yer; bu yerin toprak yapısı, barınılan binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları bu nedenlerden bazılarıdır. Yağmur, kar, alçak basınç, yüksek basınç ve rüzgar yönü gibi etkenler de doğal radyasyon düzeylerinin büyüklüğünü belirler.

İnsanlar, hayatın bir parçası olarak dış uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlar, yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar (dolayısıyla toprak), yapı malzemeleri, su ve gıdalar gibi doğal kaynaklardan ışınlanmaktadır. Bunlara ilave olarak enerji üretimi, tıp, endüstri, araştırma, tarım, hayvancılık gibi pek çok alanda kullanımı kaçınılmaz olan yapay kaynaklar nedeni ile doz almaktadır. Yaşam standartları, yaşadıkları ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, dünya genelinde kişi başına yaklaşık **2,8 mSv** yıllık doza maruz kalınmaktadır.

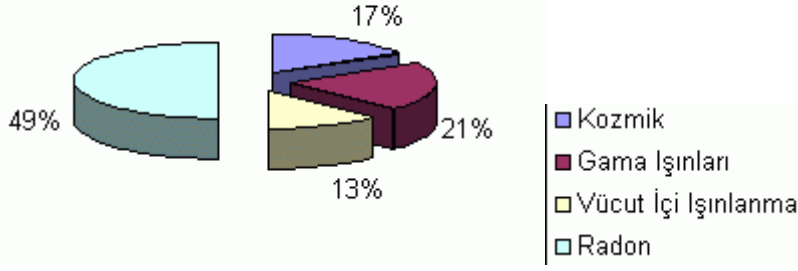
Şekil 1.2. 'de doğal ve yapay radyasyon kaynaklarının oranı verilmiştir (http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/radbiryasam.html).



Şekil 1.2. Dünya genelinde doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından alınan dozların oranları

1.3.1. Doğal Radyasyon Kaynakları

Şekil 1.3. 'de doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oranları verilmiştir (http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/dogalrad.html).



Şekil 1.3. Dünya genelinde doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri

1.3.1.1. Kozmik Radyasyon

Doğal radyasyonun bir kısmını uzaydan gelen kozmik ışınlar oluşturur. Bu ışınların büyük bir kısmı dünya atmosferinden geçmeye çalışırken tutulurlar. Sadece küçük bir miktarı yerküreye ulaşır. Kozmik ışınların kaynağı tartışma konusudur. Bir görüş bunların yoğunluklu olarak galaksimizden geldiğini savunurken, diğer bir görüş galaksimiz dışından geldiğini savunmaktadır. Güneş de kozmik radyasyonu bir miktar artırır. Kaynağı bilinmeyen miktarı hemen hemen sabitken, güneşten gelenin miktarı güneşteki patlamaların olduğu günlere göre değişir. Yeryüzü atmosferine giren kozmik ışınların miktarı yeryüzünün magnetik alanından da etkilenir. Kutup yakınlarına ekvatora oranla daha fazla kozmik ışın gelir. Bu ışınlar atmosfere nüfuz ettiklerinde karmaşık reaksiyonlara uğrarlar ve atmosfer tarafından azar azar tutulurlar. Bu nedenle; yükseklik azaldıkça, doz miktarı da azalır. İnsanların büyük çoğunluğu yüksekliği az olan bölgelerde yaşadıkları için kozmik radyasyon nedeni ile maruz kaldıkları dozlarda fazla farklılıklar gözlenmez. Bir dağın tepesinde veya havada yol alan bir uçakta bulunan bir kişi, deniz seviyesinde bulunan bir kişiden çok daha fazla kozmik ışına maruz kalır. Bu yüzden bir pilot, uçuş süresi boyunca, deniz seviyesinde çalışan bir kişinin maruz kaldığı doğal radyasyon düzeyinden yaklaşık 20 kat daha fazla bir radyasyon dozuna maruz kalır.

1.3.1.2. Gama Radyasyonu

Yerkabuğunun içindeki tüm maddeler radyonüklid içermektedir. Gerçekte, yeryüzünün derinliklerinde bulunan doğal radyoaktivitenin bozunmasından meydana gelen enerjinin, yeryüzü kabuğunun şekillenmesine katkısı olduğuna inanılır. Bu enerjinin önemli bir kısmı uranyum, toryum ve potasyumdan gelmektedir.

Uranyum, kaya ve toprak katmanları boyunca düşük konsantrasyonlarda dağılmıştır. Uranyum-238 birçok elementin uzun radyonüklid bozunma serisinin başlangıç kaynağı olup, kararlı Kurşun-206 haline gelinceye kadar bozunur. Oluşan ilk ürünler arasında yer alan ve radyoaktif gaz olan radon radyoizotopu (Rn-222) atmosfere dağılır ve bozunmaya devam eder. Toryum da benzer şekilde yeryüzüne dağılmıştır ve Toryum-232, başka bir radyoaktif serinin başlangıç kaynağıdır. Potasyum-40 kararlı elementin içinde 120 ppm oranında bulunur ve yeryüzü kabuğunun ağırlık olarak % 2,4' ünü oluşturur.

Yeryüzündeki radyonüklidlerin yaydığı gama ışınları nedeniyle tüm vücut radyasyona maruz kalır. Yapı malzemeleri taş ve topraktan üretildikleri için düşük oranda radyoaktivite içerebilirler. Böylece insanlar bina dışında olduğu gibi bina içinde de radyasyona maruz kalırlar. Alınan radyasyon dozu bölgenin taşına, toprağına ve yapı malzemesine bağlıdır.

1.3.1.3. Radon

Radon, doğal radyasyon kaynaklarından olan 4,5 milyar yıl yarı ömre sahip Uranyum-238 ailesinin bir elemanı olup, yarı ömrü 3,8 gün olan bu serideki tek radyoaktif gazdır. Radon, yarı ömrü 1600 yıl olan ve bir alfa yayınlayıcısı olan Radyum-226'nın radyoaktif bozunumu sonucunda ortaya çıkmaktadır (Çelebi vd., 2003).

Uranyum dünyanın her yerinde, yer kabuğunda mevcuttur, fakat derişimi büyük farklılıklar gösterir. Pek çok tip taş ve toprağın, radyoaktif yoğunluğu 0,2 ve 2 kCi/g

arasında değişir. Radon, topraktaki radyum bozunumuyla oluştuktan sonra atmosfere yayılır. Radonun, kuru topraktaki bozunmadan önce ortalama yayılma mesafesi yaklaşık 1 m 'dir. Toprağı terk eden radonun yaklaşık % 50'si, yüzeyden 1 m derinlikte ve yaklaşık %75'de 2 m içinde üretilir. Radonun havadaki yayılma hızı yüksektir. Bu nedenle radon ürünleri atmosferin her yerinde bulunur (Kumbur ve Zeren, 1997).

Renksiz, kokusuz, tatsız, 86 atom numarası ile periyodik cetvelin soy gazlar sınıfında yer alan Radon, kaya, toprak ve sudaki doğal uranyumun radyoaktif bozunması sonucunda oluşur. Bu bozunma zincirinin ana atomları bütün doğal malzemelerde bulunabilir. Bu yüzden radon, tüm yüzey kaya ve toprak parçalarından ve yapı malzemelerinden ortama salınır. Binalardaki radon kaynağının büyük bir kısmı, binanın temelindeki toprak ve kayalardır. Radonun büyük kısmı, binalara, altındaki toprak ya da kayalardan girer. Radon ve diğer gazlar, toprak boyunca yükselir, binanın altında hapsolür. Hapsolan bu gazlar, basınç oluşturur. Evlerdeki hava basıncı genelde topraktaki basınçtan daha düşüktür. Binanın altındaki bu yüksek basınç nedeniyle gazlar yerden ve duvarlardan, daha çok çatlak ve boşluklardan, bina içlerine sızarlar (http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/dogalrad.html).

Radon gazı ev tabanının yüzeyinin altında toplanır. Bu yüzden ki; yüksek radon konsantrasyonu genellikle binaların bodrum katlarında görölmektedir (Kumru ve Hüryaşar, 2003).

Radon; özellikle yeraltı suyu olmak üzere, suda da çözünebilir. Tipik olarak, musluktan akan su içindeki radonun 10000'de biri havaya yayılır. Sudaki radon miktarı arttıkça, bina içindeki radon düzeyi de artacaktır. İnşaat sektöründe kullanılan yapı malzemelerinde bulunan eser miktardaki uranyum da binalardaki radon düzeyini arttırıcı etmenlerden birisidir.

- Topraktaki ve yapı malzemelerindeki Ra-226 miktarı
- Toprak ve yapı malzemelerinin nem oranı
- Toprak ve yapı malzemelerinde yayılma (difüzyon) potansiyeli
- Toprakla temasta olan yapının yüzey alanı ve izolasyon niteliği
- Binadaki havalandırma kapasitesi ve bina zemini
- İç-dış hava sıcaklık, iklim koşulları ve basınç farkı

binalardaki radon konsantrasyonunu etkileyen temel unsurlardır.

Kozmik ışınların ve doğal radyoizotopların vücudu dıştan ve içten ışınlanması sonucunda oluşan yıllık etkin ortalama doz değeri tüm dünya için 2,4 mSv'dir. Bu değer 70 yıllık ortalama yaşam süresinde 170 mSv'lik yaşam boyu ortalama doğal radyasyon dozunu oluşturur (Atakan, 2006).

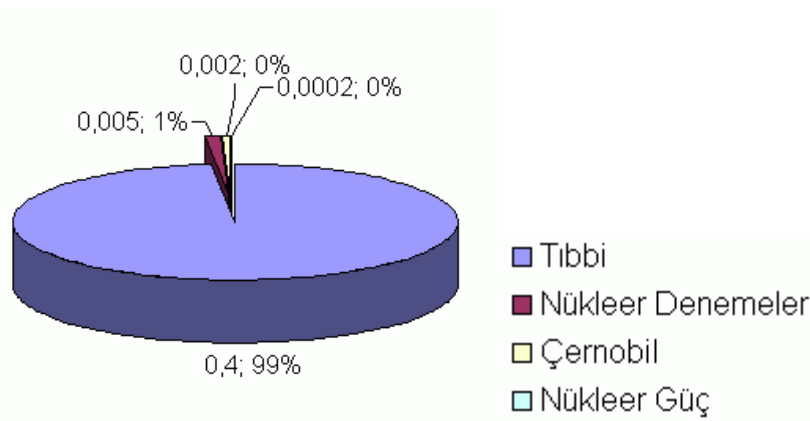
1.3.1.4. İnsan Vücudundaki Radyoaktivite

Radyoaktif maddeler doğada her yerde bulunduğundan yiyecek ve içeceklerimizde de bulunmaktadır. Yiyecek ve içeceklerden alınan dozun dünya ortalaması 0,23 mSv'tir (Anonim, 2002). Vücudumuzda bulunan radyoaktif elementlerden (özellikle Potasyum-40 radyoaktif elementinden) dolayı da belli bir radyasyon dozuna maruz kalırız. Yiyecek, içecek ve teneffüs ettiğimiz havadan aldığımız radyoaktivite nedeni ile vücudumuz doğal olarak radyasyona maruz kalmaktadır. Potasyum-40'ın vücuttaki miktarı, vücuttaki kas miktarı ile değişir. Bazı yiyecekler diğerlerine nazaran daha fazla doğal radyoaktivite içerirler. Bu durum onların yenmesindeki çekinmemizi gerektirmez. Minimum radyoaktivite içeren besinlerle beslenmeye nazaran yetersiz veya uygunsuz beslenme daha risklidir (Yaşar, 1999).

1.3.2. Yapay Radyasyon Kaynakları

Gelişmiş endüstriyel ekonomilerin ve yüksek yaşam standartlarının, doğada mevcut olmayan bazı radyasyon kaynakları kullanılmadan süreklilik gösterebileceğini düşünmek şimdilik pek mümkün gözükmemektedir. İşte bu yüzden insanoğlu, teknolojik gelişiminin gereği olarak, bazı radyasyon kaynaklarını yapay yollarla

üretme ihtiyacı duymuştur. Bu kaynaklar, birçok işin daha iyi, daha kolay, daha çabuk, daha ucuz ve daha basit yapılmasına olanak sağlar. Bazı durumlarda ise, alternatifleri yok gibidir. Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozunun dünya ortalaması 2,7 mSv/yıl'dır. Dünya genelinde yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oranları Şekil 1.4.'de verilmiştir (http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/yapayrad.html).



Şekil 1.4. Dünya genelinde yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozlarının oransal değerleri

Yapay radyasyon kaynakları da tıpkı doğal radyasyon kaynakları gibi, belli miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınmasına neden olurlar. Ancak; bu doz miktarı, talebe bağlı olarak artsa da, doğal kaynaklardan alınan doza göre çok daha düşüktür. Doğal radyasyon kaynaklarının aksine, tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalınacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir.

Tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X-ışınları ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpintiler, çok az da olsa nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ile bazı tüketici ürünlerinde kullanılan radyoaktif maddeler bilinen başlıca yapay radyasyon kaynaklarıdır (Togay, 2002). Radyasyon, tıpta teşhis etmek ve kanserli hücreleri öldürmek gibi iki farklı amaçla kullanılır. Uzun zamandır kullanılmakta olan teşhis yönteminde X-ışınları hastadan geçirilerek görüntüsü elde edilmektedir. Bazı hastalıkların teşhisi için hastaya yutturulan radyoaktif maddelerden çıkan gama ışınlarının görüntüsünden bilgi elde edilir. Kanser hücreleri radyoterapi ile tedavi edilir. Radyoterapide yüksek

enerjili X-ışınları, Cobalt-60 veya benzeri kaynaklardan yayınlanan gama ışınları kullanılır. Radyasyonun tıpta kullanılması, toplum için en çok radyasyon alınan yapay radyasyon kaynağını oluşturur. Alınan radyasyon dozunun yıllık dünya ortalaması 0,3 mSv'dir.

Radyoaktif maddeler geçmişteki atom bombası denemeleri ve diğer uygulamalar nedeniyle atmosferimizde bulunmaktadır. Bu radyoaktif maddelerden insanlar çeşitli yollarla doz alırlar. Yeryüzünde birikmiş veya yerleşmiş radyoaktif maddeler vücudumuzu dışardan ışınlar, solunum ve sindirim sistemiyle vücudumuz içine girenler de iç ışınlamaya neden olurlar.

Nükleer güç endüstrisi, nükleer yakıt çevriminin her safhasında çevreye çok az miktarda radyoaktif madde salar. Bu salımlardan alınan yıllık radyasyon dozunun dünya ortalaması 0,008 mSv'dir.

Duman dedektörleri, fosforlu saatler ve lüks lambası fitili gibi tüketici ürünleri az miktarda radyoaktif madde içerirler ve bu ürünlerden biz çok az miktarda radyasyon alırız. Yıllık ortalama doz çok düşük olup ortalama 0,0005 mSv'dir (Anonim, 2002).

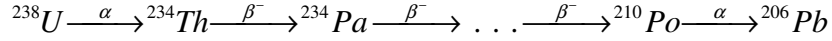
1.3.3. Doğal Radyoaktif Seriler

Doğada bulunan radyoaktif çekirdeklerin büyük çoğunluğu $A \geq 210$ olan ağır çekirdeklerdir ve üç radyoaktif seride toplanabilirler. Bu üç seri yarı ömrü çok büyük olan üç "anaç" çekirdekten kaynaklanır.

Çizelge 1.1. Anaç çekirdekler ve yarı ömürleri

Anaç çekirdek	Yarı ömrü
^{232}Th	14 milyar yıl
^{235}U	0,7 milyar yıl
^{238}U	4,5 milyar yıl

Bu üç anaç çekirdeğin bozunmasıyla radyoaktif “çocuklar” ve bunların bozunmasıyla da “torunlar” oluşur. Bu süreç devam ettiğinde üç radyoaktif seri ve sonunda kararlı bir çekirdekte biter. Her radyoaktif numunede bu üç süreç birlikte gözlenir ve değişik elementler birlikte bulunabilir. Örneğin ^{238}U ile başlayan seri ^{206}Pb ile sona erer. İki arasındaki evrelerden bazıları şu şekildedir:



Çocuk ve torun çekirdeklerin yarı ömürleri anaçtan daha kısa olabilir ve gerçekten öyledir. Örneğin, ^{234}Th 'in 5 milyar yıldır doğada bulunuyor oluşu yarı ömrünün uzunluğundan değil, anaç ^{235}U tarafından sürekli üretiliyor olduğundandır (Taylor ve Zafaritos, 1996).

Yerkabuğunun oluşumunda doğal olarak mevcut olan radyonüklidler ve bunların bozunma ürünleri, yayınladıkları gama ışınları ile çevresel radyasyonların büyük kısmını oluştururlar. İnsanların bu gama ışınlarından etkilenmeleri, buldukları bölge toprağındaki radyoaktif elementlerin konsantrasyonlarına bağlıdır. Bu nedenle, maruz kalınan gama radyasyon dozu her yerde aynı değildir. Toprak ve kayalarda yüksek konsantrasyonlarda bulunan ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K gibi radyonüklidler en önemli dış radyasyon kaynaklarıdır (Canbazoglu ve Dogru, 2003).

1.4. Radyasyon Ölçüm Metotları ve Cihazları

İyonlaştırıcı radyasyon görülmez, hissedilmez ya da vücut tarafından herhangi bir yolla algılanmaz. İyonlaşmanın sonucu olarak doku tarafından soğurulan enerjiye bağlı olarak insan dokusuna hasar verir. İnsan vücudunun kısım ya da kısımlarında enerji soğurulmasını ifade etmek için kullanılan terim “doz” dur. Dozun yeni birimi **Gray** (Gy) dir. Fakat; radyasyon korunması uygulamalarında biyolojik etkileri de dikkate almak için kullanılan birim ise, **Sievert** (Sv)'dir. X-ışını, gama ve beta radyasyonu için 1 Sievert, 1 Gray'e karşılık gelir. Radyasyon görevlileri için en önemli donanım, radyasyon ölçüm cihazıdır. Kişilerin maruz kaldığı radyasyon dozlarının ölçümünde film badge veya termolüminisans dozimetre gibi, film ya da

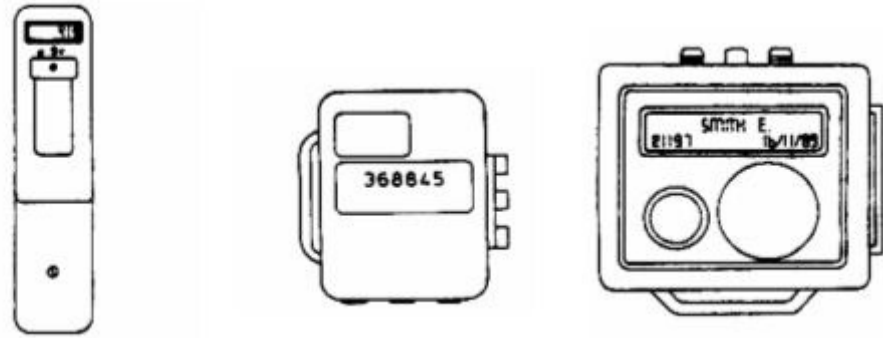
katıhal detektörleri halen kullanılmaktadır (Şekil 1.5.). Bu amaç için iki tip alet kullanılabilir; bunlar doz şiddeti ölçüm cihazları ve dozimetrelerdir.

Nötron radyasyonu, sadece özel olarak yapılmış cihazlar kullanılarak ölçülebilir.

Radyasyon doz şiddeti ölçüm cihazlarının çoğu pil ile çalışır ve bazılarında pilin durumunu göstermek üzere test anahtarı vardır. Kullanıcılara, uzun süre anahtarı pil kontrol durumunda bırakılmaması ve cihazın kullanılmadığı zaman kapatılması tavsiye edilmelidir. Aksi takdirde, piller gereksiz kullanılmış olacaktır.

Cihaz, çalışıp çalışmadığının kontrolü için uygun şekilde zırhlanmış düşük aktiviteli bir kaynağa yaklaştırılarak tutulmalıdır. Ayrıca, bazı cihazların içinde söz konusu test için küçük sabit bir kalibrasyon kaynağı bulunur. Çalışanlar test kaynaklarını kullanmaları için bilgilendirilmelidirler. Çünkü, bu kontroller hem onların deneyimlerini artırır hem de güven vererek olası bir hatanın erken fark edilmesini sağlar. Önemli olan, hatalı bir alet ile yapılan ölçümlere güvenmenin büyük bir tehlike doğurabileceğinin bilinmesidir.

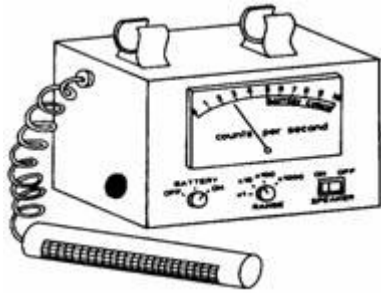
Dozimetre, zamanın bir periyodu boyunca detektör tarafından toplanmış toplam dozu ölçer. Örneğin, detektör 10 mSv.h^{-1} ile iki saat süre ile ışınlanmışsa, okunan toplam doz 20 mSv dir. Bazı dozimetreler dozun doğrudan okumasını verirler. Film badge ve termoluminesans dozimetreler (TLD) gibi diğer bazı dozimetrelerin belirledikleri doz değerleri ise sadece laboratuarlarda işlemden geçirildikten sonra belirlenebilir.



Şekil 1.5. Elektronik, Termoluminesans, Film Dozimetreleri

1.4.1. Kişisel Dozimetreler

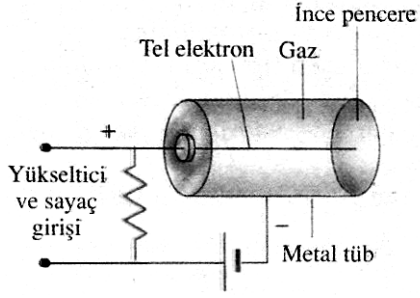
Açık radyasyon kaynakları ile çalışırken, yüzey bulaşma (kontaminasyon) ölçüm cihazı olarak isimlendirilen üçüncü tip cihaza gereksinim duyulur. Bu cihaz, genellikle yüzeylerdeki radyoaktif bulaşmanın izlenmesi için kullanılan daha duyarlı bir dedektördür. Dedektör; bulaşmış yüzeye yakın bir şekilde tutulursa, normal olarak saniyede sayım (cps veya s^{-1}) olarak okuma yapar. Bazı cihazlar ise, dakikada sayım (cpm veya min^{-1}) olarak okuma yapar. Kullanılan radyoizotop için ayar (kalibrasyon) yapılması halinde birim alan başına bulaşan radyoaktif maddenin miktarı ($Bq.cm^{-2}$) cinsinden okunabilir. Farklı duyarlılıkta pek çok tip yüzey bulaşma ölçüm cihazı mevcuttur. Daha duyarlı cihazlar, kullanımda çok yüksek sayım hızı verirler, örneğin İyot-131 için $1000 Bq.cm^{-2}$ 'dir. Fakat aynı yüzey bulaşmasını ölçen az duyarlı dedektörler daha küçük okuma ya da hiçbir yanıt vermeyecektir. Dedektör seçerken, kullanılan radyoizotop için iyi dedeksiyon verimine sahip olan ve sesli ikazı bulunan dedektörler seçilmelidir. Küçük dökülme ve bulaşmaların yaratabileceği iç hasar böylelikle önceden belirlenebilir ve güvenli bir çalışma alanı sağlanır. Şekil 1.6. 'da yüzey bulaşma ölçüm cihazının şekli görülmektedir (http://www.taek.gov.tr/bilgi/elkitabi_brosur/brakiterapi/temel16.html).



Şekil 1.6. Tipik bir yüzey bulaşma ölçüm cihazı

1.4.2. Radyasyon Sayaçları

Radyasyonu ölçmek için çeşitli aygıtlar (dedektör) geliştirilmiştir. Bu aletler, tıbbi teşhisler, radyoaktif tarih ölçümleri ve taban sayımı ölçümleri gibi çeşitli amaçlar için kullanılır.



Şekil 1.7. Geiger sayacı diyagramı; merkezdeki tel ile metal t p arasındaki voltaj 1000 V'dur

Geiger sayacı, radyasyonu belirlemede kullanılan en yaygın cihazdır. Radyasyonu belirlemenin temel iŐlemi, ortamın iyonlaŐmasını sağlamaktır. Geiger sayacı bu işin prototipi olarak düŐünülebilir. Sayaç, düşük basınçtaki bir gaz ile doldurulmuŐ silindirik bir metal t p ve t p eksenini boyunca uzun bir tel içerir. Tel tüpe göre yüksek pozitif potansiyelde (yaklaşık 10^3 V) tutulur. Yüksek enerjili bir parçacık veya foton bir uçtaki ince bir pencereden tüpün içine girdiğinde gaz halindeki atomların bazılarını iyonlaŐtırabilir. Atomlardan kopan elektronlar, pozitif tele doğru çekilir ve bu iŐlemede elektronlar yörüngelerindeki diğer atomları da iyonize ederler. Bu da, tüpün çıkışında akım pulsu üreten elektronlar kümesinin ortaya çıkmasıyla sonuçlanır. Pulsu yükselttikten sonra ya bir elektronik sayacıyı tetiklemek için kullanılır ya da her parçacık yakalanmasında ses veren bir hoparlöre dağıtılabilir. Şekil 1.7.'de basit bir Geiger sayacı diyagramı gösterilmiştir (Serway, 1996).

Bir yarı iletken diyot detektörü, aslında geri beslemeli bir $p-n$ eklemidir. $p-n$ eklemli bir diyot ileri beslemeli olduğunda hemen akım geçiren, geri besleme Şartları altında ise akım geçirmeyen bir diyottur. Hızlı bir parçacık, eklem içinden geçtikçe elektronlar iletken band içinde uyarılırlar ve valans bandında boşluklar oluşur. İçerdeki elektrik alanı, elektronları eklemnin pozitif (n), boŐlukları da negatif (p) tarafına doğru sürükler. Bu da elektronik bir sayacı ile sayılabilen bir puls meydana getirir. Tipik bir cihazdaki pulsun süresi 10^{-7} ile 10^{-8} sn arasındadır.

Sintilasyon sayacı, gelen ışıyla atomları kolaylıkla ayıran katı veya sıvı bir malzeme kullanır. Bu uyarılmış atomlar, temel durumlarına geri döndüklerinde görünür ışık yayınlarlar. Sintilatör olarak kullanılan yaygın malzemeler, sodyum iyodür kristalleri ve belli plastiklerdir. Böyle bir malzeme foto çoğaltıcı tüp denilen bir cihazın ucuna bağlandığında, sintilatör tarafından yayınlanan fotonlar elektrik sinyaline dönüştürülebilir. Foto çoğaltıcı tüp, tüpün uzunluğu boyunca potansiyelin arttırıldığı dynode denen çeşitli elektrotlar içerir. Tüpün üst kısmı, fotoelektrik etkisiyle elektronlar yayınlayan fotokatot içerir. Bu yayınlanan elektronlardan birisi, ilk dynoda çarptığında birkaç elektron fırlatmak için yeterli kinetik enerjiye sahiptir. Bu elektronlar, ikinci dynod'a hızlandırıldığında çok daha elektron fırlatılır ve kümelenme olayı meydana gelir. Sonunda dynoda bir milyon veya daha fazla elektron çarpar. Bu nedenle, sintilatöre çarpan bir parçacık foto çoğaltıcı tüpün çıkışında oldukça büyük elektrik pulsu üretir ve her bir puls elektronik sayaca gönderilir. Belirleyici ortamın daha yüksek yoğunluğundan dolayı sintilatör sayacı, Geiger sayacından çok daha hassastır. Özellikle, maddeyle yüklü parçacıklardan daha zayıf etkileşim yapan gama ışınlarına karşı hassastır (Serway, 1996).

Çeşitli cihazlar yüklü parçacıkların izlerini doğrudan görmek için kullanılabilir. En basit örneği fotografik emülsiyondur. Yüklü bir parçacık emülsiyon tabakasındaki atomları iyonlaştırır. Parçacığın yörüngesi, emülsiyonda meydana gelmiş kimyasal değişikliklerin olduğu noktalar topluluğuna karşılık gelir. Emülsiyon geliştirildiğinde parçacığın izi görünür olur. Böyle cihazlar radyasyon düzeyinin gözlenmek zorunda olduğu çerçevede kullanılan film işaretlerinde yaygındır.

Sis odası, bilinen yoğunlaşma noktasının altına kadar soğutulmuş bir gaz içerir. Sis odasının içinden geçen parçacıklar, yörüngesi boyunca gaz iyonlaştırır. Bu iyonlar aşırı soğutulmuş gaz içinde yoğunlaşma merkezleri oluşturur. İz, çıplak gözle görülebilir ve fotoğrafı çekilebilir. Alan tarafından itildiklerinde, yüklerin işaretlerini belirlemek için magnetik alan uygulanabilir.

1952'de D. Glaser tarafından keşfedilen elektron hareketlerini gösteren cihaz (**kabarcık odası**), kaynama noktası civarında tutulan bir sıvıyı kullanır. Gelen yüklü

parçacıklar tarafından üretilen iyonlar kabarcık odasından ayrılırlar. Bu da görüntülenebilir. Bir kabarcık odasının belirleyici ortamının yoğunluğu, bir sis odasındaki gazın yoğunluğundan çok daha yüksek olduğundan, kabarcık odası, oldukça büyük bir duyarlılığa sahiptir (Serway, 1996).

Kıvılcım odası, iletken plakalar dizisini içeren bir sayma aracıdır. Çift numaralı plakalar topraklanıp, tek numaralar ise yüksek potansiyelde (10 kV) tutulur. Plakalar arasındaki boşluklar, atmosfer basıncında soygaz içerir. Yüklü bir parçacık odanın içinden geçerken gazda iyonlaşma meydana getirir. Bunun sonucunda büyük bir akım dalgası ve görünür bir elektrik kıvılcımı oluşur (Serway, 1996).

Optik ölçümlerde ışığın dalga boylarının dağılımını elde etmek için girişim ağı kullanılır. Şiddetleri de bir yarık ve bir fotoelektrik aletle kaydedilebilir. Magnetik spektrometreler bu amaçla kullanılır.

Bir sayaç teleskopu iki ve ya daha fazla sayaçtan oluşur. Bu sayaçlardan radyasyonun ardı ardına geçişi gözlenebilir ve son sayaçta tamamen soğurulur.

Çok telli orantılı sayaçlar, parçacık etkileşmelerinin gerçekleştiği konuma duyarlı olan dedektörlere bir örnektir.

Polarimetreler de, sık sık gözlenen radyasyon kutuplanmasının ölçüldüğü bir yöntemdir (Krane, 2001).

1.5. Radyasyon Birimleri

1.5.1. Aktivite Birimi

Curie (Ci); 1 saniyedeki $3,7.10^{10}$ parçalanmaya karşılık gelir.

Becquerel (Bq); 1 saniyedeki 1 parçalanmaya karşılık gelir.

$$1Ci = 3,7.10^{10} Bq$$

1.5.2. Işınlama Birimi

Röntgen (R) ; normal hava şartlarında (0°C ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1kg'ında 2.58×10^4 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır

Coulomb / kilogram (C/kg) ; normal hava şartlarında havanın 1 kg'ında 1 Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır.

$$1\text{C/kg}=3876\text{ R}, 1\text{R}=2,58 \times 10^{-4}\text{ C/kg}$$

1.5.3. Soğurulmuş Doz

Radiation Absorbed Doz (rad); ışınlanan maddenin 1 kg'ında 10^{-2} Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.

Gray (Gy) ; ışınlanan maddenin 1 kg'ında 1 Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır

$$1\text{Gy}=100\text{rad}, 1\text{rad}=0.01\text{ Gy}$$

1.5.4. Doz Eşdeğeri

Röntgen equivalent man (rem); 1 Röntgenlik X veya γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Rem}=(\text{rad}) \times (W_R)^*$

Sievert (Sv) ; 1 Gy'lik X ve γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. $\text{Sv}=(\text{Gy}) \times (W_R)^*$

$$1\text{Sv}=100\text{rem}, 1\text{rem}=0.01\text{Sv}$$

(W_R)*; “Radyasyon ağırlık faktörü” olarak adlandırılır. Farklı radyasyonların biyolojik etkilerindeki farklılıkları hesaba katmak ve aynı zamanda radyasyondan korunma hesaplarını basitleştirmek için kullanılan bir faktördür (Yaşar, 1999). Çizelge 1.2.’de eski ve yeni kullanılan radyasyon birimleri gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. Radyasyon doz birimleri

	ESKİ	YENİ	DÖNÜŞÜM
Aktivite	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	$1\text{Ci}=3,7.10^{10}\text{ Bq}$
İşnlama Dozu	Röntgen (R)	C/Kg	$1\text{C/Kg}=3876\text{R}$
Soğrulmuş Doz	Rad	Gray (Gy)	$1\text{Gy}=100\text{Rad}$ $1\text{Rad}=0,01\text{Gy}$
Doz Eşdeğeri	Rem	Sievert (Sv)	$1\text{Sv}=100\text{Rem}$ $1\text{Rem}=0,01\text{Sv}$

1.6. Baz İstasyonları

Baz istasyonlarının neden oldukları ışınım iyonlaştırıcı olmayan radyasyon sınıfında olup, baz istasyonları nükleer radyasyona neden olmazlar. İyonlaştırıcı radyasyon bölgesindeki dalgaların frekansları baz istasyonlarının çalışma frekanslarından yaklaşık milyon kere daha yüksektir (Anonim, 2001).

Toplumdaki genel kanı bu radyo frekans ışınımının insan sağlığına olumsuz birtakım etkilerde bulunduğu yönündedir. Konunun önemi dolayısıyla birçok resmi kuruluş bu konu üzerinde bilimsel çalışmalar başlatmışlardır. Mobil telefon sistemleri radyo frekansları (RF) yoluyla çalışır. RF aralığı 100MHz ile 10GHz arasındadır. Cep telefonları 860-900MHz arasında ve 1800MHz üzerinde çalışır. 1800MHz üzerinde

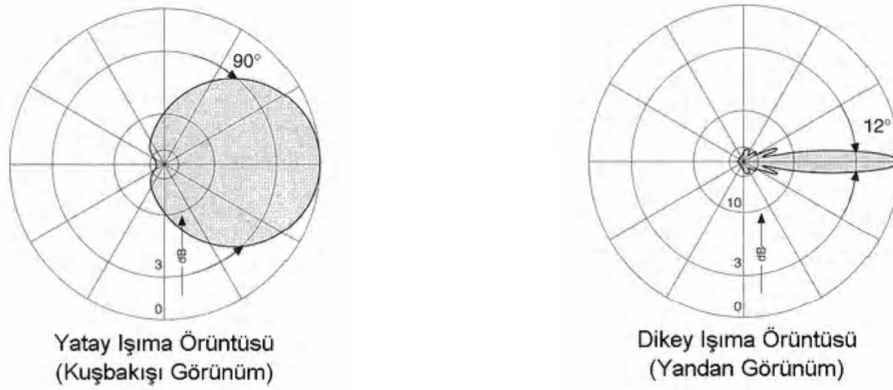
çalışan bir baz istasyonu bir çok frekans kanalı kullanır. Bu frekansların sayısı hizmet verdiği kullanıcı sayısına göre 1 ile 12 arasında değişir. Her kanal için dışarı verdiği güç 10 W/Kanal Sayısı civarlarında olur. Bir telefon çağırısı ise bu frekansları saniyelerle ifade edilen bir zamanın 8 de biri kadar bir süre için kullanılır.

Baz istasyonu en fazla gücü tüm frekanslarda aynı anda 8 kullanıcıya hizmet verdiği zaman kullanır. Günümüzde üretilen baz istasyonlarının gücü en fazla 30 W olup bu istasyonlar kırsal kesimler otoban gibi fazla kullanıcı olmayan geniş kapsama alanına sahip yerlerde kullanılırlar. Şehir içinde kullanılan baz istasyonların gücü ise 10-20W olup, maksimum 8 kanallıdırlar.

Cep telefonlarının kendileri ise baz istasyonuna olan uzaklıklarına bağlı olarak çıkış güçlerini otomatik olarak ayarlarlar. Baz istasyonuna en yakın telefon en düşük çıkış gücü ile baz istasyonundan uzaklaştıka çıkış gücünü arttırarak çalışırlar. Yani, baz istasyonunun yakınlığı kullanıcı açısından avantajlı bir durumdur (Atalay, 2000).

Baz İstasyonu Antenlerinin Etkileri

Baz istasyonlarında yönlü antenler kullanılmaktadır. Bunlar genellikle enerjiyi karşılarında bulunan dar bir alana gönderecek biçimde tasarlanmışlardır. Bu nedenle, antenden eşit uzaklıkta farklı noktalarda enerji dağılımı farklılık gösterir (Anonim, 2001).



Şekil 1.8. GSM baz istasyonlarında kullanılan tipik antenlerin ışıma örüntüsü örneği

Her ne kadar baz istasyonlarından çıkan radyo dalgaları DNA zincirini bozmasa da, insan üzerinde bazı etkileri vardır. Radyo dalgalarının insanın biyolojik yapısı üzerindeki tüm etkileri genellikle ısınmadan kaynaklanır. Radyo dalgalarının etkilerini iki başlık altında inceleyebiliriz:

1. Termal Etkiler: RF dalgaları belirli bir miktar enerji taşıdıkları için, bu dalgalar beden tarafından emilince taşınan enerji de dokulara geçer ve dokuların ısınmasına yol açar. Bilim çevresindeki genel yaklaşım, dokular tarafından emilen enerji miktarını ifade etmek için birim olarak SAR'ı (özgül enerji emilimi) kullanma yönündedir. SAR, 1 kg doku tarafından emilen elektromagnetik (EM) gücün Watt cinsinden ifadesidir. Bu birim, EM dalgaların sağlığa zararlarını belirlemek ve minimuma indirmek için gerekli limitler belirlemede son derece önemlidir. Termal etkiler, limit emilim değerleri belirlemede kriter olarak kullanılmaya çok uygundur. Çünkü, termal etkiler son derece açık ve ölçüme uygundur.

2. Termal Olmayan Etkiler: Bu tür etkiler açık ve ölçüme uygun değildir, bu yüzden EM dalga radyasyonu konusunda standartlar belirlemek için baz alınamazlar. Termal olmayan etkiler genellikle, düşük seviyeli, uzun süreli EM radyasyonu emilimi sonucu ortaya çıkarlar. Bu etkilerin hayvanlar ve hücre kültürleri üzerinde birtakım biyolojik etkiler olduğu deneylerle belirlenmiştir (AB Komisyonu). Baz istasyonlardan yayılan RF dalgalarının uzun vadede ortaya çıkartabileceği biyolojik problemlerle ilgili bildirimsel çalışma sayısı yeterli değildir ve süregelen araştırmaların çoğu sona ermemiştir. Fakat şu ana kadar yapılan araştırmaların hiç biri RF dalgalarının zararlı herhangi bir termal olmayan etkisi olduğu yolunda bir sonuca ulaşmamıştır.

Baz istasyonu antenleri için bazı standartlar vardır. Bu standartlar konu üzerinde çalışan organizasyonlar ve kuruluşlar tarafından getirilmiş olup, baz istasyonu antenlerinin montajlarına bazı spesifikasyonlar getirir. Temel olarak, bu konu ile ilgili iki tip standart vardır.

1. Güç Seviyesi Standartları: Bu standartların temel birimi, “ mW / cm^2 ” cinsinden ifade edilen düzlem dalga gücü yoğunluğudur. Bu yoğunluğun belli bir magnetik alanda izin verilen maksimum değeri, o alan içinde bulunan bir insanın herhangi bir zarar görmeyeceği kadar küçüktür. (Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) IEEE ve (Amerikan Federal Haberleşme Komisyonu) FCC farklı standart sistemleri arasından en önemli ve en güvenilir iki tanesidir.

2. Emilim Miktarı Standartları: Bu standartlar, dokuların emdiği EM enerji miktarına dayanır. Bu emilen enerji dokularda bir sıcaklık artışına sebep olur. Doku sıcaklığının fazla artması bir takım zararlı sonuçlara sahip olduğundan, bu ısınmaya bir sınır getirmek gereklidir. İngiltere Ulusal Radyasyon Koruması Masası (National Radiological Protection Board-NRPB) bu standartları belirleyen en önemli kurumlardandır (Atalay, 2000).

İnsan sağlığı söz konusu olduğunda, elektromagnetik etkilerle ilgili olarak limitleri iki uluslar arası kuruluş belirler. Bunlar, International Non-Ionizing Radiation Committee (ITNIRC) ve International Radiation Protection Agency (IRPA)’dır. Bu kuruluşların belirlediği iki tip limit vardır; temel limitler ve türetilmiş limitler. Temel limit olarak “ortalama insanda vücut sıcaklığını $1^{\circ}C$ arttıracak kadar elektromagnetik enerji yutulmasının zararlı olduğu” düşüncesinden yola çıkılmıştır (Sevgi, 2000).

Bilimsel çalışmalar sonucunda insan vücut sıcaklığını $1^{\circ}C$ arttırabilecek alt değerler belirlenmiş, mesleği gereği bu tür radyasyonun etkisinde kalanlar için bu değerlerin güç yoğunlu cinsinden $1/10$ ’unun, genel insan yaşam alanları için ise 5 kat daha ek koruma faktörü eklenerek $1/50$ ’sinin sınır değerler olarak alınması kabul edilmiştir. Kontrollü ve kontrolsüz etkilenme için sınır değerler belirlenirken, mesleği gereği elektromagnetik enerjinin etkisinde kalanların konu ile ilgili olarak bilgilendirilmiş ve gerekli önlemleri almış olabilecekleri varsayım yapılmış ve genel yaşam alanlarında insanların kendi bilgi ve kontrolleri dışındaki etkilenmeleri düşünülerek, kontrolsüz alanlar için sınır değerlere ek olarak 5 kat koruma faktörü eklenmiştir.

GSM900 ve DCS1800 sistemleri için kontrolsüz etkilenme için sınır değerler Çizelge 3.1.'de verilmiştir (Anonim, 2001).

Çizelge 1.3. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerleri

900 MHz için sınır değerleri	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik alan şiddeti	41,25 V / m	--
Magnetik alan şiddeti	0,111 A / m	--
Güç yoğunluğu	4,5 W / m ²	6,0 W / m ²
1800 MHz için sınır değerleri	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik alan şiddeti	58,33 V / m	--
Magnetik alan şiddeti	0,157 A / m	--
Güç yoğunluğu	9,0 W / m ²	10,0 W / m ²

Yapılan çalışmalar bir binanın çatısında baz istasyonu olmasının binada bulunanları, binanın çevresinde bulunanlara göre daha fazla etkilediğini göstermektedir.

Bugün baz istasyonlarının kansere yol açtığına ilişkin “kanıtlanmış” epidemiyolojik veriler henüz ortada yoktur. Ancak izin verilen eşik değerinin yarısından itibaren Radyo Frekans radyasyona maruz kalanlarda kanserlerin daha fazla görüldüğü (Relatif Risk 2’den büyük) bilinmektedir.

Baz istasyonları ile aynı frekansları kullanan cep telefonlarının kullanım süresi arttıkça; istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde baş dönmesine, keyifsizlik haline, konsantrasyon bozukluklarına, bellek kaybına, baş ağrısına, kulakta ve kulak arkasında ağrı ve kızarıklığa, yüzde yanmaya ve kafa sıcaklığında artışa yol açtığı bilinmektedir. Bu bağlamda, çevremizde maruz kaldığımız baz istasyonlarınının 365 gün ve 24 saat çalıştığı gözden uzak tutulmamalıdır (Kayıhan, 2002).

1.7. Radyasyonun İnsan Sağlığına Etkileri

Yaşadığımız dünyada doğal olarak bulunan ve bilimsel destekli teknolojilerin katkısıyla yapay olarak da üretilebilen radyasyonları iki sınıfta değerlendirmek olasıdır. Elektromagnetik spektrum incelenecek olursa, bu sınıflandırmanın iyonize ve iyonize olmayan ışınlar olarak yapılabileceği görülür. Her iki tür radyasyonunda, süre ve doz ilişkisi değerlendirildiğinde, radyasyonun türüne bağlı olmaksızın aşırı etkileşimin biyolojik veya diğer sistemlerde hasarların oluşmasına neden olacağı açıktır. Olaya etkileşimin veya bir başka deyişle, tahrip gücü açısından bakılması durumunda, iyonize radyasyonların daha tehlikeli olduğu görülür (Kaya, 2002).

Radyasyonun hayatımızın hemen her alanında kullanımı beraberinde, kaza ile insanların fazla doza maruz kalması riskini de getirmiştir. Bunların çoğunda, sağlıklı kişilerin klinik olarak saptanabilen bir belirti göstermediği düşük dozlar veya doz hızlarında ışınlanmalar söz konusudur. Radyasyon düşük dozlarda canlı üzerinde yıllarca sonra bile ortaya çıkabilecek kanser veya genetik etkilere neden olabilmektedir. Radyasyonun özellikle düşük dozlardaki etkileri canlıların tüm genetik özelliklerinin şifrelendiği DNA ve proteinden oluşan ve kromozomlar incelenerek belirlenmeye çalışılmaktadır (Dalcı vd., 2003).

Elektromagnetik dalga ışıması etkisinde kalan canlılar, elektromagnetik radyasyonu soğurmaktadır. Soğurulan elektromagnetik radyasyon vücutta ısınmaya yol açmakta ve bazı organlardaki elektrik akımının değişmesine neden olmaktadır. Elektromagnetik ışınım üreme organlarına, sinir sistemine, dolaşım sistemine zarar vermekte ve doku hücrelerinin kimyasal yapısını da bozmaktadır. Elektromagnetik ışınım soğurulmasının, baş ağrısı, hafıza kaybı, sinir ve dolaşım sistemi bozuklukları, bağışıklık sisteminin zayıflaması, uyku bozuklukları gibi hasarlara yol açtığı düşünülmektedir. Ancak elektromagnetik ışınım belli bir değerin altında olduğunda zararlı etkinin azaldığı bilinmektedir (Dizdar, 2004).

Gerçekten de bu tür ışınların isimlendirilmesinde kullanılan iyonize kelimesi iyi bir şekilde irdelenecek olursa, olayın boyutu daha iyi anlaşılır. İyonizasyon; en basit

şekliyle sözü edilen radyasyon veya ışınların, geçtikleri ortamlarda iyonlar oluşmasına neden olmaları olarak tanımlanabilir. İyonlara ayrışma olayı ise, olayın gerçekleştiği ortam açısından önemli reaksiyon veya reaksiyon zincirlerine neden olabilir ki, bu genelde olumsuz sonuçlar doğurabilir (Kaya, 2002).

1.7.1. İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Etkileri

1.7.1.1. Morötesi Işıklar

Atmosferik hayatın ana kaynağı durumundaki güneş radyasyonu son yıllarda atmosferik kirlenmeden dolayı canlılara zarar vermeye başlamıştır. Morötesi radyasyon, yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonunun çok az bir kısmını oluşturur. Morötesi radyasyonu güneş yanığı, bronzlaşma, erken deri yaşlanması ve kanser gelişimi olmak üzere birçok biyolojik hastalığa neden olabilmektedir. Ayrıca başta vitamin D3 sentezi olmak üzere, epidermin ve derinin kalınlaşması gibi morötesinin yararları, zararları karşısında çok azdır (Mutlu vd., 2003). Morötesi ışınlarının temel kaynağı güneştir. Güneşten dünyaya ulaşan ışın miktarı bulut durumu, mevsim, koruyucu ozon tabakası, günün saati, denizden yükseklik gibi durumlara bağlıdır. Morötesi ışık, iyonlaştırıcı radyasyondan daha düşük enerjili ve dalga boyuna bağlı olarak, soğurma özelliği nedeni ile ayrılır. Morötesi radyasyonun etkileri şöyle sıralanabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

- Morötesi ışık, güneş yanığı denilen, deri üzerinde etki yaratır.
- Morötesi ışık, bakteri ve virüsler dahil tüm hücreler üzerinde mutasyon yaratır. Mutasyonun, DNA üzerinde küçük kimyasal değişiklikler yarattığı düşünülmektedir.
- Morötesinin, iyonlaştırıcı radyasyona göre çok daha 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).

1.7.1.2. Mikrodalgalar

Mikrodalgalar, frekansı 10^8 - 10^{11} Hz arasında olan elektromagnetik dalgalardır. Radar, uydu veya uzak telefon haberleşmeleri, telgraf, televizyon yayınlar, radyo astronomi ve diğer amaçlarda kullanılır. Mikrodalgaların canlılar üzerindeki etkisi sadece ısı mekanizmasıyla değildir. İnsan vücudunun değişik bölümlerinin iletkenliğinin farklı olması nedeniyle bu ışıklardan etkilenme derecesi farklı olmaktadır. Mikrodalgaların etkisine en duyarlı organlar, gözler ve testislerdir.

1.7.1.3. Lazer Dahil Görünür Işıklar

Görünür ışıkların sağlık etkisi doğrudan veya dolaylı olabilir. Doğrudan güneşe bakıldığında olduğu gibi, gözde zarar meydana getirebilir. Yetersiz aydınlanma düşme kazalarına neden olmaktadır. Aşırı aydınlanmaya bağlı otomobil kazaları olabilir. (Parlamalar, göz kamaşmaları nedeniyle).

1.7.1.4. Kızılötesi Radyasyon

Bütün cisimler düşük yüzeysel sıcaklık değerine sahip olan diğer cisimlere kızılötesi ışıklar yayarlar. Kızılötesi ışıklar derinin derin tabakalarına girici olmamaktadır. Ancak, eğer kontrol edilemeyecek olursa; deri yanıklarına, gözde katarakta, retinal zarara neden olabilir. Bu spektrum, insan vücudunun ısınısını terleme mekanizmasıyla etkin soğuyamayacak boyutlara kadar çıkarabilir. Kızılötesi ışıklar parlak ve cilalanmış yüzeylerden kolayca yansıyabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

1.7.2. İyonlaştırıcı Radyasyonun Etkileri

İyonlaştırıcı radyasyonun olumsuz sağlık etkileri bilinmekle birlikte, modern yaşamda radyasyonun izolasyonu olanaksızdır. Bu nedenle, radyasyon ve uygulama alanları konusunda otorite olan uluslararası kuruluşlarca halk için ve radyasyonla uğraşan profesyoneller için azami izin verilen doz sınırları tespit edilmiştir. Buna göre; radyasyon görevlileri için azami doz, ardışık beş yıl için 20 mSv/yıl, tek yıl için

50 mSv/yıl iken halk için ardışık beş yıl için 10 mSv/yıl, tek yıl için 5 mSv/yıl olarak belirlenmiştir. Öte yandan, iyonlaştırıcı radyasyonun her doz da zararlı etkileri olabileceği unutulmamalıdır. İyonlaştırıcı radyasyonun tıbbi etkileri çeşitli safhalarda incelenebilir (Yaren ve Karayılanoğlu, 2005).

Maruz kalınan radyasyon dozuna bağlı olarak hiçbir biyolojik etki göstermeyebileceği gibi, ölüme kadar varabilen etkilere de neden olabilir. Önemli olan, hangi radyasyon dozunun hücrede iyonlaşma sonucu, hücresel hasara ve kansere neden olabileceğinin belirlenmesidir (Bozbıyık vd., 2002).

1.7.2.1. Moleküler/Hücresel Düzeyde Etki

İyonlaştırıcı radyasyon, ya direkt olarak DNA zincirinde kırılmalar oluşturur ya da hücre içindeki moleküllerle etkileşerek, oksijen radikalleri oluşumunu sağlar ve bu oksijen radikalleri DNA bileşenleri ile etkileşerek zincirde kırılmalar (baz hasarı, tek ve çift zincir kırılmaları) ve diğer tip bozulmalara yol açarlar. Her hücre tipinin radyasyona duyarlılığı farklıdır. Sık bölünen ve andiferansiye olan hücrelerin (over ve testisin germinal hücreleri, hematopoetik sistem hücreleri, gastrointestinal sistem epitel hücreleri) duyarlılığı fazla iken, bölünmeyen ve üst diferansiyasyon gösteren hücrelerin (Karaciğer, böbrek, Kartilaj, Kas, Sinir hücreleri) duyarlılığı daha azdır.

1.7.2.2. Doku/Sistem Düzeyinde Etki:

Doku sistem etkileri, somatik ve genetik (kalıtsal) olarak incelenebilir.

a) Somatik Etkiler

Non Sitokastik-Deterministik etkiler; geniş ölçekte vücut alanın maruziyeti ile oluşur ve oluşum için bir eşik değeri mevcuttur. Doz arttıkça, hasar miktarı artar. Erken (radyasyon hastalığı, eritem, pulmoner pnömoni, epilasyon vb.) ve geç (katarakt, akciğer fibrozisi, keratozis, infertilite, fibroartropati vb.) dönem etkiler olarak iki ana alt gruba ayrılır.

Sitokastik–Non Deterministik etkiler; sadece birkaç hücrenin bile etkilenmesi ile gelişebilir. Eşik değeri yoktur, doz arttıkça hasar oranı artmaz ancak, etkilenen birey sayısı artar (lösemiler, kanserler, genetik mutasyonlar). Oluşan mutasyonların veya kanserlerin doğal yollarla oluşanlardan bir farkı yoktur.

b) Genetik (kalıtsal) Etkiler

Bu tip etki, organizmanın üreme hücrelerinde bulunan kromozomların, radyasyon maruziyeti sonucu hasarlanması ile oluşur. Bu durumda önemli olan hasarlanan hücrenin yaşaması ve döllenme işlevini yerine getirmesidir. Böylece, hasar bireyde değil çocuklarında ortaya çıkar ve sonraki kuşaklara da aktarılabilir. Bu etkiler sitokastik tipte etkilerdir.

1.7.2.3. Akut Radyasyon Sendromu:

İnsan vücudunun yüksek doz radyasyona, tüm vücut ışınlaması şeklinde maruz kalması sonucu Akut Radyasyon Sendromu adı verilen klinik tablonun ortaya çıkmasına neden olur. Oluşan klinik tablo doz ile doğru orantılıdır. Sendromlar dozun şiddetine bağlı olarak prodromal faz, latent faz ve manifest faz olarak 3 fazda kendini gösterir. Başlıca 3 sendrom tanımlanmıştır; Hematopoetik Sendrom (HPS), Gastrointestinal Sendrom (GIS) ve Nörovasküler Sendrom (NVS).

a) Hematopoetik Sendrom (HPS)

1–4 Gy' lik bir ışınlamayı takiben yaklaşık 2 hafta içinde ortaya çıkar. Temel problem, radyasyon maruziyetine bağlı kemik iliği depresyonu oluşumudur. Kemik iliği depresyonuna bağlı trombositopeni, granülositopeni, anemi ve lenfopeni gelişir. Lenfosit sayısı, radyasyona maruziyette en hassas belirteç durumundadır. Sayısı ilk düşen hücreler lenfositlerdir ve 1–2 Gy dozda ilk 48 saat içinde sayıları yaklaşık % 50 azalır. İnsan kemik iliğinde, 5 Gy sonrası 3–4. günlerde, 2–4 Gy sonrası 5–7. günlerde total çekirdekli hücre sayısı minimuma iner. Klinik tabloda kemik iliği

hasarına bağlı immün sistemin baskılanması, artan enfeksiyon riski, kanama eğilimi, anemi, yara iyileşmesinde gecikme ve bunlara bağlı komplikasyonlar ön plana çıkar. Tedavide; enfeksiyon proflaksisi, enfeksiyon ve nötropeni tedavisi, immünglobülin tedavisi, hematopoetik growth faktör (cytokin) tedavisi, trombositopeni ve anemi tedavisi (tam kan ve trombosit transfüzyonu), kemik iliği ve kök hücre transplantasyonu klinik duruma bağlı olarak uygulanır (Yaren ve Karayılıanoğlu, 2005).

b) Gastrointestinal Sendrom (GIS)

6–8 Gy ' lik bir ışınlamadan sonra 1–2 hafta içinde belirtiler görülür. İntestinal epitel kriptalarının hasara uğraması, mukozal atrofi ve ülserasyon görülür. Patolojik değişikliklere bağlı olarak intestinal bakterilerin (flora) vücuda serbest giriş olanağı bulmaları ile enfeksiyon, epitel dokusunu kaybeden alanlardan kanama ve sıvı elektrolit kaybı, gastrointestinal absorpsiyon kapasitesinin azalması ile malnutrisyon ve intestinal motilitede azalma gözlenir. HPS ' de bu tabloya eşlik eder. Ölüm, sepsis ve/veya hemorajiye bağlı gelişebilir. Tedavide; HPS için yapılan girişimlere ek olarak barsak dekontaminasyonu, bulantı, kusma ve dairenin kontrolü, sıvı elektrolit replasmanı, sitokin tedavisi, enterik besleme gibi yaklaşımlar uygulanır (Yaren ve Karayılıanoğlu, 2005).

c) Nörovasküler Sendrom (NVS)

30–50 Gy ' lik bir ışınlamayı takiben 2 gün içinde ölüm görülür. Yaralıda, maruziyetten birkaç saat sonra bulantı-kusma, konfüzyon, oryantasyon bozukluğu, hipotansiyon, intrkraniyal basınç artışı, ödem, hipertermi izlenir. Klinik tablo ölümcül seyredir. Yoğun tıbbi tedavi geçici bir iyilik hali sağlamaya yardımcı olur. Narkotik analjezikler ve trankilizan ajanlar tedavide kullanılır. Yaralı sıvı kaybı, ödem, intra-kranial basınç artışı ve serebral anoksi nedeniyle 1–2 gün içerisinde kaybedilir (Yaren ve Karayılıanoğlu, 2005).

Çizelge 1.4.'de Akut radyasyon sendromlarının başlangıç fazı gösterilmiştir.

Çizelge 1.4. Akut radyasyon sendromlarının başlangıç fazı (Dalcı vd., 2005)

Semptomlar ve tıbbi cevap	Hafif 1-2 Gy	Orta 2-4 Gy	Şiddetli 4-6 Gy	Çok şiddetli 6-8 Gy	Öldürücü > 8 Gy
Kusma	Var	Var	Var	Var	var
• Başlangıç zamanı	Işınlanmadan 2 saat veya daha sonra	Işınlanmadan 1-2 saat sonra	Işınlanmadan sonra 1 saat içinde	Işınlanmadan sonra 30 dak içinde	Işınlanmadan sonra 10 dak. içinde
• % Görülme	10-50	70-90	100	100	100
Diare	Yok	Yok	Hafif	Ağır	Ağır
• Başlangıç zamanı	—	—	3-8	1-3	1 saat içinde
• % Görülme	---	---	< 10	> 10	Yaklaşık 100
Baş Ağrısı	Çok Hafif	Hafif	Orta	Şiddetli	Şiddetli
• Başlangıç zamanı	—	—	2-24 saat	3-4 saat	1-2 saat
• % Görülme	---	---	50	80	80-90
Bilinç	Etkilenmez	Etkilenmez	Etkilenmez	Değişebilir	Bilinç kaybı
• Başlangıç zamanı	—	—	—	—	Dakikalar
• % Görülme	---	---	---	---	100 (> 50 Gy)
Vücut ısı	Normal	Artmış	Ateş	Yüksek ateş	Yüksek ateş
• Başlangıç zamanı	—	1-3 saat	1-2 saat	< saat	< 1 saat
• % Görülme	---	10-80	80-100	100	100
Tıbbi cevap	Ayakta gözlem	Genel hastanede gözlem	Uzmanlaşmış hastanede tedavi	Uzmanlaşmış hastanede tedavi	Palyatif tedavi (sadece semptomatik)

1.8. Yalvaç ve Antiocheia Pisidia Antik Kenti

1.8.1. Yalvaç

Yalvaç ilçe merkezi, Akdeniz Bölgesi'nin Antalya bölümünde yer almaktadır. İdari olarak Isparta iline bağlı olup, il merkezine uzaklığı 105 km'dir. İlçe, kuzeyden Çay ve Sultandağı, batıdan Senirkent, güneyden Şarkikaraağaç ve Gelendost, doğudan Akşehir ilçeleri ile çevrilidir. İlçe merkezinin toplam alanı 34.75 km²'dir. Yalvaç'ın enlemi 38° 20' kuzey enlemi, boylamı ise 31° 10' doğu boylamıdır. İlçe, kuzeyden ve doğudan Sultan Dağları ile çevrilidir. Sultan Dağları, genel olarak Ordovisiyen-Permiyen yaşlı metamorfik kayalar ile karbonatlı kayalardan (Triyas-Kretase) oluşur. Yörede geniş yayılım gösteren Neojen istifli kil, marn ve kireçtaşları ile temsil edilmiştir. Alüvyon malzemeye ise, vadilerde ve dere yataklarında rastlanılır.

Yalvaç, Akdeniz iklimi ile İç Anadolu iklimlerinin geçiş bölgesindedir. Kurak ve az nemli, birinci dereceden mezotermal, kış mevsiminde çok kuvvetli su fazlası olan ve denizsel şartlara yakın iklim tipi gösterir.

İlçe nüfusu, hızlı bir gelişme trendindedir. İlçe genelinde, 1935'te 33.213 olan nüfus, 1997'de 88.594'e yükselmiştir. Artış %'si 166,7'dir. 1935'te 8.347 olan ilçe merkezi nüfusu 1997'de % 314,4'lük artış yüzdesi ile 34.586'ya yükselmiştir (Anonim, 1999).

1.8.2. Antiocheia Pisidia

Antiocheia; Isparta iline bağlı Yalvaç ilçesinin yaklaşık 1 km. kuzeyinde ve Sultan dağlarının güney yamaçları boyunca uzanan verimli bir arazide kurulmuş, Pisidia bölgesinin başkentidir. Antiocheia da, Apollonia gibi bir Seleukos kolonisidir. Seleukos soyundan Antiocheia tarafından (M.Ö. 281–261) yıllarında kurulmuştur. Kente kurucunun adına izafeten 'Antiocheia' adı verilmiştir. Kentin kuruluş tarihi kesin olarak bilinmemektedir. Kentin Seleukos I (M.Ö. 312–280) veya oğlu Antiokhos I (M.Ö. 280–261) tarafından kurulduğu sanılmaktadır. Apameia Barışı

sırasında (M.Ö. 190–188) kent Magnesia ad Meandr'dan (Ortaklar) getirilen kolonistler tarafından kurulmuş ve kente Romalılar tarafından bağımsızlık verilmiştir. Kent bu durumunu M.Ö. 39 yılında Amyntas yönetimine girinceye kadar korumuştur. M.Ö. 39 yılından Galat Kralı Amyntas'ın öldürüldüğü M.Ö. 25 tarihine kadar kralın egemenliği altında kalan kent daha sonra Galatia Eyaleti içine alınmıştır. M.Ö. 25 yılında İmparator Augustus zamanında Colonia Caesarea adıyla Roma kolonisine dönüştürülen kent, bu statüsünü yaklaşık iki yüz yıl korumuştur. Kentin ekonomik durumu M.S. III. yüzyılda en üst düzeye çıkmıştır. Bugün; kent üzerinde sütunlu cadde, Augustus Tapınağı, Tiberius Alanı, Propylon (Anıtsal Giriş), Roma Hamamı, Nimfeum (Çeşme), Bouleuterion (Toplantı Binası), Tiyatro ve kilise kalıntıları bulunmaktadır. Roma egemenliği M.S. 395'e kadar sürmüştür, bu tarihten sonra bölge Bizans topraklarına katılmıştır. Antiocheia; M.S. III. yüzyılın sonunda kurulan, Pisidia eyaletinin metropolisi olmuştur. Kilise kayıtlarından anlaşıldığına göre kent, Bizans döneminde de önemini korumuştur. Bizans egemenliği sırasında 714 yılında Emeviler, 771 yılında Abbasiler tarafından istilaya uğrayan Isparta ve civarı, kısa sürede Bizanslılar tarafından geri alınmıştır (Taşlıalan, 1999).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Doğal Ortam Radyasyonu Ölçüm Alanı

Ölçümler; Isparta-Yalvaç İlçesi'nin Antik bölgesinde, baz istasyon civarında (istasyondan 5m, 10m ve 50m uzaklıkta), bina içinde ve bina dışında olmak üzere dört farklı noktasında; oniki ay boyunca ayda bir gün sabah, öğle ve akşam olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Her bir nokta için yerden 1 m yükseklikte ölçüm alınmış ve ortalama bir doğal ortam radyasyonu doz değeri bulunmuştur. Ölçüm sonuçları; cpm ve $\mu\text{Sv/h}$ cinsinden elde edilmiştir. Ölçüm yapılan bina; birinci kat apartman dairesi olup ölçümün alındığı odada bilgisayar ve televizyon bulunmaktadır. Bina içinde yapılan ölçüm dışında, ölçümlerin tümü açık alanda yapılmıştır. Şekil 2.1.'de Yalvaç İlçesi'nde ölçüm alınan baz istasyonundan, Şekil 2.2.'de Antiocheia Pisidia Antik Kenti'nden, Şekil 2.3.'de ise, Yalvaç İlçesi'nden genel bir görünüm verilmiştir.



Şekil 2.1. Baz istasyonunun görüntüsü



Şekil 2.2. Antiocheia Pisidia'dan bir görüntü



Şekil 2.3. Yalvaç'tan genel bir görüntü

2.2. Cihaz Tanıtımı

Bu çalışmada; Isparta ili, Yalvaç ilçesi ve çevresinin doğal ortam radyasyonu dozu ölçümleri Geiger-Mueller LND712 dedektörü kullanılarak yapılmıştır (Anonim, 1998). Ölçümlerde kullanılan LND712 dedektörü Şekil 2.4.'deki gibi olup, özellikleri de Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. LND712 Dedektörü teknik özellikleri

ÖZELLİK	AÇIKLAMA
Sensör	<ul style="list-style-type: none">• Halojen-söndürücü Geiger-Meuller dedektör (LND712);• Alfa, Beta, Gamma, ve X-ışını radyasyonu ölçer.• Pencere yoğunluğu 1.5-2.0 mg/cm². Kenar duvar; 0.012” #446 paslanmaz çelik.
Hassasiyet	<ul style="list-style-type: none">• Alfa < 2.5 MeV ölçer; 3.6 MeV’de dedeksiyon verimliliği > %80.• 50 keV’de beta’yı %35 dedeksiyon verimliliği ile ölçer.• 150 keV’de beta’yı %75% dedeksiyon verimliliği ile ölçer.• Gamma ve X-ışınlarını < 10 keV ölçer.• Normal ortam radyasyonu yaklaşık olarak, 10-30 cpm’dir.• Gamma hassasiyeti; 1000 CPM/mR/hr dır.
Anahtar	X1, X10, X100, Batarya kontrol
Ölçüm Sınırı	0-.5, 0-5, 0-50 mR/hr ve 0-500, 0-5,000, 0-50,000 cpm.
Sayma Işığ	Her sayımda kırmızı LED lamba yanar
Beeper	Her sayım için “bip” sesi verir
Güç	Bir adet 9-volt alkaline batarya. Normal ortam radyasyonu ölçümlerinde 2,000 saatten fazla.
Ebat	145 x 72 x 38 mm (5.7 x 2.8 x 1.5 in)
Ağırlık	Bataryasız 78 gram



Şekil 2.4. Geiger-Mueller LND712 dedektörü

Çizelge 2.1’de verilen özelliklerinden de anlaşıldığı üzere, LND712 dedektörü X-ışınları, alfa, beta ve gama radyasyon türlerine duyarlılık göstermektedir. Ancak, ortamdaki radyasyonun hangi tür radyasyon olduğunu ayırt etmek pek mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla; yapılan ölçümler alfa, beta, gama, X-ışınları vb. bir arada bulunduğu doğal ortam ölçümleridir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Isparta-Yalvaç bölgesindeki radyasyon ölçümleri dört farklı noktada alınmıştır. Bu noktalar; Yalvaç merkezindeki apartman binasının birinci katında alınan bina içi radyasyon ölçümü ve bina dışı ölçümü, Antiocheia Pisidia Antik Kenti ve şehrin yüksek bölgesinde bulunan GSM baz istasyonundan oluşmaktadır. Her ay bu noktalardan alınan ölçümler, cpm ve $\mu\text{Sv/h}$ birimlerinde hazırlanan çizelgelerde gösterilmiştir.

Elde edilen verilerden oluşan çizelgeler bir yıllık ölçümleri içermektedir. Bina içi ve dışı, Antiocheia Pisidia ve baz istasyonundaki doğal ortam radyasyonu dozları ayrı ayrı incelenerek her biri için ikişer grafik ve bir çizelge hazırlanmıştır.

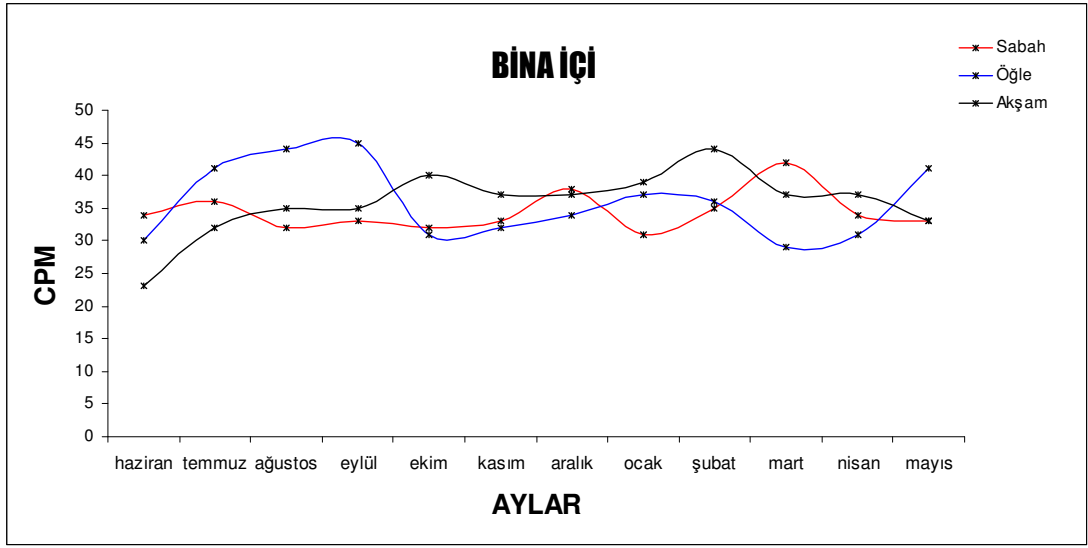
Ölçümler; sabah 8:30, öğle 13:30 ve akşam 9:30 saatlerinde alınmıştır. Bu nedenle, her nokta için yapılan ölçüm sayısı üçtür. Bu değerler de her bir çizelgede verilmiştir.

3.1. Bina İçindeki lim Sonuçları

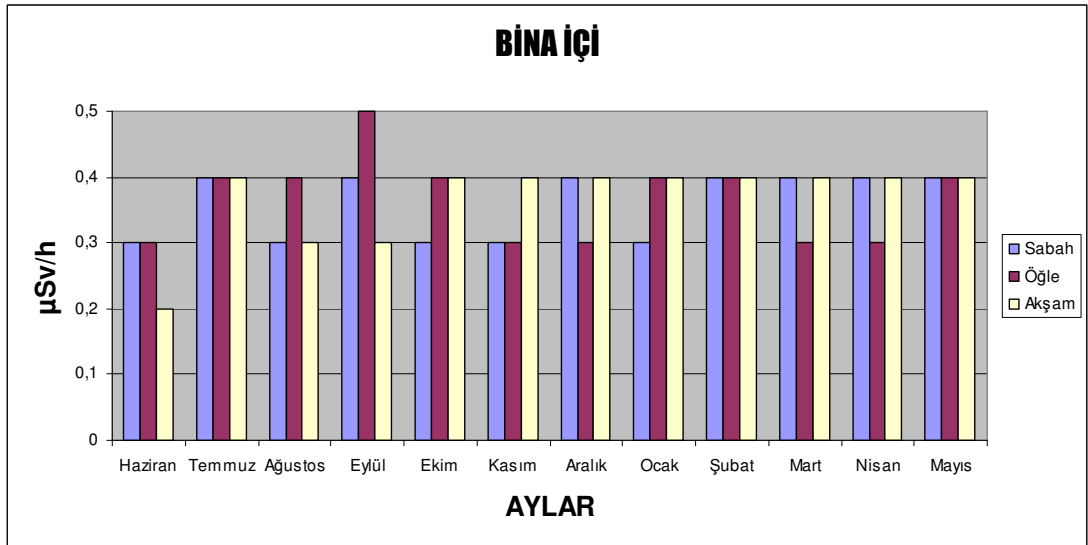
Bina içersinde alınan sonuçlar izelge 3.1.'de gösterilmiştir. şekil 3.1.'de cpm ve şekil 3.2.'de $\mu\text{Sv/h}$ biriminde elde edilen grafikler verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bina içindeki radyasyon lim değerleri

Aylar	CPM			$\mu\text{Sv/h}$		
	Sabah	gle	Akşam	Sabah	gle	Akşam
Haziran	34	30	23	0,3	0,3	0,2
Temmuz	36	41	32	0,4	0,4	0,4
Ağustos	32	44	35	0,3	0,4	0,3
Eylül	33	45	35	0,4	0,5	0,3
Ekim	32	31	40	0,3	0,4	0,4
Kasım	33	32	37	0,3	0,3	0,4
Aralık	38	34	37	0,4	0,3	0,4
Ocak	31	37	39	0,3	0,4	0,4
şubat	35	36	44	0,4	0,4	0,4
Mart	42	29	37	0,4	0,3	0,4
Nisan	34	31	37	0,4	0,3	0,4
Mayıs	33	41	33	0,4	0,4	0,4



Şekil 3.1. Bina içindeki radyasyon ölçümü (cpm)



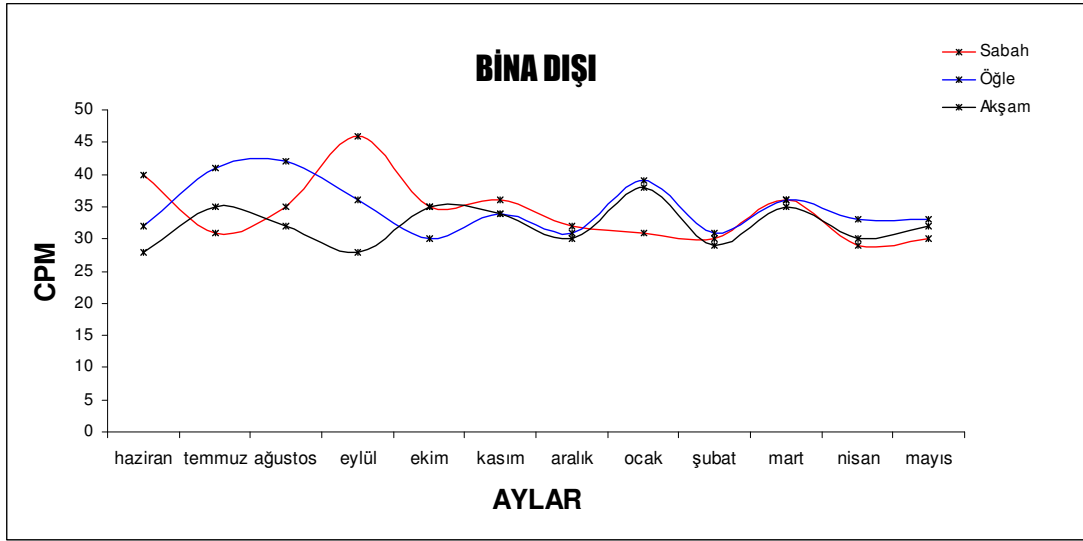
Şekil 3.2. Bina içindeki radyasyon ölçümü (µSv/h)

3.2. Bina Dışındaki Ölçüm Sonuçları

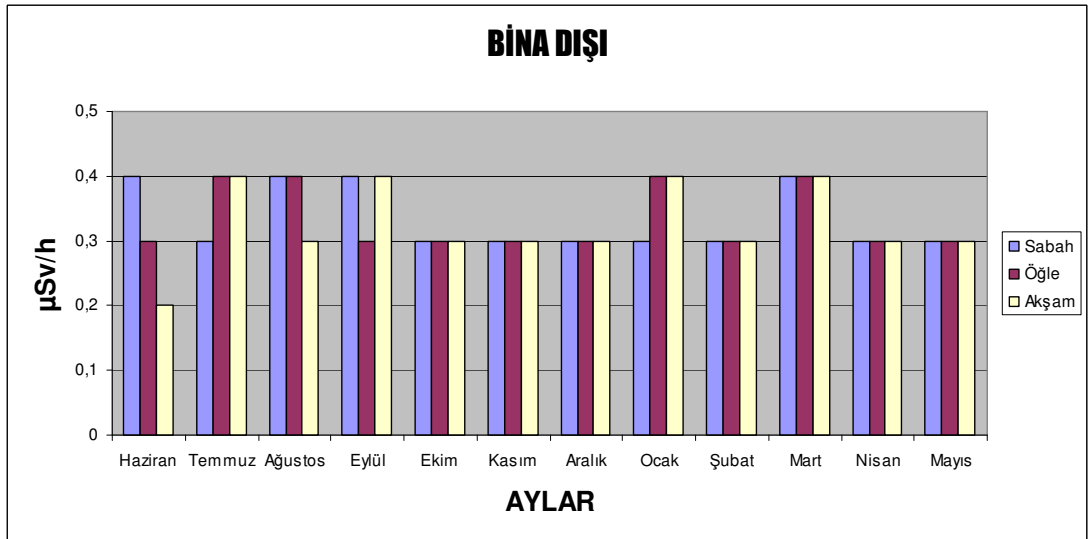
Bina dışında alınan ölçüm sonuçları Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir. Şekil 3.3.'de cpm ve Şekil 3.4.'de $\mu\text{Sv/h}$ biriminde elde edilen grafikler verilmiştir.

Çizelge 3.2. Bina dışındaki radyasyon ölçüm değerleri

Aylar	CPM			$\mu\text{Sv/h}$		
	Sabah	Öğle	Akşam	Sabah	Öğle	Akşam
Haziran	40	32	28	0,4	0,3	0,2
Temmuz	31	41	35	0,3	0,4	0,4
Ağustos	35	42	32	0,4	0,4	0,3
Eylül	46	36	28	0,4	0,3	0,4
Ekim	35	30	35	0,3	0,3	0,3
Kasım	36	34	34	0,3	0,3	0,3
Aralık	32	31	30	0,3	0,3	0,3
Ocak	31	39	38	0,3	0,4	0,4
Şubat	30	31	29	0,3	0,3	0,3
Mart	36	36	35	0,4	0,4	0,4
Nisan	29	33	30	0,3	0,3	0,3
Mayıs	30	33	32	0,3	0,3	0,3



Şekil 3.3. Bina dışındaki radyasyon ölçümü (cpm)



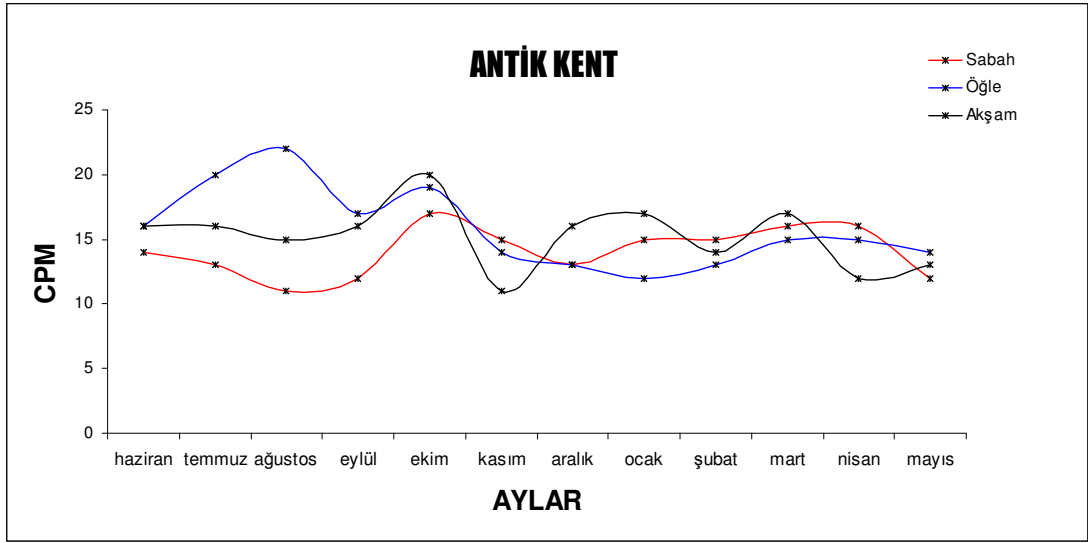
Şekil 3.4. Bina dışındaki radyasyon ölçümü (µSv/h)

3.3. Antiocheia Pisidia Antik Kentindeki Ölçüm Sonuçları

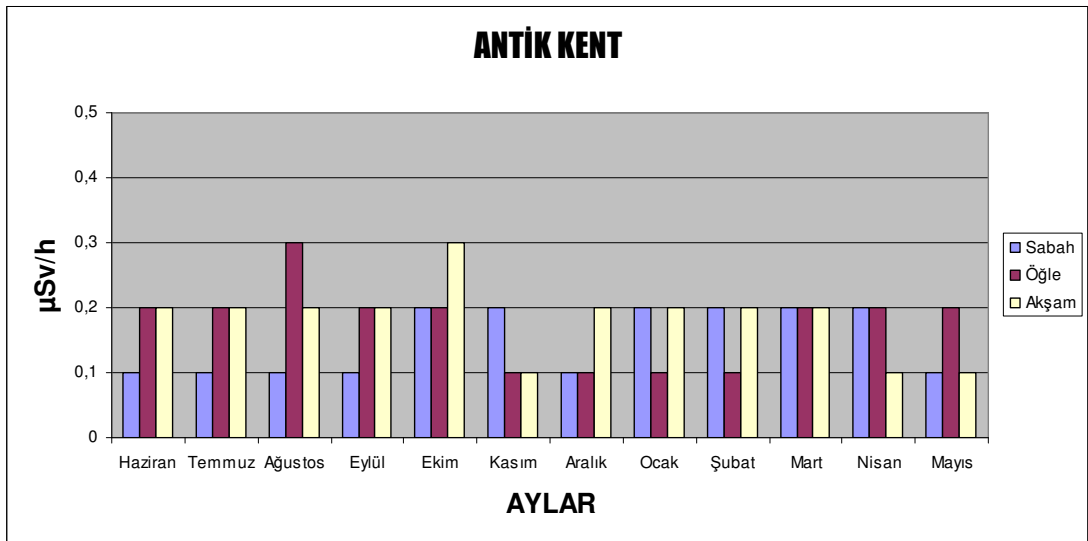
Antik Kentte alınan sonuçlar Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir. Şekil 3.5.'de cpm ve Şekil 3.6.'da $\mu\text{Sv/h}$ biriminde elde edilen grafikler verilmiştir.

Çizelge 3.3. Antik kentteki radyasyon ölçüm değerleri

Aylar	CPM			$\mu\text{Sv/h}$		
	Sabah	Öğle	Akşam	Sabah	Öğle	Akşam
Haziran	14	16	16	0,1	0,2	0,2
Temmuz	13	20	16	0,1	0,2	0,2
Ağustos	11	22	15	0,1	0,3	0,2
Eylül	12	17	16	0,1	0,2	0,2
Ekim	17	19	20	0,2	0,2	0,3
Kasım	15	14	11	0,2	0,1	0,1
Aralık	13	13	16	0,1	0,1	0,2
Ocak	15	12	17	0,2	0,1	0,2
Şubat	15	13	14	0,2	0,1	0,2
Mart	16	15	17	0,2	0,2	0,2
Nisan	16	15	12	0,2	0,2	0,1
Mayıs	12	14	13	0,1	0,2	0,1



Şekil 3.5. Antik kentteki radyasyon ölçümü (cpm)



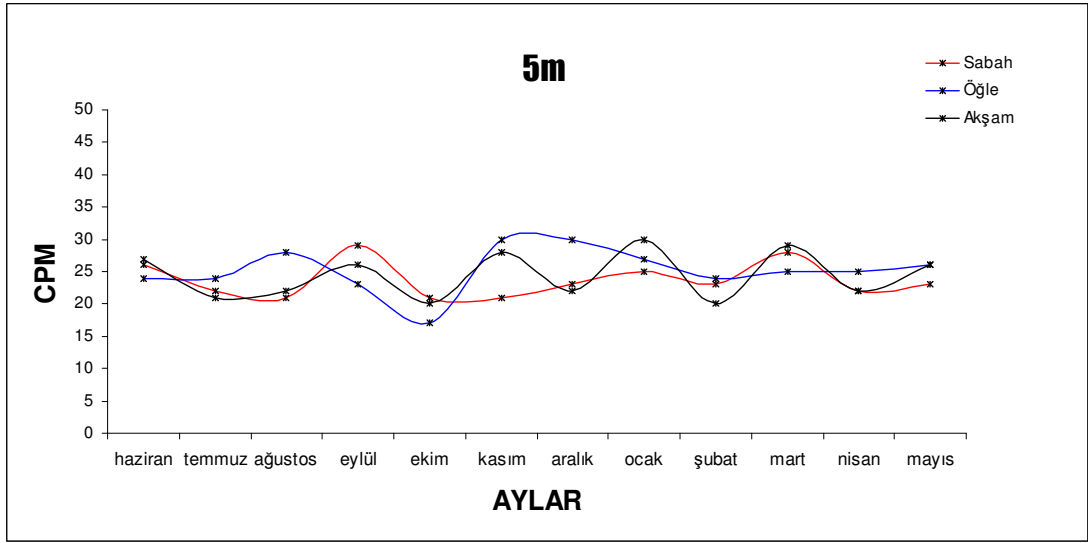
Şekil 3.6. Antik kentteki radyasyon ölçümü (µSv/h)

3.4. Baz İstasyonundaki Ölçüm Sonuçları

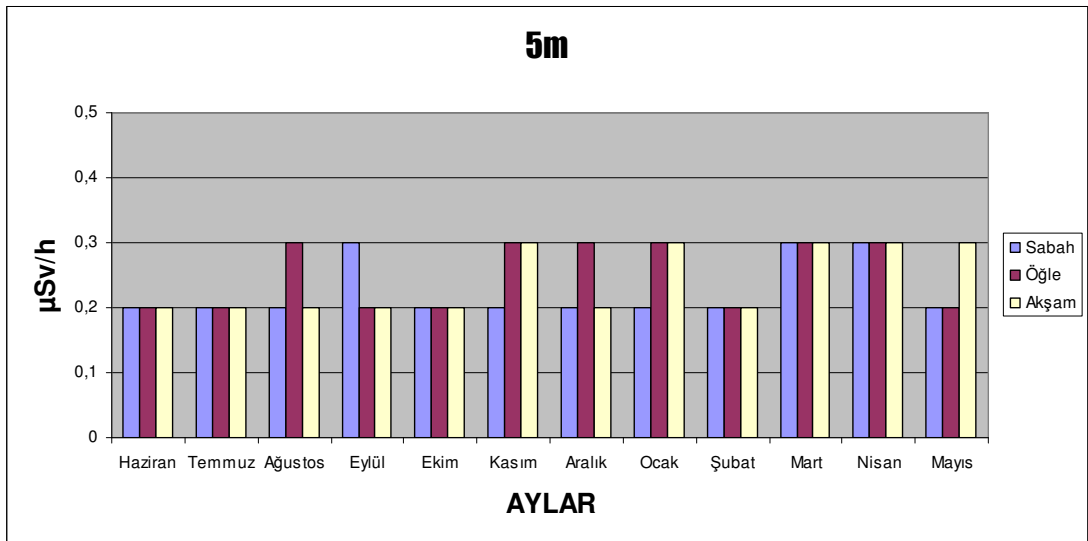
Baz istasyonu bölgesinde ölçümler, verici antene 5 m, 10 m ve 50 m mesafelerde elde edilmiştir. Bu nedenle, her mesafe için ayrı bir çizelge ve grafik elde oluşturulmuştur. Çizelge 3.4.'de 5 m mesafedeki, ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Şekil 3.7.'de cpm ve Şekil 3.8.'de $\mu\text{Sv/h}$ biriminde elde edilen grafikler verilmiştir.

Çizelge 3.4 Baz istasyonu 5 m mesafedeki radyasyon ölçüm değerleri

Aylar	CPM			$\mu\text{Sv/h}$		
	Sabah	Öğle	Akşam	Sabah	Öğle	Akşam
Haziran	26	24	27	0,2	0,2	0,2
Temmuz	22	24	21	0,2	0,2	0,2
Ağustos	21	28	22	0,2	0,3	0,2
Eylül	29	23	26	0,3	0,2	0,2
Ekim	21	17	20	0,2	0,2	0,2
Kasım	21	30	28	0,2	0,3	0,3
Aralık	23	30	22	0,2	0,3	0,2
Ocak	25	27	30	0,2	0,3	0,3
Şubat	23	24	20	0,2	0,2	0,2
Mart	28	25	29	0,3	0,3	0,3
Nisan	22	25	22	0,3	0,3	0,3
Mayıs	23	26	26	0,2	0,2	0,3



Şekil 3.7. Baz istasyonu 5 m mesafedeki radyasyon ölçümü (cpm)

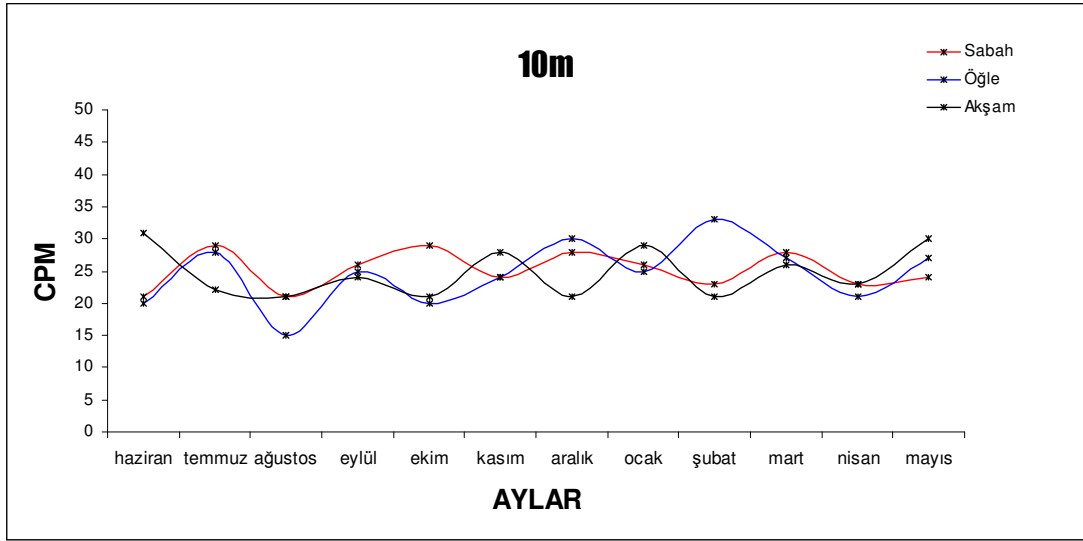


Şekil 3.8. Baz istasyonu 5 m mesafedeki radyasyon ölçümü (µSv/h)

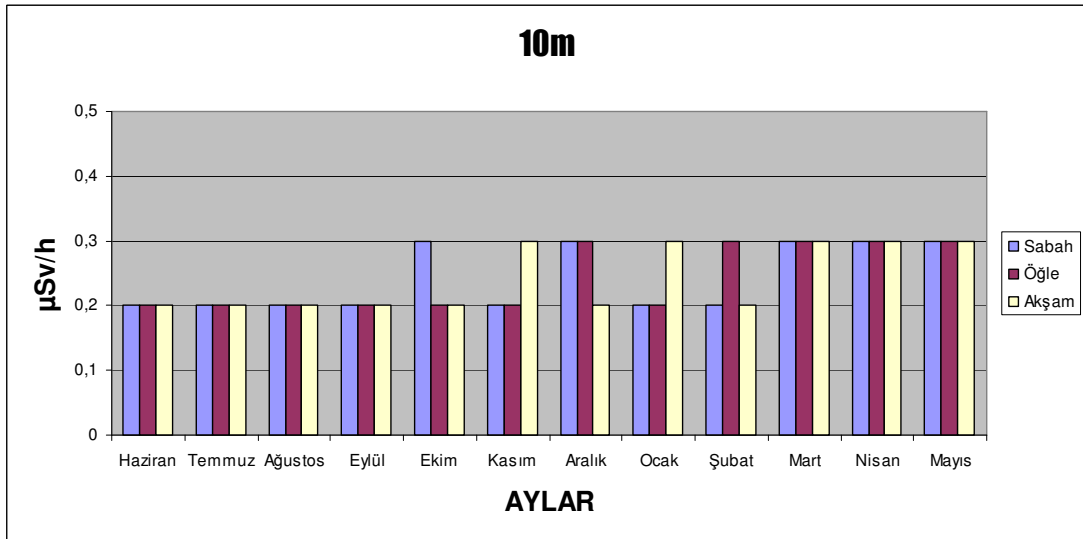
Çizelge 3.5’de 10 m mesafedeki, ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Şekil 3.9.’da cpm ve Şekil 3.10.’da $\mu\text{Sv/h}$ biriminde elde edilen grafikler verilmiştir.

Çizelge 3.5 Baz istasyonu 10 m mesafedeki radyasyon ölçüm değerleri

Aylar	CPM			$\mu\text{Sv/h}$		
	Sabah	Öğle	Akşam	Sabah	Öğle	Akşam
Haziran	21	20	31	0,2	0,2	0,2
Temmuz	29	28	22	0,2	0,2	0,2
Ağustos	21	15	21	0,2	0,2	0,2
Eylül	26	25	24	0,2	0,2	0,2
Ekim	29	20	21	0,3	0,2	0,2
Kasım	24	24	28	0,2	0,2	0,3
Aralık	28	30	21	0,3	0,3	0,2
Ocak	26	25	29	0,2	0,2	0,3
Şubat	23	33	21	0,2	0,3	0,2
Mart	28	27	26	0,3	0,3	0,3
Nisan	23	21	23	0,3	0,3	0,3
Mayıs	24	27	30	0,3	0,3	0,3



Şekil 3.9. Baz istasyonu 10 m mesafedeki radyasyon ölçümü (cpm)

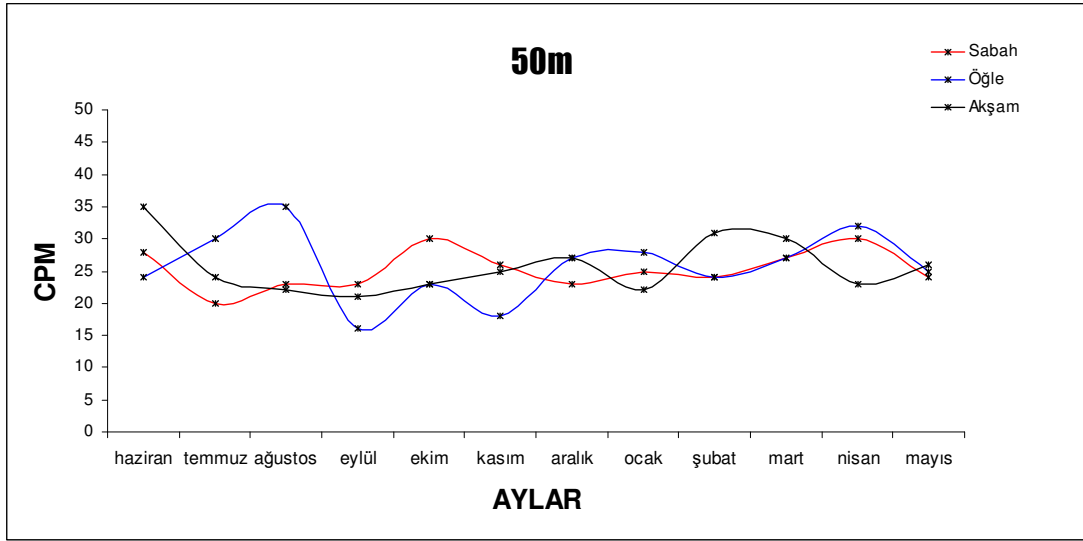


Şekil 3.10. Baz istasyonu 10 m mesafedeki radyasyon ölçümü (µSv/h)

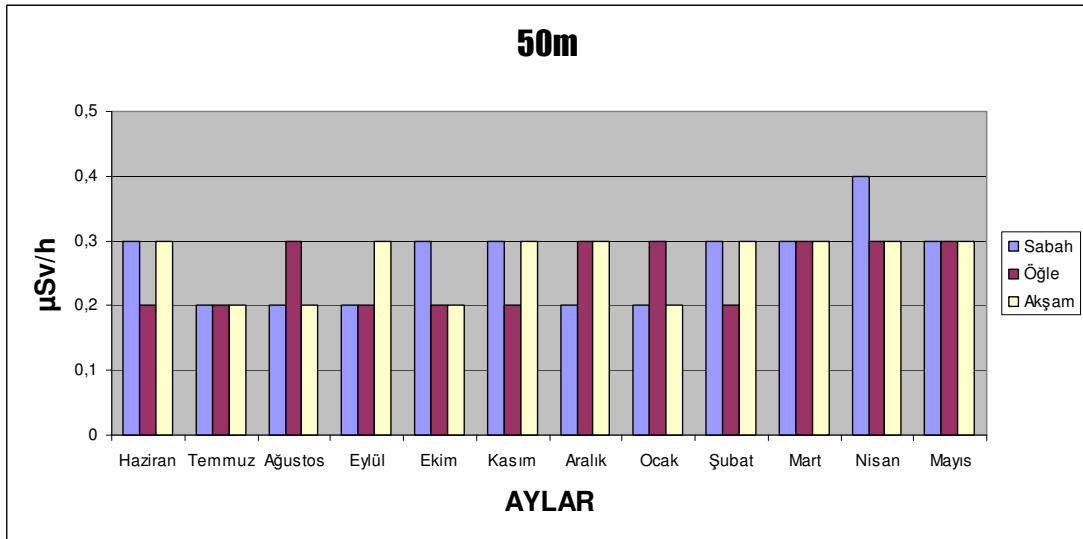
Çizelge 3.6’da 50 m mesafedeki, ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Şekil 3.11’de cpm ve Şekil 3.12’de $\mu\text{Sv/h}$ biriminde elde edilen grafikler verilmiştir.

Çizelge 3.6. Baz istasyonu 50 m mesafedeki radyasyon ölçüm değerleri

Aylar	<i>CPM</i>			<i>$\mu\text{Sv/h}$</i>		
	Sabah	Öğle	Akşam	Sabah	Öğle	Akşam
Haziran	28	24	35	0,3	0,2	0,3
Temmuz	20	30	24	0,2	0,2	0,2
Ağustos	23	35	22	0,2	0,3	0,2
Eylül	23	16	21	0,2	0,2	0,3
Ekim	30	23	23	0,3	0,2	0,2
Kasım	26	18	25	0,3	0,2	0,3
Aralık	23	27	27	0,2	0,3	0,3
Ocak	25	28	22	0,2	0,3	0,2
Şubat	24	24	31	0,3	0,2	0,3
Mart	27	27	30	0,3	0,3	0,3
Nisan	30	32	23	0,4	0,3	0,3
Mayıs	24	25	26	0,3	0,3	0,3



Şekil 3.11. Baz istasyonu 50 m mesafedeki radyasyon ölçümü (cpm)



Şekil 3.12. Baz istasyonu 50 m mesafedeki radyasyon ölçümü (µSv/h)

3.5. Ortalama Ölçüm Değerleri

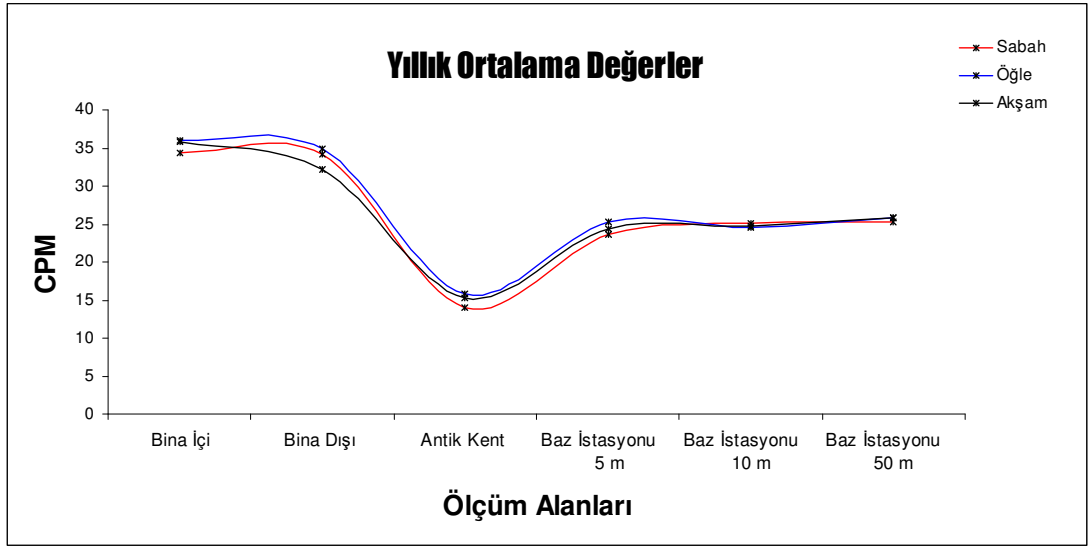
Tüm ölçüm noktalarından alınan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak yıllık ortalamalar elde edilmiştir. Tüm ayların, alınan doğal ortam radyasyonu ölçümleri toplanıp, ay sayısına bölünerek elde edilen ortalama değerler, Çizelge 3.7.'de cpm ve Çizelge 3.8.'de $\mu\text{Sv/h}$ biriminde verilmiştir. Şekil 3.13. ve Şekil 3.14.'de bu değerlerle çizilen grafikleri göstermektedir.

Çizelge 3.7. Yıllık ortalama cpm değerleri

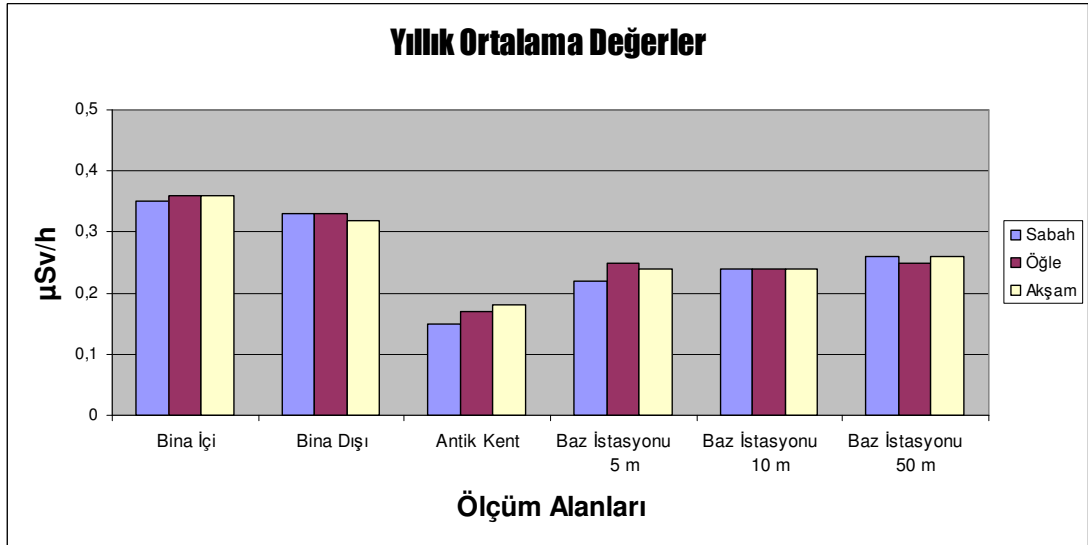
<i>Ölçüm Noktası</i>	<i>Ortalama CPM değeri</i>		
	Sabah	Öğle	Akşam
Bina İçi	34,41	35,91	35,75
Bina Dışı	34,25	34,83	32,16
Antiocheia Pisidia	14,08	15,83	15,25
Baz İstasyonu 5 m	23,66	25,25	24,41
Baz İstasyonu 10 m	25,16	24,58	24,75
Baz İstasyonu 50 m	25,25	25,75	25,75

Çizelge 3.8. Yıllık ortalama $\mu\text{Sv/h}$ değerleri

<i>Ölçüm Noktası</i>	<i>Ortalama $\mu\text{Sv/h}$ değeri</i>		
	Sabah	Öğle	Akşam
Bina İçi	0,35	0,36	0,36
Bina Dışı	0,33	0,33	0,32
Antiocheia Pisidia	0,15	0,17	0,18
Baz İstasyonu 5 m	0,22	0,25	0,24
Baz İstasyonu 10 m	0,24	0,24	0,24
Baz İstasyonu 50 m	0,26	0,25	0,26



Şekil 3.13. Yıllık ortalama cpm grafiği



Şekil 3.14. Yıllık ortalama $\mu\text{Sv/h}$ grafiği

Her hangi bir yılda halk için maksimum alınması gereken doz sınırı, yılda 5 mSv 'dir (Çizelge 3.9.). Doğal ve yapay kaynaklardan halkın maruz kaldığı doz 2,8 mSv'dir.

Çizelge 3.9. Radyasyon çalışanları ve toplum üyesi için doz sınırları (Togay, 2002)

	Radyasyon çalışanları	Halk
Etkin doz sınırı		
• Ardışık 5 yılın ortalaması	20mSv	1mSv
• Herhangi bir yılda	50mSv	5mSv
Yıllık organ eşdeğer doz sınırı		
• Göz merceği	150mSv	15mSv
• Deri	500mSv	50mSv
• Eller ve ayaklar	500mSv	50mSv

Dört farklı noktadan aldığımız yıllık ortalama $\mu\text{Sv/h}$ birimindeki ölçümlerin yıllık değerleri Çizelge 3.10.'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Ölçüm noktalarında bir yılda alınan mSv değerleri

Ölçüm Alanı	Ortalama $\mu\text{Sv/h}$	mSv/yıl
Bina İçi	0,36	3,1
Bina Dışı	0,33	2,8
Antiocheia Pisidia	0,17	1,4
Baz İstasyonu 5 m	0,25	2,1
Baz İstasyonu 10 m	0,24	2,1
Baz İstasyonu 50 m	0,25	2,1

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çevresel radyasyon ölçümlerinin temel amacı, insanların çevresel kaynaklardan aldıkları radyasyon dozunun tayini ve oluşturabileceği sağlık riskinin değerlendirilmesidir. Bunun yapılabilmesi için de, doğal radyasyon kaynaklarını oluşturan radyonüklidlerin çevresel ortamdaki konsantrasyonları ve insanların maruz kaldıkları toplam radyasyon dozuna bunların katkıları ayrı ayrı belirlenmelidir. Ayrıca, çevresel ortamda bulunan radyonüklidler ile insanların bu kaynaklardan aldıkları radyasyon dozu arasındaki ilişkinin belirlenmesi gerekir. Bu tür sistematik araştırmalar sonucu bir bölgenin doğal radyasyonunun çevre yönünden sağlıklı yaşama uygun olup olmadığına karar verilebilir.

4.1. Bina İçi Ölçümleri

Çizelge 3.1’de verilen bina içi doğal ortam radyasyonu ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; yıllık sonuçlara göre radyasyon oranları, 31–45 cpm veya 0,2–0,5 $\mu\text{Sv/h}$ arasında değişmektedir. En fazla (45 cpm) Eylül ayı öğle saatlerinde, en az (31 cpm) olarak da, Ekim ayı öğle, Ocak ayı sabah ve Nisan ayı öğle saatlerinde ölçülmüştür. Çizelge 3.7’deki yıllık ortalama değerlere bakıldığında, cpm birimindeki bina içi ortalamaları sabah 34,41, öğle 35,91 ve akşam 35,75 olmuştur. Bina içi ölçümlerin geneline bakılacak olunursa, öğle saatlerindeki radyasyon değerlerinin diğerlerine göre biraz daha fazla olduğu göze çarpmaktadır. Ölçümde kullanılan Geiger-Mueller LND712 Dedektörü’nün normal doğal ortam radyasyonu değerleri 10–30 cpm aralığında olduğu düşünüldüğünde, bina içi radyasyon ölçüm değerleri bu sınırı biraz aşmaktadır.

4.2. Bina Dışı Ölçümleri

Bina dışı doğal ortam radyasyonu ölçüm sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Aylara göre bakıldığında; Eylül ayı sabah ölçümü 46 cpm değeriyle en yüksek, yine Eylül ayı akşam ölçümü 28 cpm değeriyle en düşük değer olarak gerçekleşmiştir. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları diğer aylara göre daha yüksek radyasyon dozuna

sahip olmuştur. Aylık ölçümler $\mu\text{Sv/h}$ biriminde 0,2 ve 0,4 arasında değişmiştir. Çizelge 3.7'deki yıllık ortalama değerlere bakıldığında, cpm birimindeki bina dışı ortalamaları sabah 34,25, öğle 34,83 ve akşam 32,16 olarak gerçekleşmiştir. Ölçümde kullanılan Geiger-Mueller LND712 Dedektörü'nün normal doğal ortam radyasyonu değerleri 10–30 cpm aralığında olduğu düşünüldüğünde, bina dışı radyasyon ölçüm değerleri bina içi kadar olmasa da bu sınırı biraz aşmaktadır.

4.3. Antiocheia Pisidia Antik Kenti Ölçümleri

Çizelge 3.3'de verilen Antiocheia Pisidia Antik Kenti'ndeki doğal ortam radyasyonu ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; yıllık sonuçlara göre radyasyon oranları, 11–22 cpm veya 0.1–0.3 $\mu\text{Sv/h}$ aralığında gerçekleşmiştir. Ağustos ayı öğle ölçümü 22 cpm değeriyle en yüksek, Ağustos ayı sabah ve Kasım ayı akşam ölçümleri 11 cpm değeriyle en düşük değer olarak gerçekleşmiştir. Antiocheia Pisidia Antik Kenti'nin Çizelge 3.7'deki ölçümlerin yıllık ortalamalarına bakıldığında; sabah 14.08 cpm, öğle 15.83 cpm ve akşam 15.25 cpm olduğu görülmektedir. Ölçülen bu doğal ortam radyasyonu değerleri Yalvaç ve çevresinin en düşük radyasyon dozu değerleridir. Geiger-Mueller LND712 Dedektörü'nün normal doğal ortam radyasyonu değerleri 10–30 cpm aralığında olduğundan, ölçülen değerler bu aralık içerisinde kalmaktadır.

4.4. Baz İstasyonu Ölçümleri

Baz istasyonundaki ölçümler; baz istasyonundan 5 m, 10 m ve 50 m uzaklıklarda alınmıştır. Çizelge 3.4'de 5m mesafedeki doğal ortam radyasyonu ölçüm sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre; Kasım ve Aralık ayı öğle 30 cpm olarak en yüksek, Ekim öğle 17 cpm olarak da en düşük doğal radyasyon değerleri elde edilmiştir. Çizelge 3.7'deki ölçümlerin yıllık ortalamalarına bakıldığında; sabah 23,66 cpm, öğle 25.25 cpm ve akşam 24.41 cpm olduğu görülmektedir. Baz istasyonundan 10m mesafedeki ölçümler Çizelge 3.5'de gösterilmiştir. Buna göre; Haziran ve Ekim aylarındaki öğle ölçümleri 20 cpm olarak en düşük doz, Şubat ayı öğle ölçümü de 33 cpm olarak en yüksek doz oranı olarak gerçekleşmiştir. Çizelge 3.7'deki yıllık ortalamalarında ise; sabah 25,16 cpm, öğle 24,58 cpm ve akşam 24,75 olduğu

görülmektedir. Baz istasyonundan 50 m mesafedeki ölçümler de Çizelge 3.6'de verilmiştir. Baz istasyonu çevresindeki en yüksek değerdeki doğal ortam radyasyonu ölçümleri bu mesafede elde edilmiştir. Ölçülen maksimum değer 30 cpm ile Mart akşam, Nisan sabah ve Temmuz öğle ölçümlerinde, minimum değer ise, 16 cpm olarak Eylül öğle ölçümünde görülmüştür. Çizelge 3.7'deki yıllık doza bakıldığında; sabah 25,25 cpm, öğle 25,75 cpm ve akşam 25,75 olduğu görülmektedir. Tüm baz istasyonu ölçüm değerleri $\mu\text{Sv/h}$ olarak 0,2 ile 0,4 arasında değişiklik göstermiştir. Ölçümde kullanılan Geiger-Mueller LND712 Dedektörü'nün normal doğal ortam radyasyonu değerleri 10–30 cpm aralığına göre de, tüm baz istasyonu ölçüm sonuçları normal sınırları içerisinde kalmıştır.

Farklı çevresel özelliklere sahip dört noktada alınan doğal ortam radyasyonu ölçümlerinde ilk göze çarpan, bina içindeki radyasyonun değerlerinin diğerlerine göre yüksek olmasıdır. Bunun sebebinin de büyük ölçüde radon gazı ve binalarda kullanılan teknolojik araçların yaydığı radyasyon olduğu söylenebilir. Kapalı bir mekan olması nedeniyle bina içersindeki radon gazının birikebildiği bilinmektedir. Günümüzde kullanılan televizyon, bilgisayar vb araçlar yüksek gerilim tüpleri nedeniyle çeşitli radyasyon yaymaktadırlar. Baz istasyonu ölçüm sonuçlarından görüldüğü üzere; baz istasyonunun hemen yakınındaki ölçüm değerlerine göre, 50 m uzağındaki ölçüm değerleri daha fazla olmuştur. Olması gereken de budur. Antiocheia Psidia Antik Kenti'ndeki ölçüm sonuçları bu çalışmadaki Yalvaç ve çevresine ait en düşük olarak ölçülen değerlerdir. Tüm bu sonuçlara bakıldığında doğal ortam radyasyonu ölçümleri yılın aylarına göre değişim gösterebildiği gibi, aynı günün değişik saatlerinde de farklılık gösterebilmektedir. Ölçümlerde kullanılan Geiger-Mueller LND712 Dedektörü'nün normal doğal ortam radyasyonu değerleri 10–30 cpm aralığı baz alındığında, bina içi ve kısmen bina dışı hariç, tüm ölçülen değerler yaklaşık olması gereken doğal ortam radyasyonu değerleri arasında yer almaktadır.

Doğal radyasyon düzeyinin büyüklüğünü belirleyen birçok neden vardır. Yaşanılan yer, bu yerin toprak yapısı, barınılan binalarda kullanılan malzemeler, mevsimler, kutuplara olan uzaklık ve hava şartları bu nedenlerden bazılarıdır. Yağmur, kar, alçak

basınç, yüksek basınç ve rüzgar yönü gibi etkenler de doğal radyasyon düzeyinin büyüklüğünü belirler. Bütün bunlar göz önüne alındığında; Çizelge 3.7., Çizelge 3.8., Çizelge 3.9. ve Çizelge 3.10. görüldüğü gibi, Yalvaç ve yöresinde ölçülen radyasyon dozunun yaşam süresince yıllık alınması gereken doz limitleri içinde olduğu ve radyasyon açısından herhangi bir tehlike arz etmediği tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

- Anonim, 1998. Radiation Alert, Operation Manual For The Monitor 4/4EC, S.E. International, Inc., Summertown, USA
- Anonim, 1999. 1989-1999. Yalvaç Belediyesi Faaliyet raporu, 2,4 s
- Anonim, 2001. Elektromagnetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları. TÜBİTAK Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü Yayını, 22s.
- Anonim., 2002. Radyasyon güvenliği. Türkiye Atom Enerjisi Yayınları, 16s.
- Atakan, Y., 2006. İyonlayıcı Radyasyon. TÜBİTAK yayınları, 20s.
- Atalay, A.,H., 2000. Telsiz İletişim/GSM Çevre, Sağlık, Güvenlik. 11s. http://www.tk.gov.tr/Yayin/telsiz_gsm/telsiz-gsm.pdf. Erişim Tarihi: 17.05.2007
- Bozbıyık, A., Özdemir, Ç., Hancı, İ., H., 2002. Radyasyon Yaralanmaları ve Korunma Yöntemleri. Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi.,11(7), 272-273.
- Canbazoğlu, C., Doğru, M., 2003. Maden İlçesinde (Elazığ) Çevresel Gama Radyasyon Dozu Ölçümleri. 8. Ulusal Nükleer Bilimler Ve Teknolojileri Kongresi Bildiri Kitabı. Kayseri. http://kutuphane.taek.gov.tr/internet_tarama/dosyalar/cd/4115/pdf/243.pdf Erişim Tarihi: 15.04.2007
- Çelebi, N., Taşdelen, M., Özçınar, B., Kopuz, G., 2003. YTÜ Şevket Sabancı Kütüphanesi Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. 8. Ulusal Nükleer Bilimler Ve Teknolojileri Kongresi Bildiri Kitabı. Kayseri.
- Dizdar, E., N., 2004. Bilgisayar Kullanıcılarında Elektromagnetik Işınlardan İnsan Sağlığına Etkisinin İncelenmesi. Karaelmas Üniversitesi Teknoloji Dergisi, 7(4), 625–628. Zonguldak.
- Dalcı, D., Dörter, G., Güçlü, İ., 2005. Radyasyon Hasarlarının Tanı Ve Tedavisi. ÇNAEM Radyasyon Güvenliği Raporları Serisi, No:2, ISBN: 975–8898–01–9. İstanbul.
- Dalcı, D., Dörter G., Güçlü İ., Köksal, G., Köksal, E., M., 2003. Biyolojik Doz Tayininde Kullanılan Başlıca Sitogenetik Yöntemler ve Uygulamaları. 8. Ulusal Nükleer Bilimler Ve Teknolojileri Kongresi Bildiri Kitabı. Kayseri.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1994. Elektromagnetik Radyasyon. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:32, 30s. Ankara.
- Kaya, A., 2002. İyonize Radyasyonun Biyolojik Etkileri. Dicle Tıp Dergisi, 29(3), 11s. Diyarbakır.
- Kayıhan, P., 2002. Cep Telefonu Baz İstasyonlarının Sağlığa Etkisi. Uludağ Üniversitesi “Dergi” dergisi, Yıl:1, Sayı: 4, ISSN:1303–0205. Bursa.
- Krane, K., S., 2001. Nükleer Fizik 1. Palme Yayıncılık, ISBN:975-7477-88-5, 418s. Ankara.

- Kumbur, H., Zeren, O., 1997. İçel'de evlerde radon düzeylerinin hesaplanması. Ekoloji Dergisi. 7(25), 25-31.
- Kumru, M., N., Bakaç, M., Hüryaşar, A., 2003. Kapalı Bina İçi Atmosferinin Radon Ürünlerinden Arıtılması İçin Filtrasyon Sistemi Geliştirilmesi. 8. Ulusal Nükleer Bilimler Ve Teknolojileri Kongresi Bildiri Kitabı. Kayseri.
- Mutlu, B., Toros, H., Şen O., 2003. Ultraviyole Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerinde Etkileri. III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, 11s. İstanbul.
- Togay, Y.,E., 2002. Radyasyon ve Biz. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları, 37s. Ankara.
- Serway, R.,S., 1996. Fen ve Mühendislik için Fizik. Palme Yayıncılık, No:121, 345s. Ankara.
- Sevgi, L., 2000. Elektromagnetik kirlilik ve EMC mühendisliği-1. TÜBİTAK-MAM Teknolojik İşbirliği Dergisi.
http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LS_PROF/EMC_YAZI/emc_tekno1.pdf
Erişim Tarihi: 19.05.2007
- Yaren, H., Karayılanoğlu, T., 2005. Radyasyon ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4(4), 10s. Ankara.
- Yaşar, S., 1999. Radyasyon ve Radyasyonda Korunmak. Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, 25s. İstanbul.
- Taşlıalan, M., 1999. I. Uluslar arası Pisidia Antiocheia Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 5s. Yalvaç.
- Taylor, J., R., Zafaritos, C., 1996. Fizik Ve Mühendislikte Modern Fizik. Arto Güven Yayını, 448s. İstanbul.
- http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/radbiryasam.html. Erişim Tarihi: 10.04.2007
- http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/dogalrad.html. Erişim Tarihi:10.04.2007
- http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/yapayrad.html. Erişim Tarihi:20.02.2007
- http://www.taek.gov.tr/bilgi/elkitabi_brosur/brakiterapi/temel16.html. Erişim Tarihi: 20.02.2007

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Halim Büyüksulu

Doğum Yeri ve Yılı: Yalvaç/ 01.01.1982

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Yalvaç Anadolu Lisesi - 2000

Lisans : Balıkesir Üniversitesi Fen Ed. Fak. -2005

Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Yayınları (SCI ve diğer makaleler)

1-Kaplan, A., Sevin, Z. ve Büyüksulu, H., 2006, Dedegöl Dağı (Yenişarbademli/ISPARTA) ve Çevresinde Doğal Background Radyasyon Ölçümü, III. Nükleer Yapı Özellikleri Çalıştayı, 15-17 Kasım 2006, Dumlupınar Üniversitesi, KÜTAHYA

2-Kaplan, A. ve Büyüksulu, H., 2006, Eysel Cihazların Doğal Background Radyasyona Etkisi, Radyasyon ve Çevre Sempozyumu-2006, 29-30 Haziran 2006, Ayvacık/ÇANAKKALE

3-Kaplan, A. and Büyüksulu, H., 2006, Variations of Inside and Outside Natural Background Radiation of a House In Isparta, Turkey, 6th International Conference of the Balkan Physical Union, August 22-26, 2006, Istanbul, TURKEY