

**ISPARTA'DAKI BAZ İSTASYONLARININ
ÇEVRESİNDEKİ
RADYASYONUN ÖLÇÜLMESİ**

Betül MAVİ

**Yüksek Lisans Tezi
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA-2004**

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



**ISPARTA'DAKİ BAZ İSTASYONLARININ ÇEVRESİNDEKİ
RADYASYONUN ÖLÇÜLMESİ**

Betül MAVİ

Danisman: Yrd. Doç. Dr. Iskender AKKURT

**Yüksek Lisans Tezi
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA 2004**

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
SEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ.....	vii
TESEKKÜR.....	viii
1. GİRİS	1
2. KURAMSAL TEMELLER	2
2.1 Radyasyon Ve Özellikleri.....	2
2.1.1 Doğal Radyasyon Kaynakları.....	6
2.1.2 Yapay Radyasyon Kaynakları.....	8
2.2 Elektromagnetik Radyasyon	10
2.2.1 Elektromagnetik Radyasyonun Etkileri	11
2.3 Baz İstasyonları.....	12
2.3.1 Baz İstasyonlarının Yapısı	13
2.3.2 Baz İstasyonlarının Yayıdığı Radyasyon	15
2.3.3 Baz İstasyonlarının Yayıdığı Radyasyonun Etkisi.....	17
3. ÖLÇÜM TEKNİKLERİ.....	19
3.1 Radyasyon Ölçüm Yöntemleri.....	19
3.1.1 Yarı- iletken Dedektörler.....	19
3.1.2 Gaz Doldurulmuş Tüp Dedektörler.....	21
3.1.2.1 İyonizasyon odaları.....	22
3.1.2.2 Orantili sayıcılar	22
3.1.2.3 Geiger Müller Sayıcıları.....	23
3.1.3 Sintilasyon Dedektörleri.....	24
3.1.3.1 NaI (TI) sintilatörleri.....	25
3.1.3.2 ZnS sintilatörleri.....	25
3.1.3.3 Plastik sintilatörler	26
3.1.2.4 Sivi sintilatörler	27

4. DENEYSEL SONUÇLAR.....	28
4.1 Gama Radyasyonu Sonuçları.....	29
4.1.1 Mevsimsel Değişim.....	29
4.1.2 Yerden yüksekliğe göre Değişim.....	32
4.1.3 İstasyondan uzaklığa göre Değişim.....	36
4.1.4 Baz İstasyonu sayısına göre Değişim.....	39
4.1.5 Gama $\mu\text{R/h}$ Değişimi	40
4.1.5.1 Uzaklığa Bağlı Değişim.....	40
4.1.5.2 Bölgelerin Mevsimsel $\mu\text{R/h}$ Değişimi.....	41
4.1.5.3 Bölgelerin Uzaklıkla Değişim.....	42
5. TARTISMA.....	45
KAYNAKLAR.....	47

ÖZET

Çevremizde, doğal kaynakların ve teknolojik gelişmelerin sonucu olarak sürekli bir radyasyon vardır. Doğal fon olarak adlandırılan bu radyasyonun bilinmesi, o bölgedeki olası değişimlerin tespiti için önemlidir. Bu, son yıllarda özellikle iletişim alanındaki hızlı gelişmelerle daha da önem kazanmıştır.

Cep telefonu kullanımının yaygınlaşması, yerleşim merkezlerine kurulan baz istasyonları sayısının artmasına sebep olmuştur. Elektromagnetik isinlar yayan bu istasyonların doğal radyasyona olan katkılarının tespit edilmesi, o bölgedeki canlıların sağlığı açısından önemlidir.

Bu çalışmada Isparta ilinin 4 ayrı bölgesinde bulunan baz istasyonlarının çevresine yaydığı radyasyon miktarı; mevsimsel, baz istasyonuna uzaklık, istasyon sayısı ve yerden yüksekliğe bağlı olmak üzere dört degiskene bağlı olarak Eberline marka ASP-2e model sayaca NaI(Tl) probu bağlanarak ölçülmüştür. Ölçümler 60s periyotla 3 kez alınmış ve ortalama deger bulunmuştur.

Baz istasyonlarının doğal ortama yaydıkları radyasyonu test için elde edilen sonuçlar aynı doğal şartlara sahip ancak baz istasyonu bulunmayan yerlerdeki ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Bunun için Davraz mahallesindeki Ekim ve Subat ayı verileri karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar değişimi belirlemek için CPS ve radyasyon dozunu elde etmek için $\mu\text{R/h}$ cinsinden verilmiş ve gama radyasyon dozunun 13,96 $\mu\text{R/h}$ ile 33,80 $\mu\text{R/h}$ degerleri arasında olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Elektromagnetik Radyasyon, Baz İstasyonu, NaI(Tl)

ABSTRACT

There is always a radiation in our environment result either from natural source or technological development. It is important to measure this radiation which is known background radiation to determine possible radiation variation in the region. This becomes more important with the rapid development in communication field in recent years,

The increase of using mobile phones have caused an increasing in the number of base stations which should be constructed around the people settlement.

The determination of the radiation contribution of electromagnetic radiation from the base station to the background is important for the health of the all-living things in the region.

In this work, the radiation emitted from base station have been determined for four different regions in Isparta as a function of season changes, distance from the base stations, the number of station and altitude from land, as a function of four parameters by using Eberline ASP-2e radiation counter connected to NaI(Tl) probe. The measurements were done in 60 s period for three times and the average values were used.

To test radiation contribution of base station to the background radiation, the results were compared with the background measurement performed in the places where there is no base station but have the same condition. For this, the results of Davraz region obtained in October and February were compared with the other measurement. The results were given in CPS to determine the variation and in $\mu\text{R/h}$ to determine radiation dose and it was found that the results are between 13.96 and 33.80 $\mu\text{R/h}$.

Keywords: Electromagnetic Radiation, Base Station, NaI(Tl)

SEKILLER DIZINI

Sekil 2.1 Degisik radyoaktif parçacıkların etki aralığı	3
Sekil 2.2 Kararsız çekirdeğin yarılanma ömrüne bağlı olarak bozunması.....	4
Sekil 2.3 Kozmik Isınlardan bir Saatte Alınan Radyasyon Dozunun Yüksekliğe Göre Degisimi.....	6
Sekil 2.4 Doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozlarının oransal değerleri.....	8
Sekil 2.5 Yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozunun oransal değerleri.....	9
Sekil 2.6 Doğal ve yapay radyasyon kaynaklarının küresel radyasyon dozuna oransal katkıları.....	10
Sekil 2.7 Elektromagnetik spektrum.....	11
Sekil 2.8 Baz İstasyonları ağı ve sabit ağı ile etkileşimi.....	14
Sekil 2.9 Tipik Baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı.....	16
Sekil 3.1 Farklı voltaj bölgelerinin sematik gösterimi.....	22
Sekil 3.2 Bir plastik sintilatör dedektörünün elektronigi.....	27
Sekil 4.1 Eberline marka ASP-2e model sayaç.....	28
Sekil 4.2 Gama NaI(Tl) probu.....	28
Sekil 4.3 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi (yerden 1m yüksekte ve istasyondan 5m uzakta).....	30
Sekil 4.4 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi (yerden 1m yüksekte ve istasyondan 10m uzakta).....	30
Sekil 4.5 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi (yerden 1m yüksekte ve istasyondan 15m uzakta).....	30
Sekil 4.6 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi (yerde ve istasyondan 5m uzakta).....	31
Sekil 4.7 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi (yerde ve istasyondan 10m uzakta).....	31

Sekil 4.8 Her bir bölgenin mevsimsel olarak degisimi (yerde ve istasyondan 15m uzakta).....	31
Sekil 4.9 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1 yüksekliğe bagli olarak degisimi (Temmuz ayi ve istasyondan 5m uzaklik için).....	32
Sekil 4.10 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1 yüksekliğe bagli olarak degisimi (Temmuz ayi ve istasyondan 10m uzaklik için).....	32
Sekil 4.11 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Temmuz ayi ve istasyondan 15m uzaklik için).....	33
Sekil 4.12 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Agustos ayi ve istasyondan 5m uzaklik için).....	33
Sekil 4.13 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Agustos ayi ve istasyondan 10m uzaklik için).....	33
Sekil 4.14 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Agustos ayi ve istasyondan 15m uzaklik için).....	34
Sekil 4.15 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Eylül ayi ve istasyondan 5m uzaklik için).....	34
Sekil 4.16 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Eylül ayi ve istasyondan 10m uzaklik için).....	34
Sekil 4.17 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Eylül ayi ve istasyondan 15m uzaklik için).....	35
Sekil 4.18 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Ekim ayi ve istasyondan 5m uzaklik için).....	35
Sekil 4.19 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Ekim ayi ve istasyondan 10m uzaklik için).....	35
Sekil 4.20 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bagli olarak degisimi (Ekim ayi ve istasyondan 15m uzaklik için).....	36
Sekil 4.21 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Ekim ayi ve yerden 1 m yükseklikte alinan degerler).....	36
Sekil 4.22 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Ekim ayi ve yerde alinan degerler).....	37

Sekil 4.23 Gama radyasyonunun istasyonda n uzakliga bagli olarak degisimi (Eylül ayi ve yerden 1 m yükseklikte alinan degerler).....	37
Sekil 4.24 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Eylül ayi ve yerde alinan degerler).....	37
Sekil 4.25 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Agustos ayi ve yerden 1 m yükseklikte alinan degerler).....	38
Sekil 4.26 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Agustos ayi ve yerde alinan degerler).....	38
Sekil 4.27 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Temmuz ayi ve yerden 1m yükseklikte alinan degerler).....	38
Sekil 4.28 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Temmuz ayi ve yerde alinan degerler).....	39
Sekil 4.29 Gama radyasyonunun Davraz Mah. ve Fatih Mah CPS degisimi (Temmuz ayi ve yerde alinan degerler).....	39
Sekil 4.30 Gama radyasyonunun Davraz Mah. ve Fatih Mah. CPS degisimi (Temmuz ayi ve yerden 1m yükseklikte alinan degerler).....	40
Sekil 4.31 Gama radyasyonunun Bölgelerin 0m ve 10m $\mu\text{R/h}$ (yerde) Degisimi.....	40
Sekil 4.32 Gama radyasyonunun Bölgelerin 0m ve 10m CPS (yerde) Degisimi.....	41
Sekil 4.33 Her bir bölgenin mevsimsel olarak degisimi (yerde ve istasyondan 10m uzakta).....	41
Sekil 4.34 Her bir bölgenin mevsimsel olarak degisimi (yerden 1m yüksekte ve istasyondan 10m uzakta).....	41
Sekil 4.35 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Eylül Ayi ve yerden alinan degerler).....	42
Sekil 4.36 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Eylül Ayi ve yerden 1 m yüksekte alinan degerler).....	42
Sekil 4.37 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Ekim Ayi ve yerden 1 m yüksekte alinan degerler).....	42

Sekil 4.38 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Ekim Ayi ve yerden alınan degerler).....	43
Sekil 4.39 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Temmuz Ayi ve yerden alınan degerler).....	43
Sekil 4.40 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Temmuz Ayi ve yerden 1m yüksekte alınan degerler).....	43
Sekil 4.41 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Agustos Ayi ve yerden 1m yüksekte alınan degerler).....	44
Sekil 4.42 Bölgelerin Uzakliga Bagli $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Agustos Ayi ve yerden 1m yüksekte alınan degerler).....	44
Sekil 5.1 Davraz Mah. dogal radyasyon ile baz istasyonunun yaydigi radyasyonun CPS olarak degisimi.....	46
Sekil 5.2 Davraz Mah. dogal radyasyon ile baz istasyonunun yaydigi radyasyonun $\mu\text{R/h}$ olarak degisimi.....	46

TABLULAR DIZINI

Tablo 2.1 Yillik alınan radyasyon dozları(NCRP93).....	5
Tablo 2.2 Yiyeceklerdeki ^{40}K ve ^{226}Ra oranları.....	5
Tablo 2.3 Bazı bölgelerdeki doğal radyasyon doz düzeyleri.....	8
Tablo 2.4 Radyasyon dozunun radyasyon kaynaklarına göre dağılımı.....	10
Tablo 3.1 Dedektör materyali olarak kullanılan bazı yarıiletkenlerin karakteristikleri....	20

TESEKKÜR

Tez alısmalarım süresince benden ilgi, destek ve katkılarını esirgemeyen Danisman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Iskender AKKURT' a, arazi alısmalarım boyunca her zaman desteğiyle katkıda bulunan Sayın Hocam Öğr. Gör. Dr. Abdullah KAPLAN' a, Deneysel ve Gözlemsel Öğrenci Araştırma Merkezi Müdürü Sayın Hocam Prof. Dr. Güleren ALSANCAK' a, Deneysel ve Gözlemsel Öğrenci Araştırma Merkezi'ndeki çalışma arkadaşlarıma, bütün alısmalarım boyunca beni yalnız bırakmayan sevgili esim Fatih MAVI' ye ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Betül MAVI

1. GIRIS

Günlük yasantimizda hemen her an, gerek dogal kaynaklardan, gerekse teknolojik gelismelerin getirdigi kolayliklari bir bedeli olarak sürekli radyasyonun etkisi altında kalmaktayiz. Günlük hayatta karsilastigimiz düşük düzeydeki elektromagnetik radyasyonun uzun vadede insan sagligi üzerinde ne gibi olumsuz etkilerinin olduğu halen tartisilmaktadır.

Dünya genelinde, elektrik üretim ve dagitim sirketleri ve elektrikli aygitlari üreticileri, elektromagnetik radyasyonun insan sagligi üzerinde bir tehdit olusturmadigini veya çok az oldugunu söylemektedirler. Diger taraftan, bu konuda arastirma kaynaklari talep eden bilim adamlari ve korunma amaçli ürün veya hizmet satanlar, çoğunlukla olasi veya gerçekleşen zararlarin inkar edilemeyecek düzeyde ve ciddi boyutlarda oldugunu iddia etmektedirler. Bugüne kadar yapilmis olan bilimsel arastirmalar elektromagnetik alan ve dalgalarin çok küçük siddet ve güçlerde bile çeşitli biyolojik etkileri oldugunu göstermistir. Bunlar arasında kanser, düşük veya sakat dogum ile bagisiklik sisteminin yavaslamasi verilebilir (Alpman, 2000).

Teknolojinin ilerlemesi ile son yıllarda cep telefonlari yaygin olarak kullanilmaya baslanmasi ve bunun paralelinde her yıl binlerce yeni baz istasyonunun planlanmasi ve kurulmasi kaçinilmazdir. Bu gelismelerin sonucunda elektromagnetik dalgalarin insan sagligi üzerinde olusturabilecegi olumsuz etkileri konusunda kamuoyunun duyarlilikini artmistir. Bu duyarlilik dogal olarak bir bilgilenme gereksinimi dogurmudur.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Radyasyon ve Özellikleri

Radyasyon; madde içerisinde soğurulan ve transfer edilen enerji olarak ifade edilebilir. Radyasyon, daima doğada var olan ve birlikte yaşadığımız bir olgudur. Radyo ve televizyon iletişimini olanaklı kılan radyo dalgaları; tipta, endüstride kullanılan x-ışınları; güneş ışınları; günlük hayatımızda alışkin olduğumuz radyasyon çeşitleridir.

Radyasyon genellikle bir atomun çekirdeğinde başlar. Atomları da, proton ve nötronların oluşturduğu bir çekirdek ve bu çekirdeğin etrafında dönen elektronlar oluşturur. Doğada mevcut elementlerin atomlarının bir kısmı kararlı diğer bir kısmı ise kararsız çekirdeklere sahiptirler. Kararlı bir çekirdekte, çoğu durumda nötron sayısı (N) proton sayısından (Z) biraz daha yüksek ve N/Z oranı yaklaşık olarak 1,5 civarındadır.

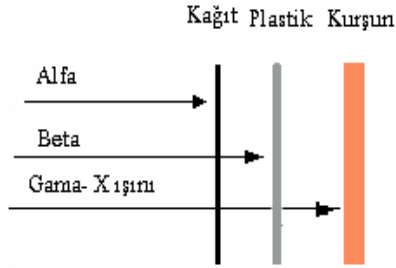
Kararlı bir çekirdekte, proton ve nötronlar birbirlerine nükleer kuvvetlerle o kadar sıkı bağlıdır ki hiçbir parçacık çekirdek dışına kaçamaz. Bu durumda, çekirdek dengede kalacaktır. Ancak, çekirdek dengede değilse yani kararsız ise, fazla bir enerjiye sahip olacak ve parçacıkları bir arada kalamayacaktır. Kısa bir süre içinde veya daha uzun bir süre sonra bu fazla enerjisini boşaltacaktır.

En basit çekirdek olan Hidrojen (H) çekirdeğinin dışındaki tüm çekirdekler nötron ve protonlardan oluşmuştur. N/Z oranı hafif çekirdeklere 1 iken, ağır çekirdeklere doğru gidildikçe bu oran artmaktadır. Oran arttıkça çekirdeklerin artık kararlı olmadığı bir yere ulaşılır. En ağır kararlı çekirdek bizmut izotopudur (²⁰⁷Bi). Daha ağır çekirdekler sahip oldukları fazla enerjiden dolayı kararsızdır. Böyle çekirdeklere **radyoaktif çekirdek** veya **radyoizotop** adı verilir. Bunlar fazla enerjilerinden kurtulmaya ve kararlı duruma geçmeye çalışırlar. Bu olaya **radyoaktif parçalanma** denir.

Radyoaktif elementler temel olarak Alfa, Beta ve Gama olmak üzere, 3 ana tip enerji salınımında bulunurlar.

- Alfa radyasyonu, (+) yüklü Helyum çekirdeğidir ve bir kâğıt parçası tarafından durdurulabilir.
- Beta radyasyonu, elektronlardan oluşur. İnce bir alüminyum levha bu elektronları durdurmak için yeterlidir.
- Gama radyasyonu ise ışık hızında hareket eden enerji dalgalarından oluşmaktadır.

Aşağıda şekil 2.1 de değişik radyoaktif parçacıkların etki aralığı görülmektedir.

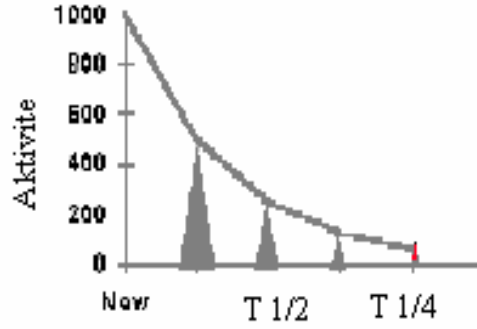


Sekil 2.1 Değişik radyoaktif parçacıkların etki aralığı

Radyoaktivite kontrol edilemeyen bir olaydır. Herhangi bir şekilde müdahale edilip yavaşlatılamaz veya durdurulamaz. Üstel bir fonksiyon şeklinde zayıflayan bir tempo ile azalarak kendiliğinden tükeninceye kadar devam eder. Buna **radyoaktif bozunma** denir

ve $N = N_0 e^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$ şeklinde ifade edilir. Burada $T_{1/2}$ yarılanma ömrü olarak ifade edilir.

Sekil 2.2 de kararsız bir çekirdeğin yarılanma ömrüne bağlı olarak bozunması görülmektedir.



Sekil 2.2 Kararsiz çekirdeğin yarılanma ömrüne bağlı olarak bozunması

Radyoaktivite, **dogal** ve **yapay** olarak iki farklı şekilde meydana gelebilir. Doğada mevcut bulunan kararsiz elementler kararlı yapıya geçmeye çalışırken, dışarıdan hiçbir müdahale olmadan, sahip oldukları fazla enerjilerini çekirdeklerinden dışarı salarlar. Böyle elementlere **dogal radyoaktif elementler**, bunların enerji salma olayına da **dogal radyoaktivite** denir. Doğada kararlı olarak bulunan izotoplar da yapay yollarla (nükleer reaksiyon, nötron aktivasyon vb.) kararsiz (radyoaktif) hale getirilebilirler. Radyoaktif hale gelen çekirdek parçalanmaya uğrar. Bu olay **yapay radyoaktivite** olarak adlandırılır.

İnsanoğlu sürekli olarak hem dogal hem yapay çevresel radyasyon kaynaklarına maruz kalır. İnsanların yaşadıkları yerin coğrafi yapısı, yıllık maruz kalınan radyasyon miktarını etkiler. Örneğin sahile yakın ovalarda yaşayan bir insanın radyasyona maruz kalma miktarı yaklaşık olarak 60-70 mrem/yıl iken dağlık bir platoda yaşayanların maruz kalma miktarı 165 mrem/yıl a kadar çıkar. Zira yükseklik arttıkça kozmik ışınlarla maruz kalma da artar. Tablo 2.1 de National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP 93) tarafından yapılan çalışmalarda alınan radyasyon dozları verilmiştir.

KAYNAK	DOZ (mrem/y)	TOPLAMDAKI ORANI
DOGAL		
Radon	200	55%
Kozmik	27	8%
Karada	28	8%
Internal	39	11%
Toplam Dogal	300	82%
YAPAY		
Tibbi X isinlari	39	11%
Nuclear Tip	14	4%
Tüketici ürünleri	10	3%

Tablo 2.1 Yillik alınan radyasyon dozları(NCRP 93)

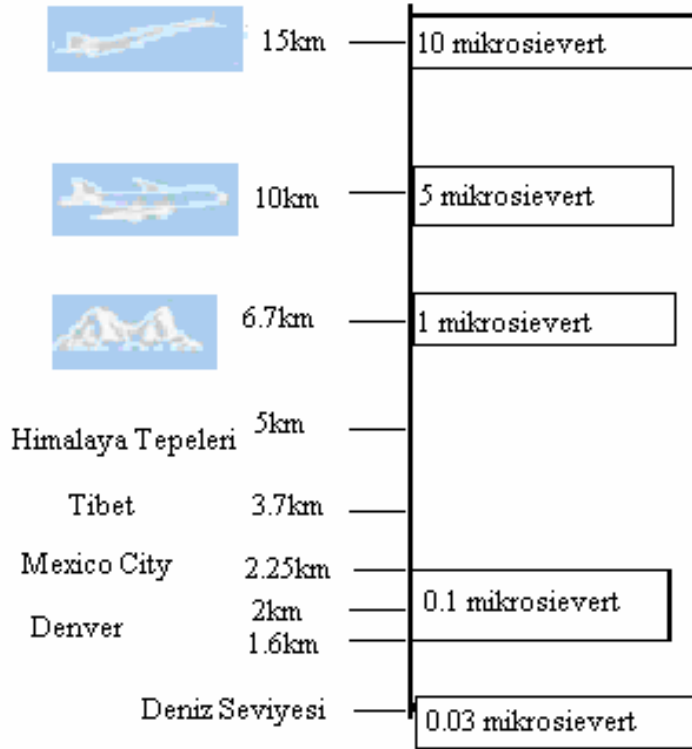
Yiyecekler de bir miktar radyoaktiviteye sahiptir. Yiyeceklerdeki temel radyoaktivite kaynakları potasyum 40 (^{40}K), radyum 226 (^{226}Ra) ve uranyum 238 (^{238}U)' dur. Tablo 2.2 de yiyeceklerdeki ^{40}K ve ^{226}Ra oranları görülmektedir.

Yiyecek	^{40}K pCi/kg	^{226}Ra pCi/kg
Muz	3,520	1
Findik	5,600	1,000-7,000
Havuç	3,400	0.6-2
Patates	3,400	1-2.5
Bira	390	---
Kırmızı et	3,000	0.5
Kuru fasulye	4,640	2-5
İçme suyu	---	0-0.17

Tablo 2.2 Yiyeceklerdeki ^{40}K ve ^{226}Ra oranları

2.1.1 Dogal Radyasyon Kaynaklari

Dogal radyasyonun bir kismini uzaydan gelen kozmik isinlar olusturur. Bu isinlarin büyük bir kısmi dünya atmosferinden geçmeye çalışırken absorplanırlar. Sadece küçük bir miktarı yerküreye ulaşır. Bir dağın tepesinde veya havada yol alan bir uçakta bulunan bir kişi, deniz seviyesinde bulunan bir kisten çok daha fazla kozmik isine 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. Günlük yaşamımızda, kozmik isinlar nedeniyle maruz kaldığımız radyasyon dozunun dünya ortalaması 0.39 mSv / yıl'dir(TAEK). Şekil 2.3 de kozmik isinlardan bir saatte alınan radyasyon dozunun yüksekliğe göre değişimi verilmiştir.



Şekil 2.3 Kozmik Isinlardan bir Saatte Alınan Radyasyon Dozunun Yüksekliğe Göre Değişimi

Fosil yakitlar da dogal ve uzun ömürlü radyoaktif elementler içerirler. Bu tür elementler yakit içinde iken bir radyasyon tehlikesi yaratmazlar. Ancak fosil yakitlar yakildiklarinda bu elementler atmosfere yayilir ve daha sonra topraga dönerek dogal radyasyon düzeyinde az da olsa bir artisa neden olur. Dogada mevcut kısa ömürlü radyoaktif elementlerin yaydigi gama isinlarinin da katkisiyla topraktan maruz kaldigimiz radyasyon dozunun dünya ortalamasi 0.46 mSv/yil dir(IAEA, 1996).

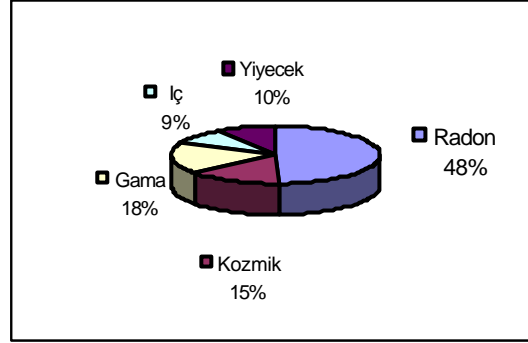
Vücutumuzda bulunan radyoaktif elementlerden (özelikle Potasyum-40) dolayi da belli bir radyasyon dozuna maruz kaliriz. Bir yil boyunca bu sekilde maruz kaldigimiz iç (dahili) radyasyon dozunun dünya ortalamasi 0.23 mSv kadardir(IAEA, 1996).

Yiyecek, içecek ve teneffüs ettigimiz havadan maruz kaldigimiz dozun dünya ortalamasi yaklasik 0.25 mSv/yil'dir. Özellikle kabuklu yiyecekler daha fazla radyoaktif madde içerirler ve bu ürünleri fazla miktarda tüketen insanlar bu ortalamanin üzerinde bir radyasyon dozu alirlar.

Dogal radyasyon düzeyini arttiran en önemli sebeplerden biri de, yer kabugunda yaygin bir sekilde bulunan radyoaktif radyum elementinin (Ra^{226}) bozunmasi sirasinda salinan "radon gazi"dir. Bu bozunma sirasinda olusan diger radyoaktif maddeler toprak içerisinde kalirken radon gaz olmasi sebebiyle toprak yüzeyine dogru yükselir. Bu gaz, yayilmalar sonucu seyrelirse herhangi bir sorun olusturmaz. Ancak, radon gazinin yayildigi yüzey üzerinde bulunan evlerde iyi bir havalandirma sisteminin olmasi gerekir. Böyle bir havalandirma yoksa radon gazi evin içinde disaridakinden daha fazla olacaktır. Bu gaz teneffüs edildigi takdirde akcigerlere geçici olarak yerlesip tüm dokularin radyasyona maruz kalmasina neden olabilir.

Radon gazindan dolayi dünya genelinde maruz kalinan ortalama doz 1.3 mSv/yil'dir. Radon gazi hariç dogal radyasyonun saglik üzerinde zararli bir etkisi görülmez. Sekil 2.4' de dogal radyasyon kaynaklarinin dogal radyasyon seviyesine katlari oransal

olarak gösterilmektedir. Tablo 2.3'de ise değisik bölgelerde ölçülen doğal radyasyon seviyeleri verilmektedir.



Sekil 2.4 Doğal radyasyon kaynaklarından maruz kalınan küresel radyasyon dozlarının oransal değerleri(IAEA)

Mersin (Akkuyu)	0.53 mSv/yil
Ankara	0.44 mSv/yil
Iğdir (Alican)	0.88 mSv/yil
anakkale	1.23 mSv/yil
Kars (Digor)	1.58 mSv/yil
Hindistan (Kerela)	15.80 mSv/yil
Iran(Ramsar)	148.92 mSv/yil
Brezilya (Guarapari kumsallari)	788.40 mSv/yil

Tablo 2.3 Bazı bölgelerdeki doğal radyasyon doz düzeyleri (McGuire A.M. ve ark.,1989; Johnson H. ve ark., 1983).

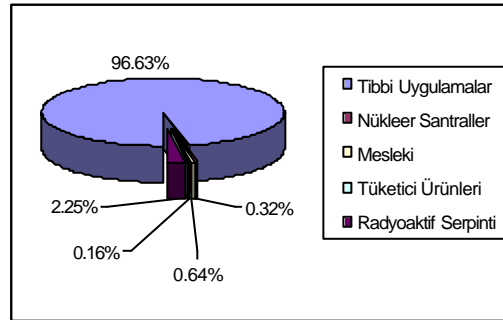
2.1.2 Yapay Radyasyon Kaynakları

Gelişmiş endüstriyel ekonomilerin ve yüksek yaşam standartlarının sürdürülebilmesi için doğada mevcut olmayan bazı radyasyon kaynaklarının yapay yollarla üretilmesi ve kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Bu kaynaklar, özellikle tıp alanında olduğu gibi, bir çok isin yapılma süresini kısaltmış, maliyetini de azaltmıştır.

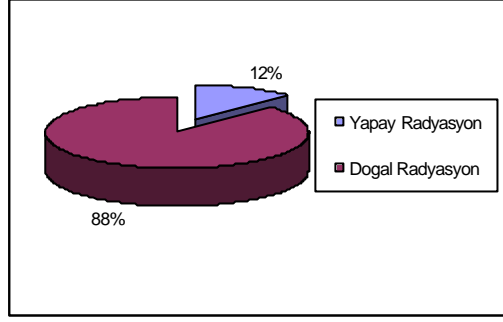
Yapay radyasyon kaynaklari da tipki dogal radyasyon kaynaklari gibi belli miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalinmasına neden olurlar. Ancak bu doz miktarı, ihtiyaca bagli olarak artsa da, dogal kaynaklardan alınan doza göre çok daha düşüktür. Dogal radyasyon kaynaklarının aksine tamamen kontrol altında olmaları da maruz kalinacak doz miktarı açısından önemli bir özelliktir.

Tibbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılan X isinlari ve yapay radyoaktif maddeler, nükleer bomba denemeleri sonucu meydana gelen nükleer serpintiler ve nispeten az olsa da nükleer güç üretiminden salınan radyoaktif maddeler ile bazı tüketici ürünlerinde gıda kaynaklı patojenlerin kontrolü, mikrobiyal yükün azaltılması, böceklenmenin önlenmesi, raf ömrünün uzatılması v.b amaçla kullanılan radyoaktif maddeler bilinen baslica yapay radyasyon kaynaklarıdır.

Sekil 2.5' de yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalinan küresel radyasyon dozlarının oransal degerleri gösterilmektedir. Sekil 2.6' da dogal ve yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalinan küresel radyasyon dozuna oransal katkıları gösterilmektedir.



Sekil 2.5 Yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalinan küresel radyasyon dozunun oransal degerleri(IAEA,1996)



Sekil 2.6 Dogal ve yapay radyasyon kaynaklarının küresel radyasyon dozuna oransal katkıları(IAEA, 1996).

Dogal ve yapay radyasyon kaynaklarından maruz kalınan radyasyon dozunun dünya ortalaması 2.7 mSv/yıl' dir. Bu dozun, radyasyon kaynaklarına göre dağılımı aşağıda gösterilmiştir.

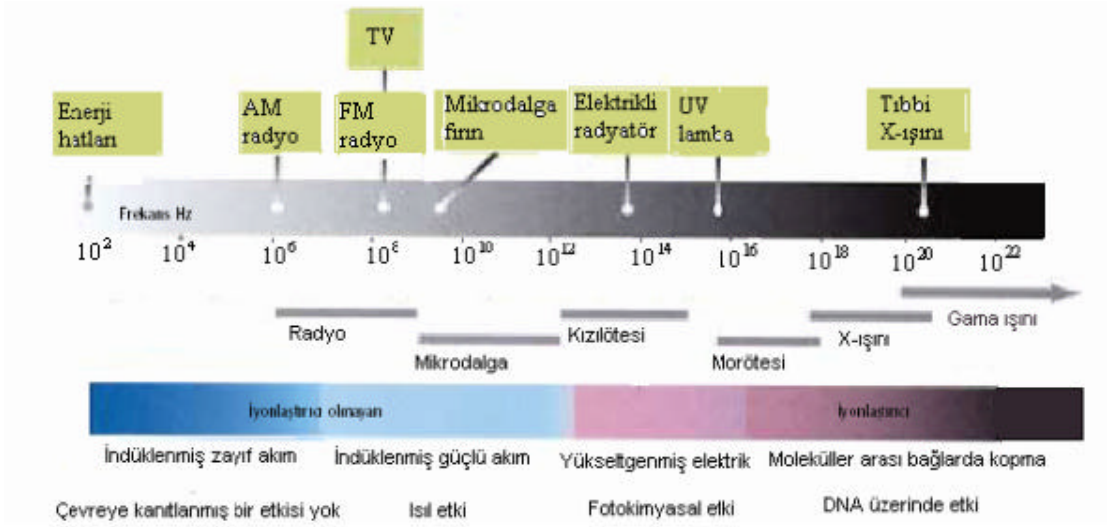
Kozmik	0.39 mSv
Gama	0.46 mSv
İç	0.23 mSv
Radon	1.30 mSv
Tibbi	0.30 mSv
Serpinti	0.007 mSv
Mesleki	0.002 mSv
Atıklar	0.001 mSv
Tüketici Ürünleri	0.0005 mSv

Tablo2.4 Radyasyon dozunun radyasyon kaynaklarına göre dağılımı(IAEA, 1996).

2.2 Elektromagnetik Radyasyon

Elektromagnetik radyasyonlar (EMR) boşlukta ışık hızı ile yayılan dalga özellikli radyasyonlar olarak tanımlanır ($3 \cdot 10^8$ km/h). Elektromagnetik dalgalar şekil 2.7 de görüldüğü gibi gama isinlerinden (10^{24} Hz) enerji iletim hatlarına kadar (100Hz) çok

geniş bir spektrum gösterir. Bunlardan X ve gamma ışınları iyonlaştırıcı radyasyon olarak tanımlanır ve sağlığa olumsuz etkileri olduğu kanıtlanmış durumdadır. İyonlaştırıcı olmayan elektromagnetik radyasyonlar uzun dalga boyludan kısa dalga boyluya doğru radyo dalgaları, mikrodalgalar, infrared ışınları, görünür ve laser ışınları ve ultraviyole ışınlarıdır. Bunlardan infrared radyasyon, görünür ve laser ışınları ve ultraviyole ışınlarının da insan vücuduna verdiği zararlar, yapılan çok sayıda araştırma ile kanıtlanmıştır.



Sekil 2.7 Elektromagnetik spektrum

2.2.1 Elektromagnetik Radyasyonun Etkileri

Radyo Frekans (RF) bölgesindeki elektromagnetik dalgaların enerjilerini, atomlarını ve moleküllerini iyonlaştıracak düzeyde değildir (TUBITAK, 2001). Elektromagnetik radyasyonun düşük frekanslı biçimleri olan görünür ışık, kızılötesi radyasyon ve RF dalgaları iyonlaştırıcı olmayan radyasyona örnektir. Canlıların ortamda var olan iyonlaştırıcı olmayan elektromagnetik dalgaların etkisinde kalmaları sonucunda iki tür etki oluşabilir: Isıl etkiler ve isil olmayan etkiler.

Isil etkiler, vücut tarafından yutulan elektromagnetik enerjinin isiya dönüsmesi ve vücut sıcakligini artirmasi olarak tanimlanir. Bu sıcaklik artisi, isinin kan dolasimi ile atilarak dengelenmesine dek sürer. Cep telefonlari gibi RF kaynaklarinin sebep olabilecegi sıcaklik artisi gerçekte çok düsüktür ve büyük olasilikla vücudun normal mekanizmalari ile kolayca etkisizlestirilebilir. Cep telefonu ile beyinde olusabilecek sıcaklik artisi ortalama 0,1 °C dolayindadir (Van Leeuwev G.M. ve ark.,1999).

Isil olmayan etkilere bagli olarak RF dalgalarin etkili oldugu iddia edilen bozukluk ve hastaliklar arasinda beyin aktivitelerinde degisiklikler, uyku bozukluklari, dikkat bozukluklari, bas agrilari bulunmaktadir. Ancak bu riskler çok yüksek deneysel dozlar ve sürelerde geçerli olabilir.

Yüksek enerjili iyonlastirici elektromagnetik dalgalar, DNA ve genetik malzemeyi kapsayan biyolojik dokuda hasara yol açabilen moleküler degisikliklere yol açabilirler. Bu etkinin olabilmesi için dokunun x-isininlari ve gama isinlari gibi yüksek enerjili fotonlarla etkilesmesi gerekir(TUBITAK, 2001)

2.3 Baz Istasyonlari

Baz istasyonu, bir GSM (Global System for Mobile Communications) hücrelerinde abonelerle iletisimi saglayan verici/alici sistemidir. Her hücrede bir baz istasyonu bulunur. Bunlar hem abonelerle hem de komsu hücre baz istasyonlari ile sürekli iletisim halindedirler.

Baz istasyonlari, kapsamayi genisletmek, kapsama alanindaki gölge bölgeleri yok etmek, ya da kapsama bölgesindeki abone sayisinin artmasi nedeniyle artan ihtiyaci karsilamak için kurulurlar. Bir bölgedeki hücre sayisi ve hücrenin kapasitesinin karari, o bölgenin cografi yapisi, trafik yogunlugu ve o bölge için tahmin edilen gezgin abone sayisi düşünülerek verilir. Genis kapsama alanli hücreler, gezgin abonelerin yogunlugunun düsük oldugu ve radyo dalgalarinin yayilmasini engelleyecek yapıların

olmadığı bölgeler için tercih edilir. Küçük kapsama alanlı hücreler ise, abone ve istenilen servis yoğunluğunun çok fazla olduğu ve bina, dağ gibi radyo dalgalarını engelleyici yapıların bulunduğu ortamlarda tercih edilirler.

2.3.1 Baz İstasyonlarının Yapısı

Baz istasyonları belli bir alan veya “hücre” içinde mobil telefon kullanıcıları ile iletişimi (haberleşme) sağlar. Hücre baz istasyonları sürekli ve 800-900 MHz frekansa, PCS (Personal Communications Service) sistemleri de sürekli ve 1800-2000 MHz frekansa sahiptir. Hücre baz istasyonlarında yoğunlukla direk (poles) veya çubuk (whip) gibi görünen yönlendirilmemiş antenler kullanılır.

PCS baz istasyonlarında ise dikdörtgen panelleri halinde görülen çok sayıda “sektör” antenleri kullanılır. Karakteristik olarak bir sektör anteninin genişliği 30cm, boyu ise 120 cm dir. Baz istasyonu antenleri, yerden 15-60m yüksekliğe kurulur. Antenin yerden yüksekliği radyo frekans radyasyonunun daha uzak mesafelere ulaşabilmesi açısından önemlidir.

Her bir hücre bölgesinde, verici ve alıcı antenler bulunur. Anten sayısı, servis alanına bağlıdır. Sisteme bağlı olarak bir hücre baz istasyonunda anten başına 16 verici kanal kullanılabilir. Asiri derecede yüksek yoğunluklu servis alanlarında en fazla 6 verici anten kullanılabilir. Dolayısıyla bir baz istasyonunda 96 kanal çalıştırılabilir. Fakat bu sayılar genel değildir. Ayrıca tüm kanallar aynı anda çalıştırılmaz. Bu da toplam emisyon miktarını azaltır. PCS sistemli baz istasyonları nispeten daha çok sayıda kurulduğundan dolayı daha az sayıda kanal kullanırlar. Şekil 2.8 de baz istasyonu ağı ve sabit ağ ile etkileşimi görülmektedir.



Sekil 2.8 Baz Istasyonlari agi ve sabit ag ile etkilesimi

Radyo dalgasi güç çikisi, antenden itibaren uzakligin karesi ile azalir. Baz istasyonlari sürekli radyo frekans radyasyonu yayarlar. Baz istasyonlari yaydigi güç birkaç Watt' tan 100 Watt'a veya daha üzerine kadar degisir.

ABD'nin Federal Iletisim Komisyonu (FCC) kanal basina 500 Watt'a kadar etkili güç çikisine müsaade etmesine ragmen (kule yüksekligine bagli olarak), sehir ve kirsal kesimlerde çogu hücrel baz istasyonlari kanal basina 100 Watt Etkili Radyasyon Gücünde (ERP) veya daha düşük degerlerde çalistirilir. 100 Watt' lik bir ERP degeri, gerçekte 5-10 Watt' lik radyasyon gücüne karsilik gelir (kullanilan antenin tipine bagli olarak). ERP, yayilan güce esdeger degildir, fakat antenin yönlendirilen karakteristiginin bir ölçüsüdür.

Büyük sehirlerde küçük hücreler kullanilir. Kanal basina 10 Watt ERP (etkili radyasyon gücü) veya daha düşükü kullanilmalidir. 10 Watt ERP 0.5-1 Watt yayilmis güce karsilik gelir. Demir yollari istasyonlari ve yüksek binalara yerlestirilen mikro hücreli "microcell"li vericiler 1 watt' tan daha düşük ERP' de isletilmektedir. Yüksek güç

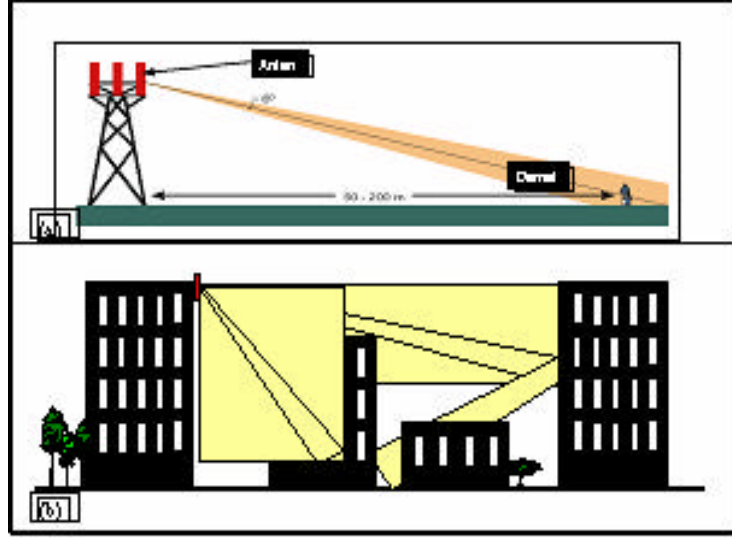
çikisina sahip verici antenler halkin bulundugu bölgelere yerlestirilmesine kesinlikle izin verilmemektedir(I.B.B, 1999).

2.3.2 Baz Istasyonlarinin Yaydigi Radyasyon

Baz istasyonlarından kaynaklanan toplam elektromanyetik enerji sabit bir degerde degildir; kullanıcı yogunluguna göre degisir. Baz istasyonunun bulundugu alandaki cep telefonu sayisi ve aynı anda yapılan görüşme sayisi arttikça baz istasyonu anteninden yayilan elektromagnetik enerji de artar. Ayrıca cep telefonu ile baz istasyonu arasındaki uzaklik arttikça da daha yüksek çıkis gücünde haberlesme yapılır. Cep telefonu en yüksek çıkis gücüne, arama sırasında erisir ve baglanti kurulduktan sonra çıkis gücü en ekonomik düzeye iner.

Cep telefonu baz istasyonları radyo frekans radyasyon (RFR) yayan bir tür mikrodalga cihazdır. Mikrodalgalar için esik degerin ne olması gerektiği kesin olarak bilinmemekle birlikte, bugün için benimsenen esik deger $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ dir (Özaktas, 1999). Ancak son epidemiyolojik çalışmaları ışığında sınır degerin $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ düzeyine çekilmesi önerilmektedir (Moulder, 2001).

Baz istasyonları antenlerinden çıkan enerji, dikey planda dar bir isima alanında, yatay yönde ise oldukça geniş alanda yayılır. Isima akımı dikey planda dar hüzmeli dağılmasından dolayı antenin kurulu olduğu yerin altında kalan bölgede (yer seviyesi dahil) radyo frekans radyasyonu güç siddeti oldukça düşüktür. Sekil 2.9' te tipik baz istasyonu kulesi ve apartmanlar arası yerlesimin etkileri resmedilmistir.



Sekil 2.9 Tipik Baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayilimi

Sekilden de görüleceği üzere, baz istasyonu anteninin hangi çatıya kurulduğu değil ana hüzmelinin ne yöne baktığı önemlidir. Benzer düşünce uluslararası uzmanların raporlarında da (IEGMP -Independent Expert Group on Mobile Phones- Raporu) belirtilmiştir. Bu raporda “EM kirliliğinin henüz bilinmeyen birçok etkisinin olabileceği, bu durumda temkinli ve akılcı davranmak gerektiği”nin altı çizilmektedir. Tartışmalar özellikle okul ve hastane çatılarına ya da bahçelerine kurulan baz istasyonu tesisleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Söz konusu raporda bu konuda da önerilen “tesislerin okul ve hastane çatı ya da bahçelerinden uzaklaştırmak” değil “ana anten hüzmelerinin buralara bakmamasını sağlamak”tır.

Radyo frekans radyasyon alanında isima, baz istasyonundan uzaklaşırken bir miktar artar ve sonra daha uzak mesafede azalır. Baz istasyonu antenleri bina çatısına kurulması durumunda es düzlemde 10-15 m. uzaklıktaki yapıda (binada) hesaplanan ve ölçülen güç yoğunluğu değeri, limit değerini aşmamalıdır (I.B.B 1999). Yapılan çalışmalar bir binanın çatısına kurulan baz istasyonunun, binada bulunanları binanın çevresinde bulunanlara göre daha fazla etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle, çocuklar, hastalar

ve diğ er risk gruplarının yasadığı binalarda baz istasyonu bulunmasının sağ lik aç isinden sakıncalı olabileceğini düşünmek gerekmektedir (Moulder, 2001).

ICNIRP türetilmiş sınır değerler olarak 900 MHz' de 42 V/m, 1800 MHz' de ise 59 V/m değerlerini kabul etmiştir (ICNIRP, 1998). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avrupa Birliği de ICNIRP sınır değerlerini tanımaktadırlar. Ancak, temkinli yaklaşım gereğine inanan İtalya bu değeri genelde 20 V/m, okul, hastane, vb. yerlerde 6 V/m, Rusya 6 V/m, İsveç ise 4 V/m' ye indirmistir. Ülkemizde baz istasyonları için yayınlanan yönetmelikte kabul edilen sınır değerler Avrupa Birliği ile aynıdır. Ayrıca Türkiye hem Çevre Bakanlığı Genelgesi hem de Ulaştırma Bakanlığı Yönetmeliği ile ICNIRP değerlerini kabul etmiş olmasına karşın, son dönemde özellikle Telekomünikasyon Kurumu' nun çalışmalarında bu sınır değerin 900 MHz GSM sebekeleri için 10.0 V/m' ye indirilmesi tartışılmaktadır.

Yönlendirilmiş antenler için mesafeler, sadece antenin ön cephesindeki alana uygulanırken yönlendirilmemiş antenler için mesafe tüm yönler için geçerlidir. Baz istasyonları, kullanılacak mobil telefon trafiğine bağlı olarak, şehirlerde yerleşimden birkaç yüz metre uzakta kurulabilir. Kırsal bölgelerde ise baz istasyonları yerleşimden birkaç km uzaga kurulabilir.

2.3.3 Baz İstasyonlarının Yaydığı Radyasyonun Etkisi

Bugün baz istasyonlarının kansere yol açtığına ilişkin “kanıtlanmış” epidemiyolojik veriler henüz ortada yoktur. Ancak izin verilen esik değerin yarısından itibaren (0,5 mW/cm²) RFR'a maruz kalanlarda kanserlerin daha fazla görüldüğü bilinmektedir. Benzer biçimde, baz istasyonlarının bulunduğu binadan 1 km uzaklastıktan sonraki bölgede yaşayanlarda kanser olgularının daha az görüldüğü de bilinmektedir. Bugün İngiltere'de ve Yeni Zelanda'da baz istasyonlarına yakın binaların daha ucuza alıcı bulunması, kamuoyunun bu konudaki duyarlılığına örnek gösterilebilir(Moulder, 2001).

Çevresel olarak maruz kalınan maddelerin etkilerinin epidemiyolojik olarak kanıtlanması zaman almaktadır. Kanda kursun düzeyi artisinin sağlığa olumsuz etkisinin kanıtlanması için geçen süre buna örnek gösterilebilir. Benzer biçimde tütünün kansere yol açığının kanıtlanması için de uzun bir süre geçtiği göz önüne alınca doğal ya da yapay radyasyonun etkisinin uzun yıllar sonunda kendini göstermesi kaçınılmazdır.

Modern hayatın en önemli iletişim araçlarından biri olarak hayatımıza giren cep telefonları dünyada çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bütün dünyada 2002 yılı sonunda yaklaşık 1 milyar kişinin cep telefonu kullandığı, bu sayının 2005'te de 1.6 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir. 2000 yılının başında yalnızca ABD'deki baz istasyonu sayısı yaklaşık 82.000'dir ve ülkenin tümünün kapsama alanına girmesi için 90.000 baz istasyonuna gereksinim duyulduğu hesaplanmaktadır. İngiltere'deki baz istasyonu sayısı da yaklaşık 20.000'dir (WHO 1998, WHO 2000). Bu nedenle sağlığa zararlı etkini ne kadar az olursa olsun, önemsenmelidir. Özellikle cep telefonlarının kullandığı frekansdaki (2.45 GHz) EM alanın 1993 yılında Belçikalı bilimciler tarafından P53 geninde hasara yol açığının gösterilmesi, aynı frekansın farelerde beyin lezyonu oluşturduğunun 1995 yılında Washington Üniversitesinde gösterilmesi, WHO EMF projesi başkanı M. Repacholi'nin cep telefonu frekansının farelerde lenfomaya neden olduğu bulgusunun yayınlanmasının WTR (Wireless Technology Research) tarafından reddedilmesi, Motorola adına araştırma yapan ünlü Biyofizikçi Rose Adey'in araştırma sonuçlarını kabul etmeyen Motorola'nın kendisiyle bilimsel çalışmalarını durdurması, yalnızca Fransa'da son bir yılda her iki cinsten de beyin tümörü sayısında %31 artış görülmesi bize sunulan kaynakları sınırsız ve sorumsuz kullanamayacağımıza ilişkin önemli göstergelerden yalnızca birkaçıdır.

3. ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Radyasyonların varlığının anlaşılması duyu organları ile mümkün olmadığından, radyasyonların algılanması ve ölçümleri radyasyonlara hassas cihazlar vasıtasıyla yapılır.

3.1 Radyasyon Ölçüm Yöntemleri

Radyasyon ölçümünde yoğun olarak kullanılan dedektör çeşitleri üç grup halinde incelenebilir. Bunlar; Yarıiletken Dedektörler, Gaz Doldurulmuş Tüp Dedektörler ve Sintilasyon Dedektörleridir.

Bir parçacık dedektörü seçilirken; dedektörün verimi, çözünürlüğü, kullanım alanına uygunluğu ve amaca uygun olarak X veya gama ışınlarının enerji değerleri gibi önemli noktalara dikkat edilmelidir.

3.1.1 Yarı-iletken Dedektörler

Yarıiletken bir materyal, iletkenlik veya yarıiletkenlik özelliği gösterebilir. Yarı-iletkenlerin dedektör yapımında sıkça kullanılması nedeniyle bu alanda katil sintilatörler de geniş bir şekilde kullanılırlar. Yarı-iletken materyallerin dedektör yapımında avantajları çoktur. Yarı-iletken materyallerden özellikle yasak enerji aralığı 1 ile 5 eV olan tek kristaller dedektör yapımında kullanılır. Yarı-iletken materyaller içerisinde en çok kullanılan yarı-iletkenler IV A grubu elementi olan Silisyum ve Germanyum'dur. Bununla beraber diğer bazı yarı-iletkenlerin kullanılması ile ilgili çeşitli uygulamalar ve araştırmalar yapılmaktadır. Tablo 3.1, dedektör materyali olarak kullanılan yarıiletkenin özelliklerini tanımlayabilecek bazı karakteristikleri göstermektedir.

PIN yapısındaki yarıiletken dedektörlerde I bölgesi diyot üzerine ters bir kutuplama uygulanması ile yük taşıyıcılarının azalması sonucunda meydana gelir. Bu ara bölgeye fotonlar düşürüldüğü zaman yük taşıyıcıları (elektronlar ve holler), uygulanan elektrik alandan dolayı ayrı ayrı elektrotlarda toplanırlar. Sonuçta elektrotlar tarafından toplanan yükler, yüke hassas olan bir ön yükselteç ile çoğaltılırlar ve orijinal foton enerjisine orantili genlikte bir voltaj pulsuna dönüştürülürler (Canberra, 1997; Leo,1987).

Sayım verimi, materyalin saflığına bağlı iken ara bölgenin genişliği net elektriksel safsızlık konsantrasyonu ile ters orantılıdır. Dolayısıyla yüksek enerjili fotonlar için yüksek sayım verimi büyük boyutlarda (hacimlerde) çok saf materyal kullanılarak sağlanabilir. Silisyum ve Germanyum gibi yarıiletkenlere safsızlık atomlarının katılması ile P tipi ve N tipi yarıiletkenin elde edilmesi mümkündür. Bu teknik Si(Li) X-Isini dedektörlerinin üretiminde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Materyal	Atom Numarası (Z)	Yasak Enerji Aralığı (eV)	Enerji/e-h çifti (eV)
Si	14	1.12	3.61
Ge	32	0.74	2.98
CdTe	48-52	1.47	4.43
HgI ₂	80-53	2.13	6.50
GaAs	31-33	1.43	5.20

Tablo 3.1 Dedektör materyali olarak kullanılan bazı yarıiletkenlerin karakteristikleri
(Canberra, 1997)

Tablo 3.1' deki yasak enerji aralıklarının darlığı materyalin sıcaklık hassaslığı ile yakından ilgilidir. Bu özelliklerden faydalanılarak bu materyallerin dedektör olarak kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek pratik olarak mümkündür. Germanyum dedektörlerinin maksimum çalışma sıcaklıkları Silisyumdan yapılmış dedektörlere nazaran çok daha düşüktür. Bu nedenle Germanyum ve Silisyum dedektörlerinin her ikisini de termal yük taşıyıcı üretimini uygun bir seviyeye düşürebilmek için soğuk tutmak gereklidir. Bu tür dedektörlerin oda sıcaklığında çalıştırılması, dedektörde

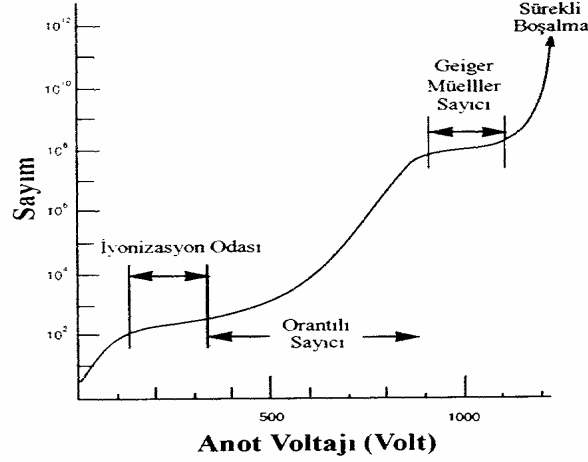
elektronik gürültü meydana getireceğinden uygun değildir. Bunların sonucunda oda sıcaklığında çalıştırılan Germanyum ve Silisyum dedektörleri çok verimsiz olurlar (Dogru, 1993).

Dedektörlerin soğutulabilmesi için genellikle sıvı azot kullanılır, fakat bunun yanı sıra elektronik soğutma sistemlerindeki gelişmeler birçok dedektör uygulamalarında uygun alternatif soğutmaların yapılabilmesini de sağlamıştır (Canberra,1997).

3.1.2 Gaz Doldurulmuş Tüp Dedektörler

Gaz Doldurulmuş Tüp Dedektörler, gaz doldurulmuş bir metal oda ve pozitif kutuplandırılmış bir anot telinden oluşmuştur. Foton, metal oda içerisine doldurulmuş bulunan gazı geçerken serbest elektronlar ve pozitif iyonlar meydana getirir. Elektronlar, oluşan elektrik alan etkisiyle anot teline doğru çekilirler ve anot telinde toplanan bu elektronlar bir elektrik pulsu meydana getirirler. Zayıf anot voltajında elektronlar iyonlar ile tekrar birleşebilirler. Birleşme olayı iyonların yüksek bir yoğunluğu için de meydana gelebilir. Uygun bir yüksek voltajda, yakınlardaki bütün elektronlar toplanırlar. Bu durumda dedektör bir iyonizasyon odası olarak bilinir. Daha yüksek voltajlarda anoda doğru hareket eden elektronlar ortamdaki diğer gaz atomlarını iyonize ederler ve böylece ortamdaki elektron sayısında artış olur. Bu durumda dedektör bir Orantili Sayıcı olarak bilinir. Daha yüksek voltajlarda elektronların sayısında daha fazla çoğalma olur ve anotta toplanan elektronların sayısı başlangıçtaki iyonizasyondan bağımsız hale gelir. Bu esnada ise dedektör, Geiger Müller sayıcısı olarak bilinir ve bu tüplerden elde edilen büyük çıkış pulsu bütün fotonlar için aynıdır. Dedektöre çok daha fazla voltaj uygulanırsa, tüpe sürekli bir boşalma meydana gelir.

Farklı voltaj bölgeleri şekil 3.1' de sematik olarak gösterilmiştir. Gerçek voltajlar bir dedektörden diğerine geniş bir şekilde değişebilir. Bu voltaj değişimi dedektör geometrisi, gaz türü ve gaz basıncına bağlıdır.



Şekil 3.1 Farklı voltaj bölgelerinin sematik gösterimi (Canberra, 1997)

3.1.2.1 İyonizasyon odaları

İyonizasyon odalarının çok zayıf sinyal çıkışına sahip olmaları, bu dedektörlerin sadece gama ışınlarının dedeksiyonu için kullanılmasını zorlaştırır. İyonizasyon odaları, çok büyük akım meydana getiren radyoaktif kaynakların dedeksiyonunda kullanılırlar.

İyonizasyon ölçümleri tam olarak, çıkışı kaydetmek için kullanılan bir elektrometre yardımıyla yapılabilir (Melissinos, 1966).

3.1.2.2 Orantili sayıcılar

Orantili sayıcılar, uygun enerji çözünürlüğü gerekli olduğu durumlarda X-ışınları ölçümleri için sık sık kullanılırlar. Orantili sayıcılar farklı hacim ve şekillerde üretilirler. Bu tip sayıcılar genelde görünüş olarak silindirik şekildedirler ve

pencereleri düz silindirdir. Bunlar normal kaliteli dedektörlerdir ve gaz akisi prensibine uygun olarak çalışırlar. Bu tür dedektörler ince bir berilyum pencereye sahip olabildikleri gibi penceresiz de olabilirler. Bir dedektör tipik olarak, efektif pencere hacmi, gaz iyonlaşma uzunluğu, uygulanan voltaj hızı ve çözünürlük gibi fiziksel özelliklerine bakılarak belirlenir. Tipik olarak çözünürlükler %16-20 FWHM (Full Width at Half Maximum) değerindedir.

Bu sayıcılarda uygulama voltaj geometriye bağlı olduğu kadar dedektör içerisinde bulunan gaz da bağlıdır. X-ışınları için genelde soygazlar kullanılır. Soygazlar genelde ksenon, kripton, neon ve argon gibi gazlardır ve dışarıya karşı nötr olan soygaz atomlarından oluşurlar. Ksenon ve kripton daha iyi verim elde edilmesi için yüksek enerjili X-ışınlarının dedeksiyonlarında kullanılırlarken, neon gazı düşük enerjili X-ışınlarının dedeksiyonunda kullanılır. Bu tip dedektörlerde bazen gaz karışımları da kullanılabilir. Bu gaz karışımına örnek olarak P-10 gazı verilebilir. P-10 gazı, %90 argon gazı ile %10 metan gazının karışımından oluşur. Gaz basınçları tipik olarak 1 atmosferdir (Canberra, 1997; Anderson, 1989; Leo, 1987).

3.1.2.3 Geiger Müller Sayıcıları

Bir Geiger Müller sayıcısı, çıkışında büyük bir voltaj pulsu meydana getirir. Bu nedenle bu tip dedektörlerde sinyal yükseltme işlemine gerek yoktur. Geiger Müller sayıcılarında enerji ölçümleri yapılamamaktadır. Bunun sebebi ise çıkış pulsu yüksekliğinin başlangıçtaki iyonizasyondan bağımsız olmasındandır.

Geiger Müller sayıcıları farklı boyutlarda olabilmekte ve kullanılabilir. Genel olarak bu dedektörler ince bir mika pencere ile birlikte kullanılırlar. Dedektöre uygulanması gereken voltaj plato bölgesi sınırları içerisinde ve bu plato eğrisinin eğimi yaklaşık 2 ile 5 derece arasında değişim göstermektedir. Plato bölgesi, anot voltajının bir fonksiyonu olarak sayım hızının belirlenmesi ile bulunur. İyonizasyondan dolayı meydana gelen boşalma genellikle dedektör tarafından bastırılır. Bu boşalma, asal

gazla doldurulan dedektöre küçük bir miktar halojen katılması ile yok edilebilir. Ayrıca anot ve kutup kaynağı arasındaki büyük bir direnç üzerine düşen voltajın, plato bölgesi sınırları içerisinde kalan bir değere ayarlanması ile de boşalmamın meydana gelmesi engellenebilir (Anderson, 1989).

Bir Geiger Müller sayıcısı her pulstan sonra boşalma tamamlanincaya kadar sayım yapamaz. Geiger Müller tüpünün tepki vermediği bu süreye **ölü zaman aralığı** denir ve 100 mikrosaniye civarındadır. Dolayısıyla bu tür dedektörler zayıf sayım hızı olan uygulamalarda yetersiz kalırlar veya verimsizdirler.

3.1.3 Sintilasyon Dedektörleri

Gama ışınının bir sintilatör ile etkileşmesinden bir ışık pulsu meydana gelir ve bu ışık pulsu bir fotoçöğaltici tüp aracılığı ile elektrik pulslarına dönüştürülür. Fotoçöğaltici tüp bir fotokatot, bir elektron odaklayıcı ve 10 adet veya daha çok dinot' tan meydana gelmiştir. Fotoçöğaltici tüp içerisindeki dinotlara uygulanan gerilim ile elektronların dinotlara çarpması sağlanır ve bu şekilde elektronların sayılarının artması mümkün olur. Anot ve dinotlar tüp tabanında bulunan fişlere yerleştirilmiş seri bağlı dirençler vasıtasıyla kutuplanır. Bir Sintilasyon Dedektörü genel olarak fotoçöğaltici tüp ve sintilatör şeklinde basitçe iki kısma ayrılabilir (Canberra, 1997;Knoll, 1979).

İyi bir dedektörün sintilatör materyalinde aranılan özellikler, şeffaflık, büyük boyutlarda kullanılabilirlik ve büyük ışık çıkışına sahip olma şeklinde sıralanabilir.

Relatif olarak birkaç materyal bu tür dedektörler için iyi özelliklere sahiptir. Bu yüzden genellikle NaI ve CsI kristalleri içerisine aktive edilmiş Talyum kullanılır. NaI gama dedeksiyonu için kullanışlı bir materyaldir çünkü ekonomik olmasının yanında çok iyi bir şekilde gama çözünürlüğüne de sahiptir. NaI(Tl) kristalleri dedektör verimi ile gamaları algırlar. Bununla beraber plastik sintilatörler daha fazla ışık pulsu azalmasına

sahiptirler ve zamanlama uygulamalarında kullanılırlar. Bunun yanında bu tip sintilatörler iyi enerji çözünürlüğüne sahip degillerdir (Knoll, 1979; Anderson, 1989).

3.1.3.1 NaI (TI) sintilatörleri

NaI sintilatöründe bulunan iyot' un atom numarasinin yüksek olması, gama isinlerinin dedeksiyonunda yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır. Genellikle Talyum'un küçük bir miktarı kristal içerisine eklenerek aktive edilir. Oluşan bu yapı NaI(TI) kristali olarak isimlendirilir. Bu dedektörlerin en iyi çözünürlüğü 3x3 boyutlarında bir kristal kullanılarak ¹³⁷Cs radyoaktif kaynagından alınan 662 keV enerjili gama isinleri için %7.5 ile %8.5 arasında değişir. Bu kristal daha küçük ve daha büyük boyutlarda kullanıldığında bu kadar iyi bir çözünürlük elde etmek mümkün değildir. NaI dedektörlerinin birçok türü kullanışlıdır. Bu tür kristaller, zayıf numunelerin 4p'deki sayımlarını en iyi şekilde yapacak bir biçimde üretilmektedir.

NaI kristalindeki ışık azalma sabiti yaklaşık olarak 0.25 µs civarındadır. Bunun yanında tipik bir yüke hassas ön yükselteçten 0.5 saniye civarında yükselme zamanına sahip çıkış pulsları elde edilir. Bu sebepten dolayı NaI dedektörleri yüksek aktiviteli ölçümler için plastik dedektörler kadar iyi değildirler, çünkü bu tür ölçümlerde kısa çözümleme zamanına ihtiyaç vardır (Anderson, 1989; Canberra, 1997; Leo,1987).

3.1.3.2 ZnS sintilatörleri

Gümüş ile aktive edilmiş çinko Sülfat eski inorganik sintilatörlerden birisidir. Bu sintilatörler NaI(TI) sintilatörleri ile karıştırıldığı zaman çok yüksek bir sintilasyon verimine sahiptirler. Bunun yanında bu tip sintilatörler bir polikristal tozu gibi kullanılırlar. Bunun sonucu olarak bu sintilatörlerin kullanımı alfa parçacıkları ve diğer ağır iyon dedeksiyonlarında kullanılmış olan ince ekranlar için sınırlandırılmıştır.

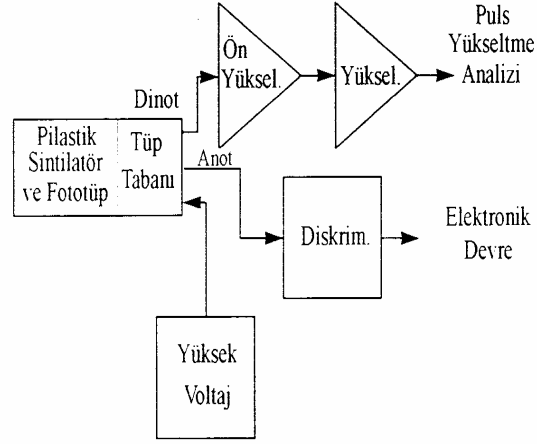
Kalinlik 25 mg/cm^2 'den büyük olduğu zaman kendi kendilerine parıldama meydana getirme ihtimalleri olduğundan kullanılmayabilirler (Knoll, 1979).

3.1.3.3 Plastik sintilatörler

Eğer bir organik sintilatör bir çözücü içerisinde çözünürse, bir kati çözeltinin esdeğeri elde edilmiş olur. Buna örnek olarak styrene monomerden meydana gelmiş bir çözücüde organik bir sintilatörün çözülmesi verilebilir. Bu tip sintilatörlerin şekillendirilmesi ve üretimi kolaydır. Bu yüzden plastik sintilatörler organik sintilatörlerin içerisinde en kullanışlı olanlardan birisidir. Bu tip sintilatörlerin puls şekillendirme diskriminasyonu için üretilen diğer sintilatörler kadar iyi ve hızlı bir azalma zamanları vardır.

Plastik sintilatörler genellikle nötron dedeksiyonlarında, yüklü parçacık dedeksiyonlarında ve Fast Timing uygulamalarında kullanılırlar. Bu uygulamalarda kullanılabilmesi için çok büyük boyutlarda olmaları veya doğal sert plastik özelliklerini sağlamaları gerekmektedir. Hızlı fotoçözücü tüplere bağlanmış plastik sintilatörler ile nanosaniye civarında yükselme zamanına ulaşmak mümkündür.

Sekil 3.2' de bir plastik sintilatör dedektörünün elektronuğu görülmektedir. Ayrı çıkışlar genellikle zamanlama için kullanılmışlardır. Dinot'un pozitif çıkışı bir ön yükseltece ve oradan da enerji analizi için yükseltece, daha büyük bir negatif çıkış için ise bir hızlı diskriminatöre bağlanmıştır.



Sekil 3.2 Bir plastik sintilatör dedektörünün elektronigi
(Canberra, 1997; Anderson, 1989).

3.1.3.4 Sivi sintilatörler

İki beta yayınlı izotop olan Trityum ve ^{14}C çok zayıf enerjili beta isinlerine sahiptirler. Kati sintilatörler ile dedekte edilemeyecek kadar düşük enerjilere sahip olan bu isinlerin enerjileri Trityum için 19 keV ve ^{14}C için ise 156 keV'dur. Sivi sintilatör tekniğinde örnek ile karıştırılmış, bir sivi sintilatör kullanılır ve uygun sayıda fotoçözümlü tüp kullanılması ile ışık pulsları gözlenir. Böylece bir sayıcının 4p geometrisindeki verimi, kaynak ile dedektör arasında herhangi bir zayıflatıcı olmadığından oldukça yüksektir. Puls metodu ile fotoçözümlü tüp çıkışındaki kozmik isinler ayırt edilebilir. Bu olay isteğe bağlı olarak alfa ve beta parçacıkları için de gerçekleştirilebilir.

Sivi sintilasyon sayıcıları genelde zayıf seviyeli alfa ve beta ölçümlerinde kullanılır. Sebebi, bu dedektörlerin yüksek derecede hassas olmaları ve örnek hazırlamada araştırmacıya avantajlar sağlamasıdır.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Çalısmada Eberline marka ASP-2e model sayaç ile gama için NaI(Tl) probu kullanılmıstır. Sekil 4.1 de kullanılan sayacın resmi görölmektedir. Sekil 4.2 de ise Gama NaI(Tl) probu görölmektedir.



Sekil 4.1 Eberline marka ASP-2e model sayaç



Sekil 4.2 Gama NaI(Tl) probu

Çalışmada Isparta ilinin 4 ayrı bölgesinde bulunan 4 baz istasyonunun radyasyon değişimi mevsimsel, baz istasyonuna uzaklık, yerden yüksekliğe bağlı olmak üzere üç degiskene göre incelenmiştir. Sonuçlar değişimi belirlemek için CPS (Count Per Second) saniyede sayım cinsinden verilirken bu veriler radyasyon dozunu belirlemek için isinlama dozu olan $\mu\text{R/h}$ cinsinden de verilmistir.

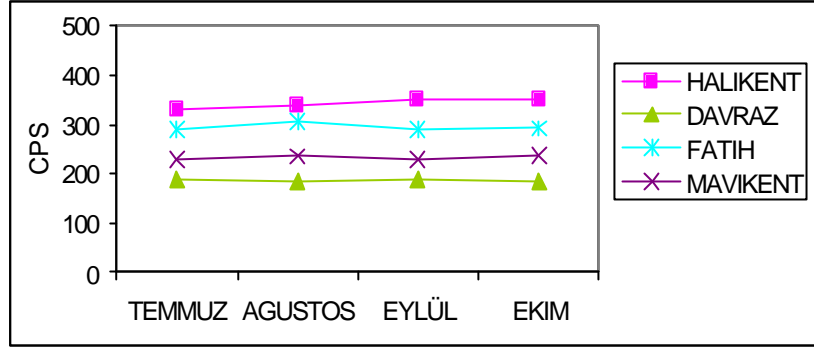
4.1 Gama Radyasyonu Sonuçlari

4.1.1 Mevsimsel Degisim

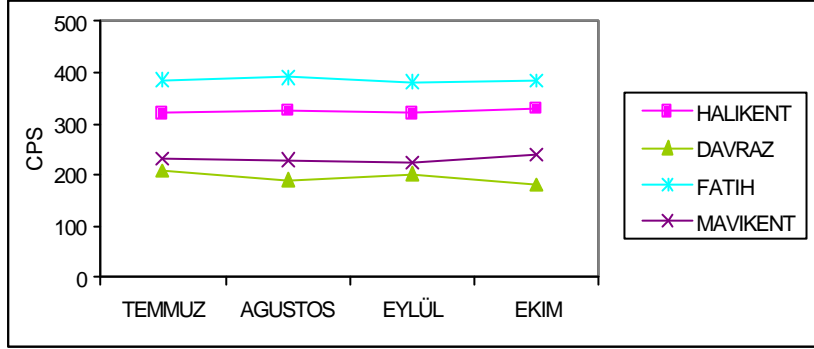
İklim sartlari radyasyonun yayilimini etkileyeceginden ölçülen degerler yaz ve kis aylarini içine alacak sekilde mevsimsel olarak incelenmiştir. Böylece sonuçların hava sartlarına göre değişimi görmek mümkün olmuştur.

Sekil 4.3, 4.4 ve 4.5 yerden 1m yükseklikte alınan sonuçlara aittir. Sekil 4.6, 4.7 ve 4.8 ise yerde alınan sonuçların grafigidir. Buradan görüldüğü gibi 5m uzaklıkta iken yerde ve yerden alınan sonuçlarda Halikent Mah. Sonuçlari yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni baz istasyonunun arkasında yer alan TV vericisi neden olabilir. 10m. ve 15m. de ise Fatih Mah. en yüksek degere sahip çıkmıştır. Bunun nedenlerinin arasında Fatih Mah. 2 tane baz istasyonunun olması ve ölçüm alınan tarlanın toprak yapısı verilebilir. Davraz Mah. ve Mavikent Mah. ölçülen baz istasyonu sayısı 1 olmasına rağmen Mavikent Mah. baz istasyonunun çevresinde baz istasyonları bulunmaktadır. Bu sebepten ölçüm sonucu Davraz Mah. ölçüm sonucundan fazla çıkmış olabilir.

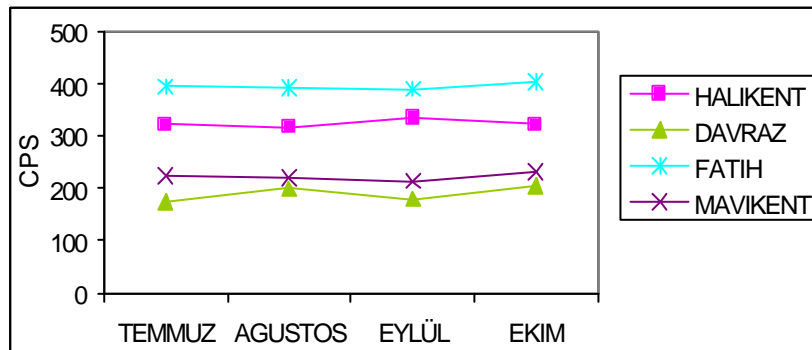
Görüldüğü gibi mevsimsel değişim radyasyonda gözle görülür bir fark meydana getirmemistir.



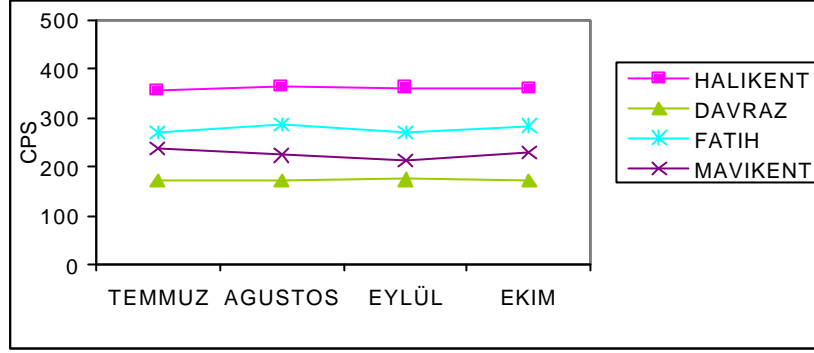
Sekil 4.3 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi
(yerden 1m yüksekte ve istasyondan 5 m uzakta)



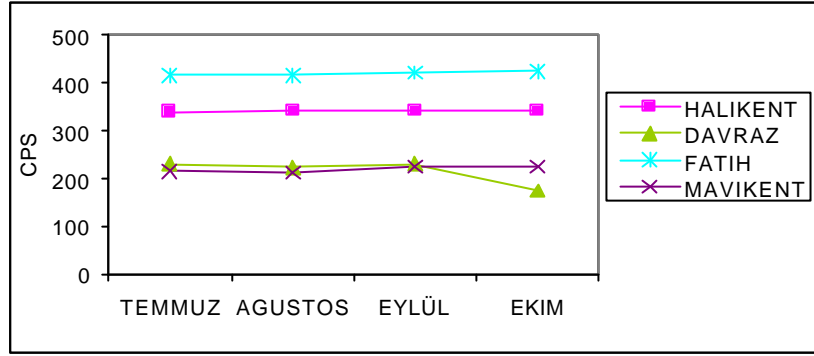
Sekil 4.4 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi
(yerden 1m yüksekte ve istasyondan 10 m uzakta)



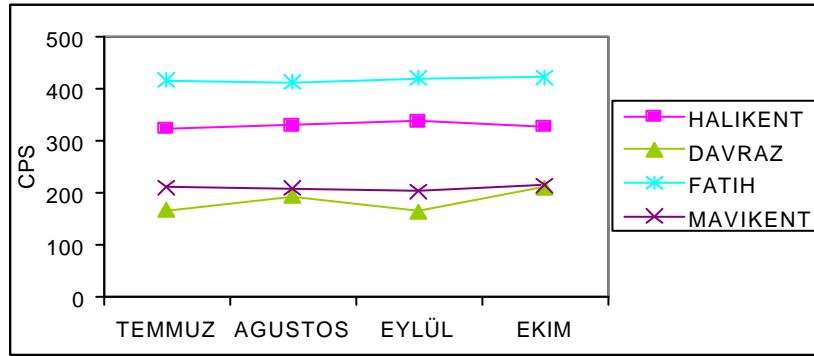
Sekil 4.5 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi
(yerden 1m yüksekte ve istasyondan 15 m uzakta)



Sekil 4.6 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi
(yerde ve istasyondan 5 m uzakta)



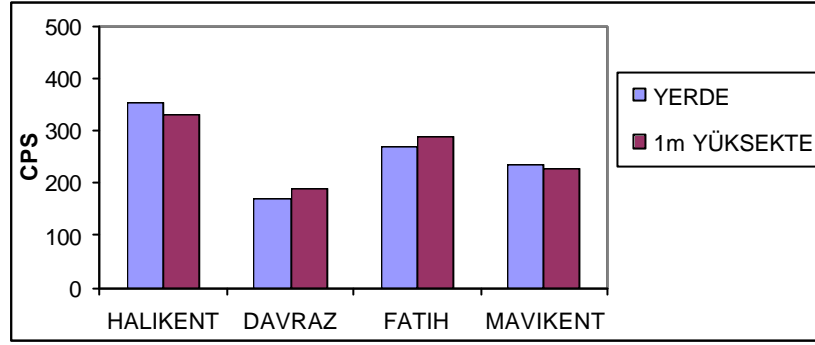
Sekil 4.7 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi
(yerde ve istasyondan 10 m uzakta)



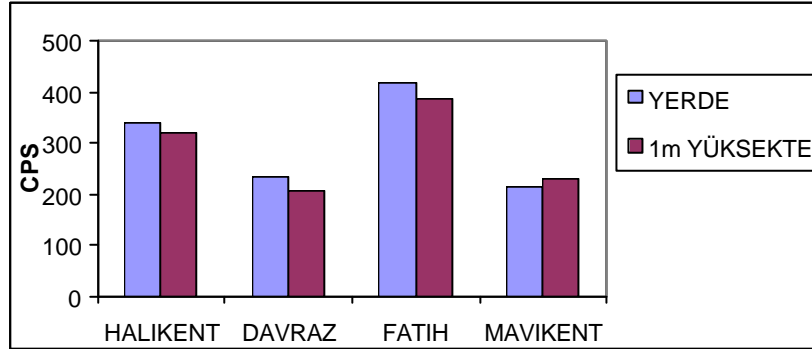
Sekil 4.8 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi
(yerde ve istasyondan 15 m uzakta)

4.1.2 Yerden yüksekliğe göre Değişim

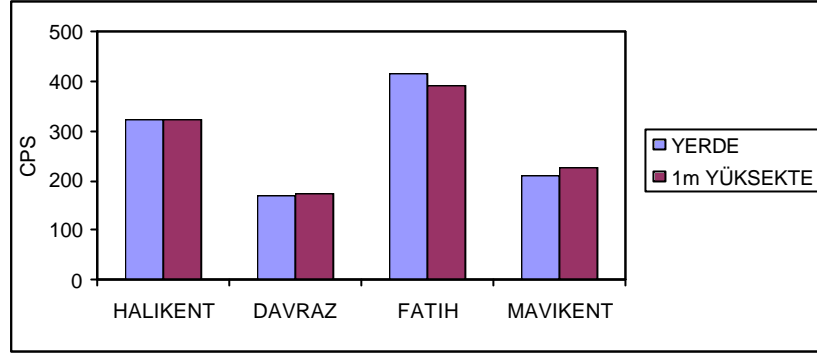
Ölçümler her bir istasyonda yerde ve yerden 1m yüksekte alınmış ve yükseklik farkının ölçüm sonucunu etkileyip etkilemediği gözlemlenmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi yerde ve yerden 1m yüksekte alınan sonuçlar arasında az da olsa bir fark kaydedilmiştir. Bunun nedeni ölçüm alınan bölgenin doğal farklılığı ve toprak yapısı ile ilgili olabilir.



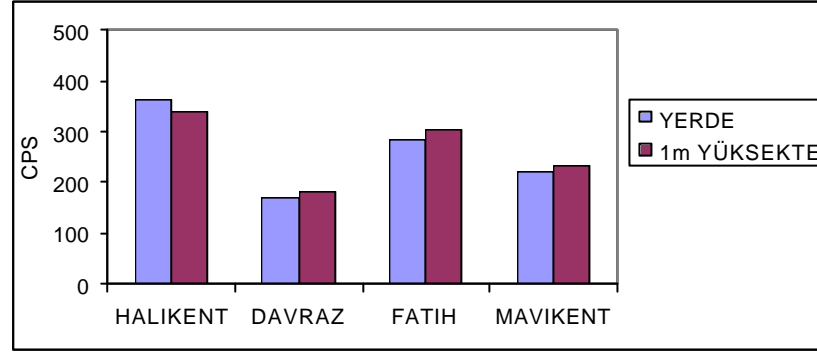
Sekil 4.9 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yükseklige bağlı olarak değişimi (Temmuz ayı ve istasyondan 5m uzaklık için)



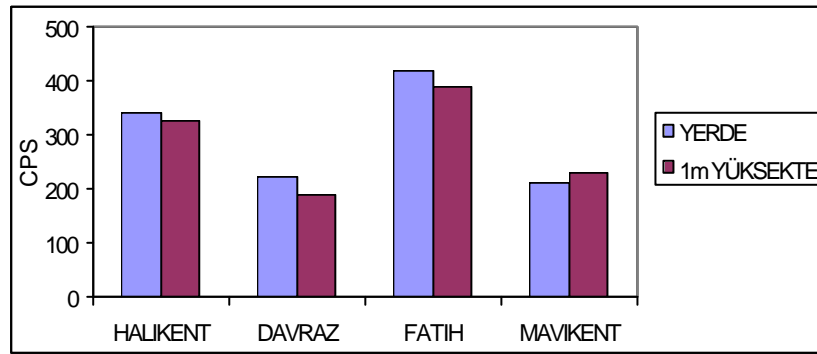
Sekil 4.10 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yükseklige bağlı olarak değişimi (Temmuz ayı ve istasyondan 10m uzaklık için)



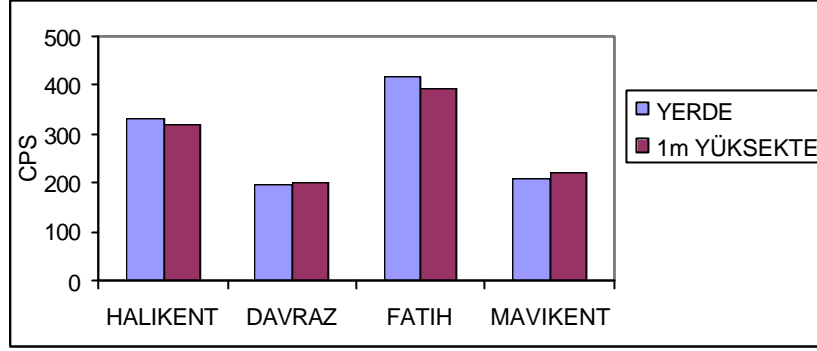
Sekil 4.11 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Temmuz ayı ve istasyondan 15m uzaklık için)



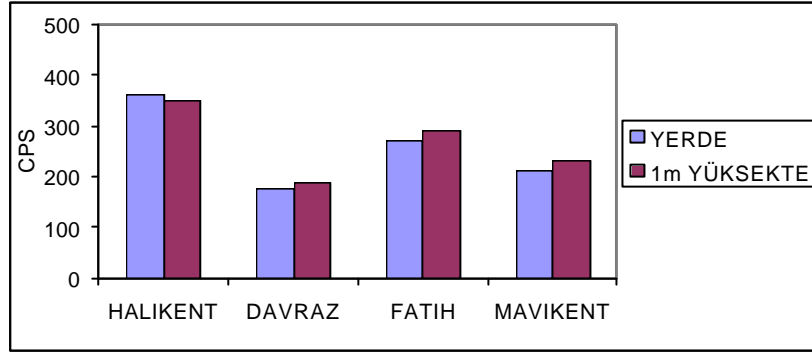
Sekil 4.12 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Ağustos ayı ve istasyondan 5m uzaklık için)



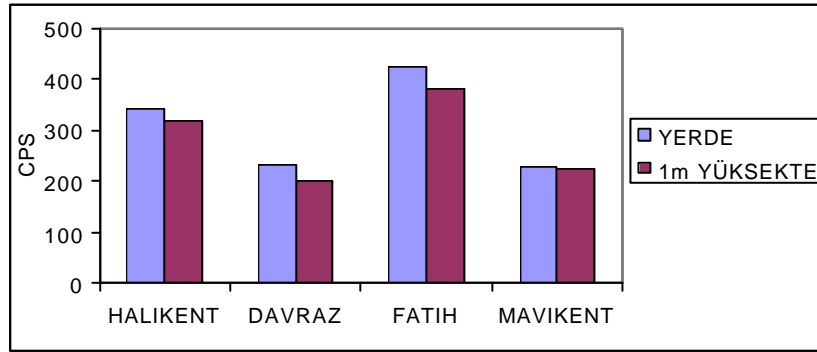
Sekil 4.13 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Ağustos ayı ve istasyondan 10m uzaklık için)



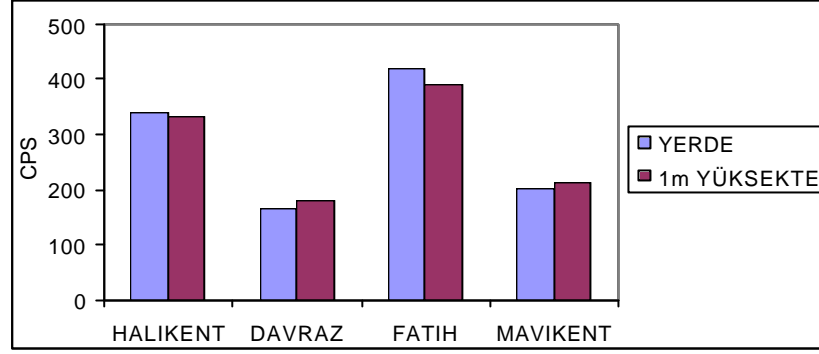
Sekil 4.14 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Ağustos ayı ve istasyondan 15m uzaklık için)



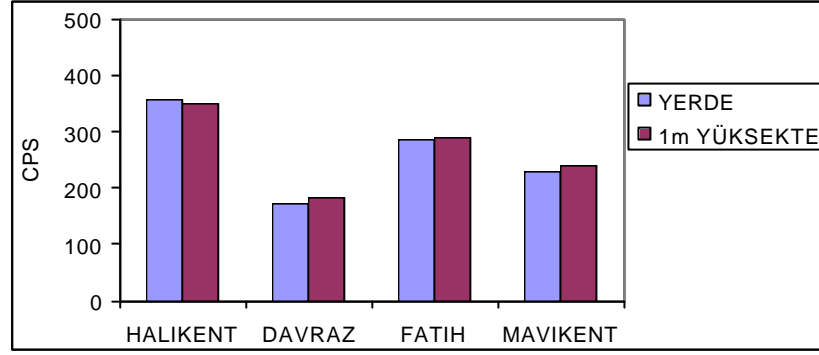
Sekil 4.15 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Eylül ayı ve istasyondan 5m uzaklık için)



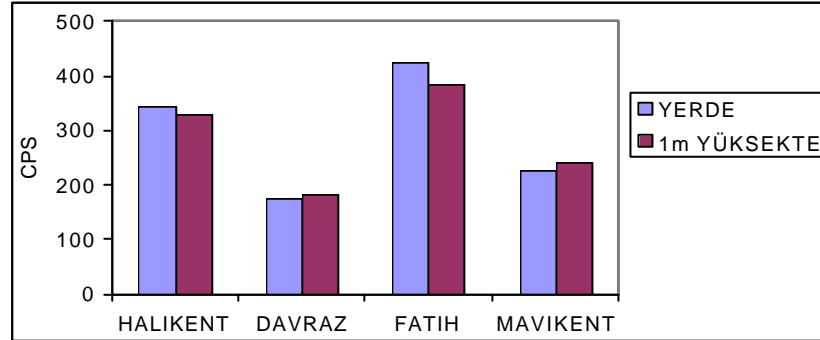
Sekil 4.16 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Eylül ayı ve istasyondan 10m uzaklık için)



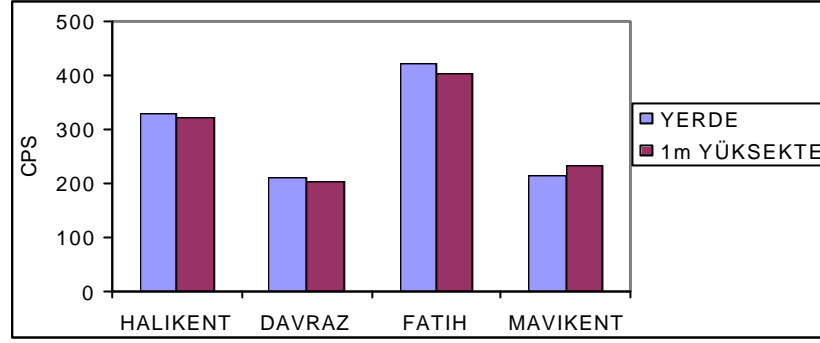
Sekil 4.17 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Eylül ayı ve istasyondan 15m uzaklık için)



Sekil 4.18 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Ekim ayı ve istasyondan 5m uzaklık için)



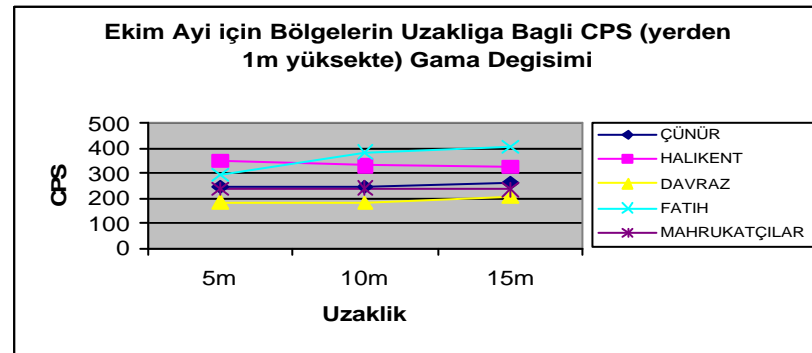
Sekil 4.19 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Ekim ayı ve istasyondan 10m uzaklık için)



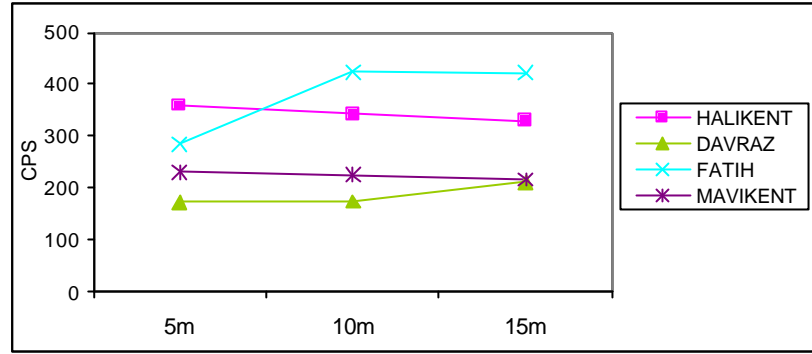
Sekil 4.20 Gama radyasyonunun yerde ve yerden 1m yüksekliğe bağlı olarak değişimi (Ekim ayı ve istasyondan 15m uzaklık için)

4.1.3 İstasyondan uzaklığa göre Değişim

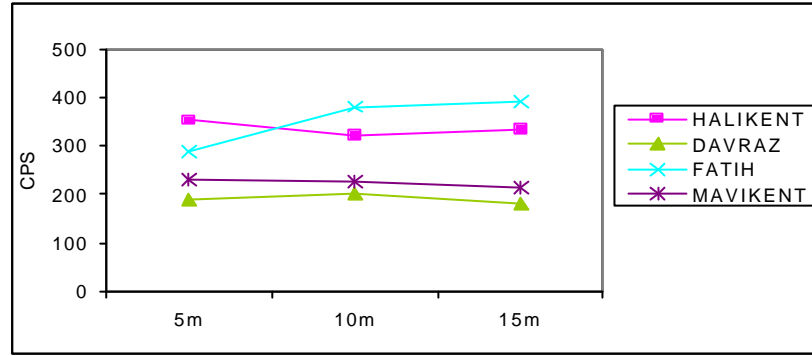
Nokta bir kaynaktan çıkan radyasyon ilerlerken enerji kaybeder ve bunun bir sonucu olarak kaynaktan uzaklaşildikçe radyasyon oranının azalması beklenir(TAEK). Baz istasyonları da dikey düzlemde bulunan bir radyasyon kaynağı olarak düşünüldüğünde radyasyon oranının istasyondan uzaklığa bağlı olarak ölçülmesi önemlidir. Bunun için İBB Çevre Koruma ve Geliştirme Daire Başkanlığının bir yayınında belirtilen uzaklık mesafelerinde ölçüm aldık. Bu ölçümlerin sonuçlarından, istasyondan 10 ve 15m uzaklıklarda sonucun benzerlik gösterdiği ancak 5m uzaklıktaki ölçümün bu sonuçlardan düşük olduğu anlaşılmaktadır. Yine aynı yayına istinaden bazı istasyonunun en alt noktasında ölçüm alınmış olup bu değer 5, 10 ve 15m ölçümlerinden oldukça düşük olduğu görülmüştür.



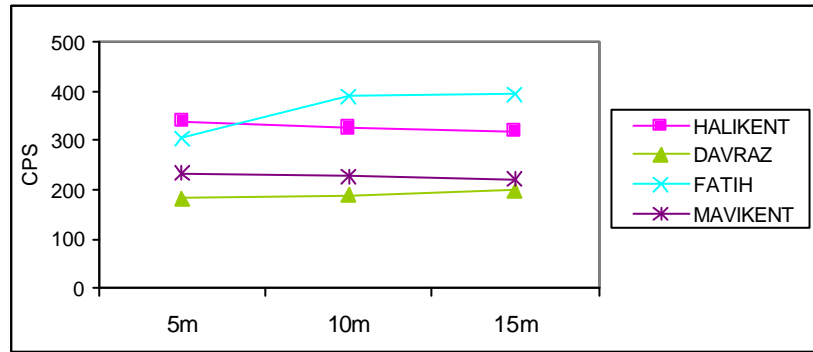
Sekil 4.21 Gama radyasyonunun istasyondan uzaklığa bağlı olarak değişimi (Ekim ayı ve yerden 1 m yükseklikte alınan değerler)



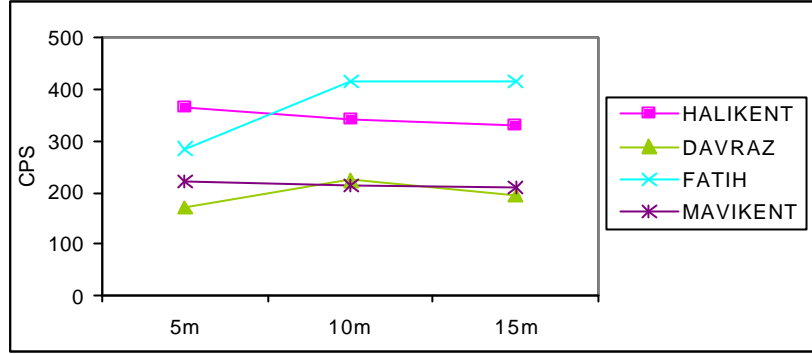
Sekil 4.22 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Ekim ayi ve yerde alinan degerler)



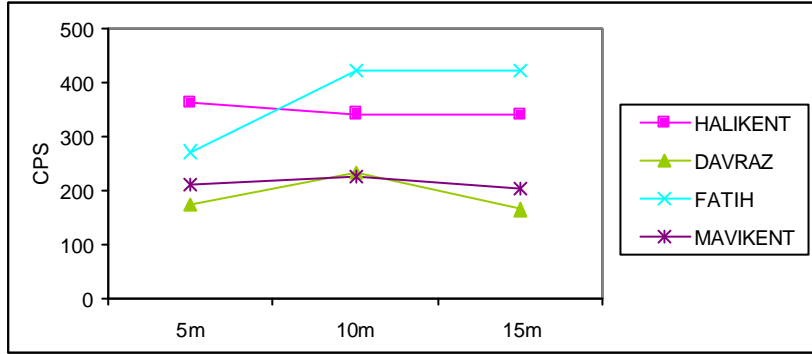
Sekil 4.23 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Eylül ayi ve yerden 1 m yükseklikte alinan degerler)



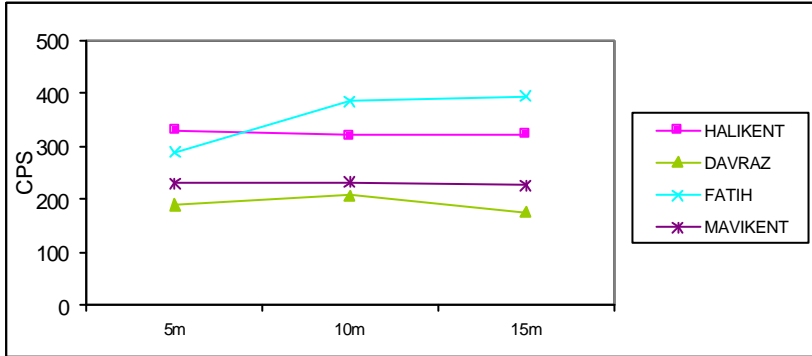
Sekil 4.24 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Eylül ayi ve yerde alinan degerler)



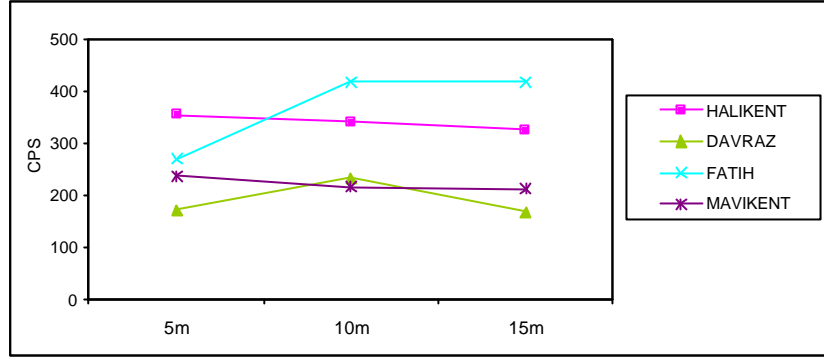
Sekil 4.25 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Agustos ayi ve yerden 1 m yükseklikte alınan degerler)



Sekil 4.26 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Agustos ayi ve yerde alınan degerler)



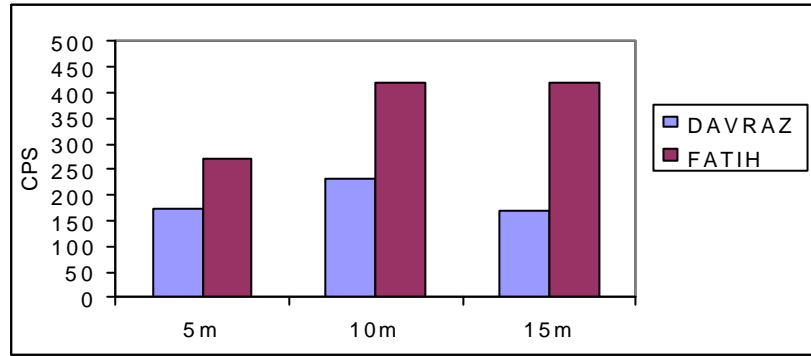
Sekil 4.27 Gama radyasyonunun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Temmuz ayi ve yerden 1m yükseklikte alınan degerler)



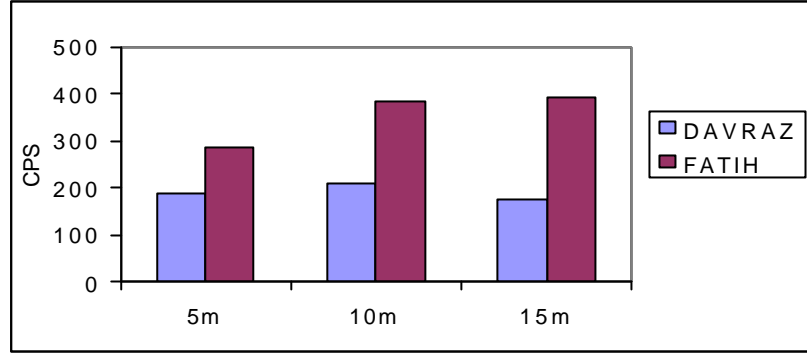
Sekil 4.28 Gama radyasyonun istasyondan uzakliga bagli olarak degisimi (Temmuz ayi ve yerde alinan degerler)

4.1.4 Baz Istasyonu sayısına göre Degisim

Baz istasyonunun sayisinin artmasi ile baz istasyonu çevresine yayilan radyasyonun degisip degismediğini görmek amaci ile iki baz istasyonunun bulunduğu Fatih Mah. alinan sonuçlar ile tek baz istasyonu bulunan Davraz Mah. alinan sonuçlar karsilastirilmistir. Asagidaki sekillerden de açıkça görüldüğü gibi baz istasyonu sayisi arttikça yayilan radyasyon miktarı da artmaktadır.



Sekil 4.29 Gama radyasyonun Davraz Mah. ve Fatih Mah CPS degisimi (Temmuz ayi ve yerde alinan degerler)



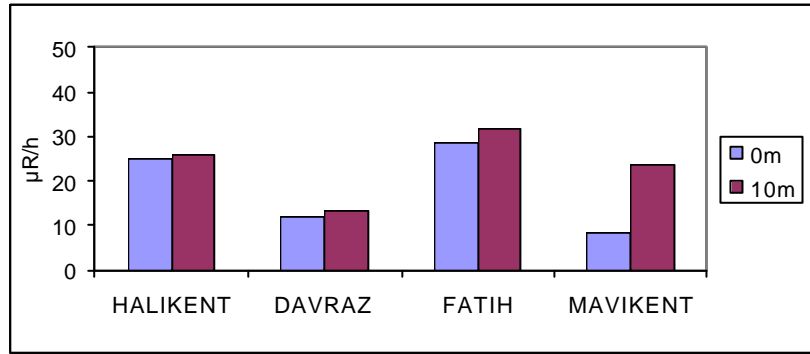
Sekil 4.30 Gama radyasyonun Davraz Mah. ve Fatih Mah. CPS değisimi (Temmuz ayı ve yerden 1m yükseklikte alınan değerler)

4.1.5 Gama $\mu\text{R/h}$ Değisimi

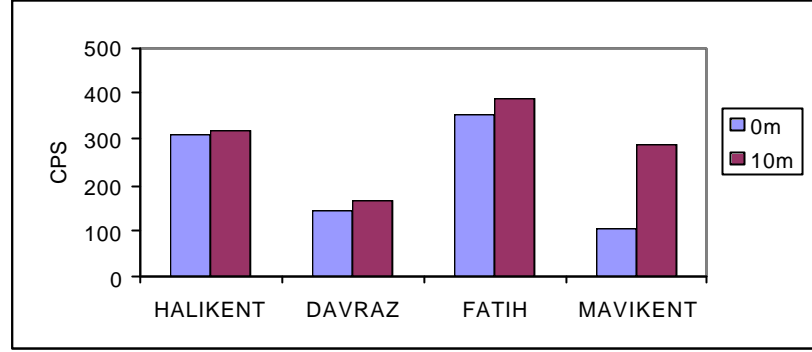
Sonuçlar radyasyon dozunu belirlemek için $\mu\text{R/h}$ cinsinden de verilmiştir.

4.1.5.1 Uzaklığa Bağli Değisim

Bu bölümde baz istasyonunun ilk noktası olan 0m de ve 10m de alınan lümler CPS ve $\mu\text{R/h}$ olarak karsılaştırılmıştır. Aşağıdaki grafiklerden de anlaşılabileceği gibi baz istasyonunun 0m sinde var olan radyasyon 10m de var olan radyasyondan oldukça dsüktür.

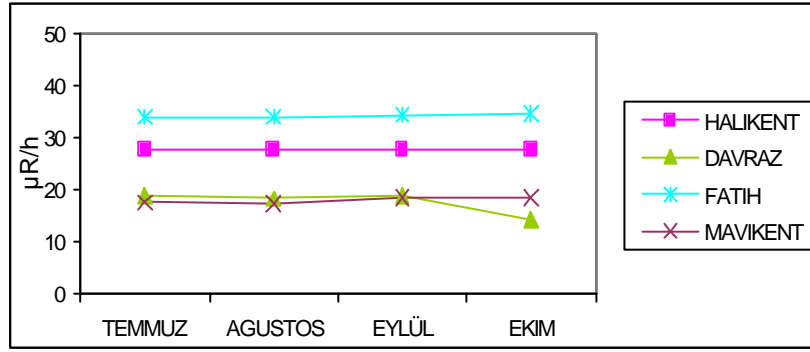


Sekil 4.31 Gama radyasyonun Bölgelerin 0m ve 10m $\mu\text{R/h}$ (yerde) Değisimi

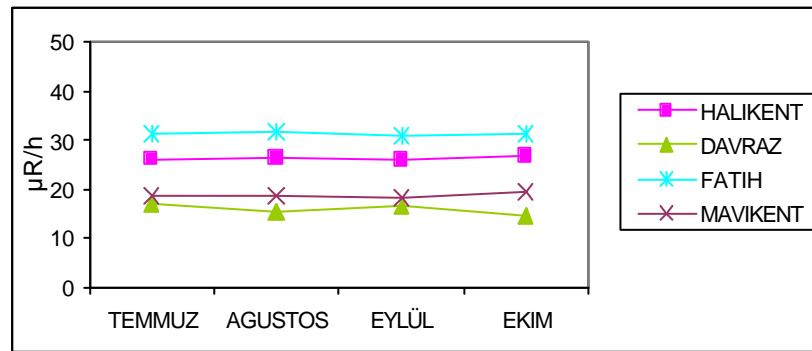


Sekil 4.32 Gama radyasyonun Bölgelerin 0m ve 10m CPS (yerde) Değişimi

4.1.5.2 Bölgelerin Mevsimsel $\mu\text{R/h}$ Değişimi

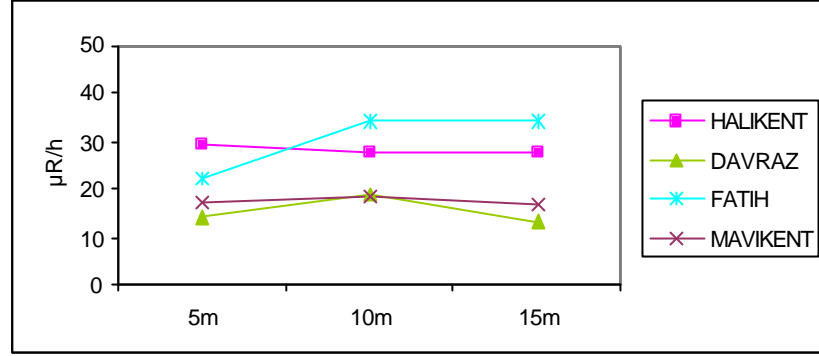


Sekil 4.33 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi (yerde ve istasyondan 10 m uzakta)

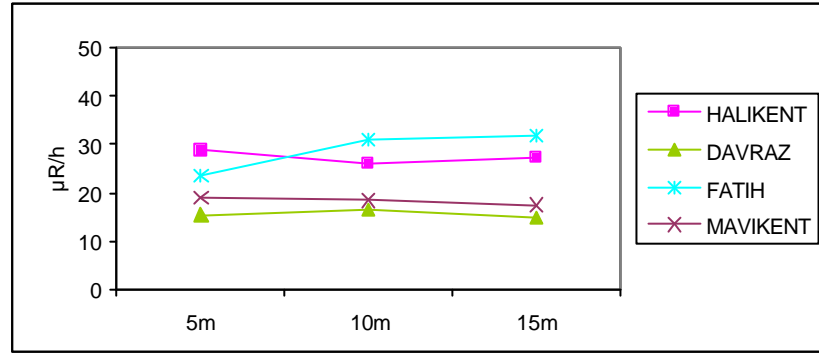


Sekil 4.34 Her bir bölgenin mevsimsel olarak değişimi (yerden 1m yüksekte ve istasyondan 10 m uzakta)

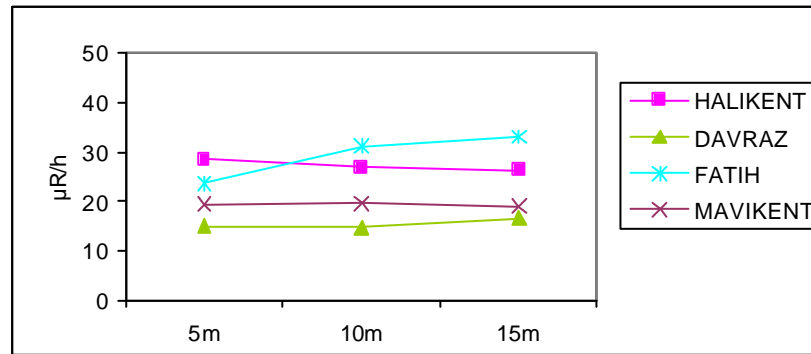
4.1.5.3 Bölgelerin Uzaklıkla Degisimi



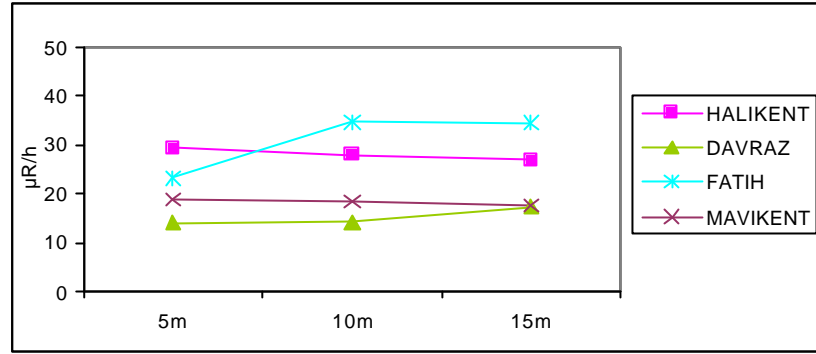
Sekil 4.35 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Eylül Ayi ve yerden alınan degerler)



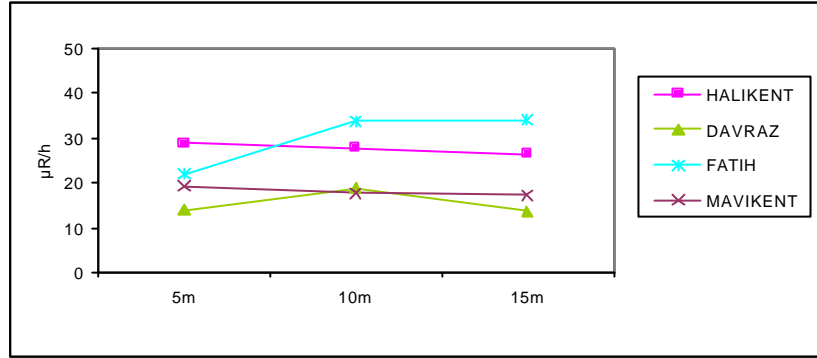
Sekil 4.36 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Eylül Ayi ve yerden 1 m yüksekte alınan degerler)



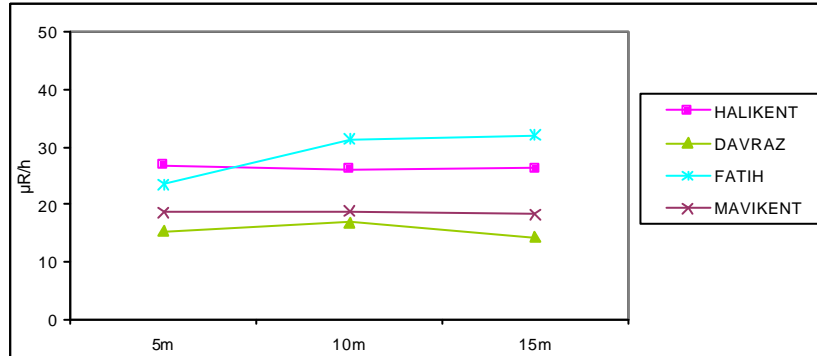
Sekil 4.37 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Degisimi (Ekim Ayi ve yerden 1 m yüksekte alınan degerler)



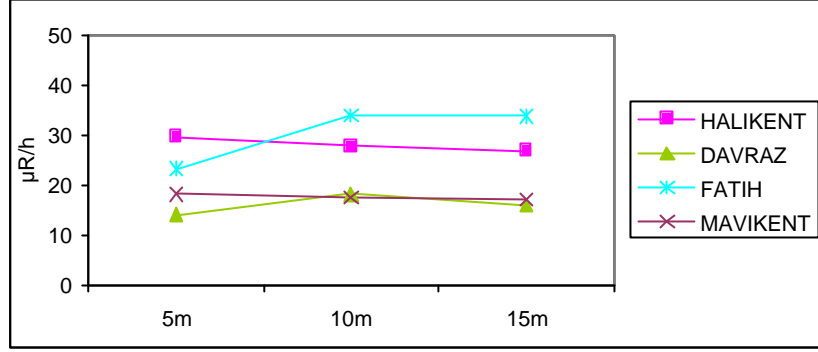
Sekil 4.38 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Değişimi
(Ekim Ayı ve yerden alınan değerler)



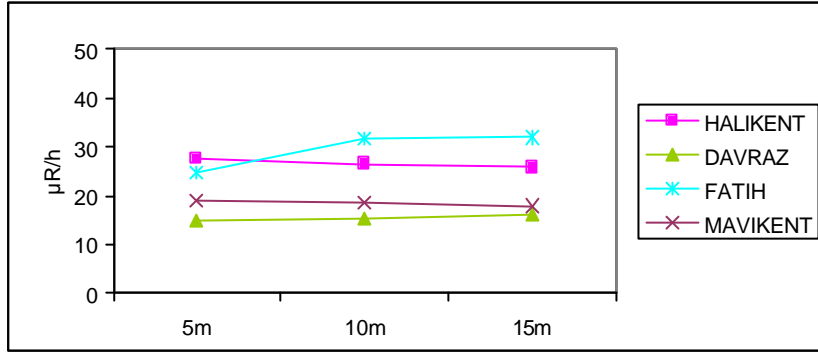
Sekil 4.39 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Değişimi
(Temmuz Ayı ve yerden alınan değerler)



Sekil 4.40 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Değişimi
(Temmuz Ayı ve yerden 1m yüksekte alınan değerler)



Sekil 4.41 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Değişimi
(Ağustos Ayı ve yerde alınan değerler)



Sekil 4.42 Bölgelerin Uzaklığa Bağlı $\mu\text{R/h}$ Gama Değişimi
(Ağustos Ayı ve yerden 1m yüksekte alınan değerler)

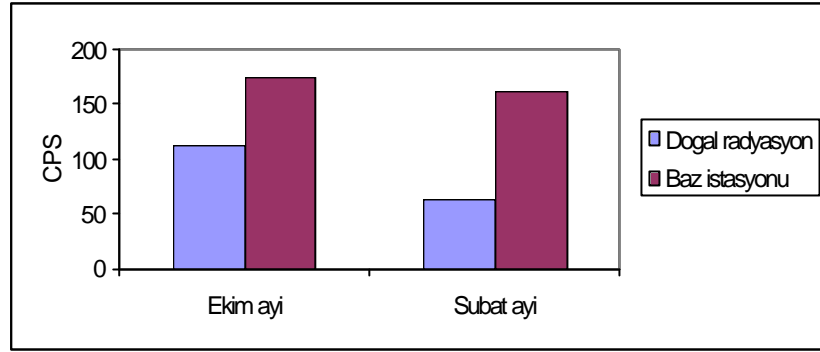
5. TARTISMA

Bu alısmada Isparta ilinin 4 farklı bölgesi olan Fatih Mahallesi, Davraz Mahallesi, Halikent Mahallesi ve Mavikent Mahallesi sınırları içerisindeki baz istasyonlarının çevreye yaydığı radyasyonun esitli etkenlere göre değisinin llmesi amalanmıstır. Bu bölgelerde kurulmuş bulunan baz istasyonları sayıları birbirinden farklı olduğundan baz istasyonlarının sayılarının da radyasyon miktarını etkileyip etkilemediğini de inceleme fırsatı bulunmuştur.

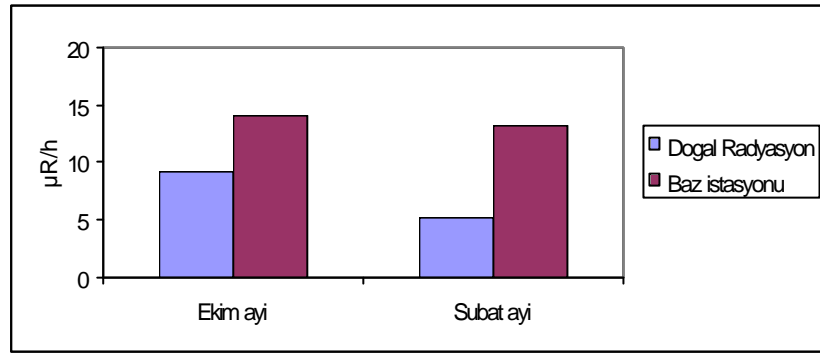
Yapılan limlerde, her bir baz istasyonunda 0m, 5m, 10m ve 15m de, yerde ve yerden 1m yüksekteki değerler bulunmuş ve birbirleri ile karılaştırılmıştır. Bu sonuçlardan da görülmüstür ki ortamda bulunan baz istasyonu sayısının artması, radyasyon miktarını artırmaktadır. Bununla birlikte istasyonun yakınında bulunan televizyon vericileri de radyasyon miktarını artırmaktadır.

Yapılan tüm limlerde çevresel gama radyasyon dozunun 13,96 $\mu\text{R/h}$ ile 33,80 $\mu\text{R/h}$ değerleri arasında değiştigi gözlenmiştir. Bu en yüksek değer yan yana iki baz istasyonu bulunduran Fatih Mahallesi bulunmuştur.

Baz istasyonları çevresinde ölçülen değerlerin aynı toprak yapısı ve yükseklige sahip baz istasyonu olmayan doğal ortamdaki limlerle karılaştırılması, baz istasyonlarının doğal ortama olan katkisinin belirlenmesi açısından önemlidir. Bunun için Davraz mahallesindeki Ekim ve Subat ayı verileri karılaştırılmış olup sonuçlar Sekil 5.1 ve 5.2 gösterilmiştir. Bu şekillerden açıkça görüldüğü gibi baz istasyonlarının doğal radyasyona katkisi büyüktür.



Sekil 5.1 Davraz Mah. dogal radyasyon ile baz istasyonunun yaydigi radyasyonun CPS olarak degisimi



Sekil 5.2 Davraz Mah. dogal radyasyon ile baz istasyonunun yaydigi radyasyonun $\mu\text{R/h}$ olarak degisimi

ÖZGEÇMİS

Adi Soyadi :Betül MAVI
Dogu Yeri :Isparta
Dogum Yili :03.01.1980
Medeni Hali :Evli

Egitim ve Akademik Durumu

Lise :1993-1996 Isparta Gazi Lisesi
Lisans :1996-2000 Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü
Yabancı Dil :İngilizce

İs Deneyimi

2000- :S.D.Ü. Deneysel ve Gözlemsel Öğrenci Arastırma ve Uygulama
Merkezi