

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106268

ELEKTROMANYETİK DALGALARIN İNSAN VÜCUDU
ÜZERİNDEKİ BİYOLOJİK ETKİLERİ

Neslihan ALTUN

FBE Fizik Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Nurettin Güngör

Tez Danışmanı : Prof. Dr.F. Senel BOYDAĞ

Prof. Dr. F. Senel BOYDAĞ

Doç. Dr. Gelin Taşsever

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL, 2001

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
OZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTROMAGNETİK DALGALAR	3
2.1 Radyo Dalgaları	4
2.2 Mikrodalgalar	4
2.3 Kızıl Ötesi Işıklar	4
2.4 Görünür Işık	4
2.5 Morötesi Işıklar	4
2.6 X ışınları	5
2.7 Gama Işıkları	5
3. ELEKTROMANYETİZMANIN TEMEL DENKLEMLERİ	6
3.1 Serbest Yük veya Akım Bulunmayan Bölgelerde Maxwell Denklemleri	6
3.2 Faraday Yasası	8
3.2.1 Elektromagnetik indüksiyon	8
3.3. Manyetostatik ve Elektrostatiğin Karşılaştırılması	10
3.4. Maxwell Denklemleri	11
4. ÖZGÜL SOĞRULMA	15
4.1 Özgül Soğurulma Hızı	15
5. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ	19
5.1 Biyolojik Dokuların Elektriksel Özellikleri	20
5.2 Biyolojik Dokularda Değişik Frekans Aralıklarının Etkisi	21
6. RADYO FREKANS ALANLARIN ETKİSİ	24
6.1 İnsan Vücunda RF Radyasyonunun Oluşturduğu Başlıca Etkiler	24
6.1.1 Termal etkileri	24
6.1.2 Göz üzerine etkileri	24
6.1.3 Sinir sistemi	25

6.1.4 Üreme ile ilgili dokular	25
6.1.5 Dolaşım sistemi	25
6.1.6 RF alanların diğer organlar üzerinde etkileri	26
7.DÜŞÜK FREKANSLI (ELF) DALGALARIN ETKİLERİ	27
8. E.M ENERJİ KULLANIMINDA RİSK ANALİZİ ve EVLERDE KULLANILAN CİHAZLARIN RİSK ANALİZİ	30
8.1 Elektrikli Traş Makinası	30
8.2 Televizyon Seti	30
8.3 Bilgisayar Ekranları	30
8.4 Floresan Lambalar (FL).....	31
8.5 Mikrodalga Fırınlar	32
8.6 Elektrikli Battaniye ve Yataklar	32
8.7 Elektrikli Isıtıcılar ve Fırınlar	32
9. CEP TELEFONLARI	34
9.1 Cep Telefonu Ağı Nasıl İşlemektedir ?	34
9.2 Cep Telefonlarıyla Kanseri Arasında Bir İlişki Olabilir mi ?	34
9.3 Kanseri Riskini Azaltmak İçin Alınması Gereklİ Önlemler.....	35
9.3.1 Üretim açısından alınacak önlemler	35
9.3.2 Kullanıcılar açısından alınacak önlemler	36
9.4 Cep Telefonlarıyla İlgili Son Gelişmeler	37
10. GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	46
11. DENEYLER	47
11.1 Alet Hakkında Bilgi	47
11.2 Yapılan Ölçümlerin Yöntemi	51
11.3 Yapılan Ölçümler	57
12. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	78
EK 1	78
ÖZGEÇMİŞ	80

SİMGE LİSTESİ

λ	Dalga boyu
B	Boşluktaki manyetik alan
C	Işık hızı
D	Deplasman vektörü
dW	Soğurulan enerji
F	Frekans
H	Madde içindeki manyetik alan
J	Akık yoğunluğu
m	Kütle
N	Ortamın kırılma indisi
t	Zaman
V	Hacim
ϵ_0	Boşluğun geçirgenliği
ϵ	Elektro motor kuvvet
Φ	Magnetik akı
ρ	Yük yoğunluğu
σ	İletkenlik

KISALTMA LİSTESİ

EEG	Elektroansefalografi
EMA	Elektromanyetik Alan
SA	Özgöl Soğurulma
SAR	Özgöl Soğurulma Hızı
IRPA	The International Protection Association
ANSI	American National Standarts Institute
RF	Radyofrekans
CNS	Cardiovascular Noratic Sendrom
ATL	Akkor Telli Lambalar
FL	Floresan Lambalar
GSM	Global System Mobile
MTSO	Mobile Telephone Switching Office
INSE	American National Standart Institute
IEEE	Institute Of Electrical and Electronics Engineers
ICNIRP	The International Commission on Non Ionizing Radiation Protection
NCRP	The National Council on Radiation Protection and Measurement



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrum dağılımı	3
Şekil 3.1 Noktasal yükün elektrik alanı	11
Şekil 3.2 Sonsuz telin manyetik alanı	11
Şekil 3.3 Kondansatör devresi	12
Şekil 8.1 Magnetik alanın bilgisayardan yayılışı.....	31
Şekil 8.2 Elektrik alanın bilgisayardan yayılışı.....	31
Şekil 9.1 1000W Düşük kazançlı bir ERP anteninin RF yayını.....	44
Şekil 9.2 1000W Düşük kazançlı bir ERP anteninin RF yayınlayan antene yakın yük yoğunluğu	44
Şekil 9.3 Yüksek kazançlı 1000W ERP anteninin RF yayınları	45
Şekil 11.1 HI-3604 Manyetik alan	47
Şekil 11.2 HI-3604 Elektrik alan	48
Şekil 11.3 1000 Amper taşıyan tipik 345 kV taşıma hattı için alan dağılımı	49
Şekil 11.4 Hat altında kalan bir kişinin kafatasında oluşan elektrik alan konsentrasyonu	49
Şekil 11.5 Elektrik alanın ölçüm şeklinin gösterimi.....	51
Şekil 11.6 Magnetik alanın ölçüm şeklinin gösterimi	52
Şekil 11.7 Yatak odası planı.....	53
Şekil 11.8 Salon planı	54
Şekil 11.9 Banyo planı	55
Şekil 11.10 Mutfak planı.....	56
Şekil 11.1137 Ekran TV (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri.....	57
Şekil 11.12 37Ekran TV (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	58
Şekil 11.13 Bilgisayar (A/m)) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	59
Şekil 11.14 Bilgisayar(V /m)) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	60
Şekil 11.15 Bulaşık makinası (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	61
Şekil 11.16 Bulaşık makinası (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	62
Şekil 11.17Buzdolabı (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	63
Şekil 11.18Buzdolabı (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	64
Şekil 11.19Çamaşır makinası (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	65
Şekil 11.20Çamaşır makinası (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	66
Şekil 11.21 Fırın . (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	67
Şekil 11.22 Fırın . (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	68
Şekil 11.23 72 Ekran TV (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri.....	69
Şekil 11.2472 Ekran TV (V /m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri.....	70
Şekil 11.25ermosifon (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	71
Şekil 11.26Termosifon (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri	72

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

4.1 IRPA RF ışımasının mesleki etkilenme sırrı	17
4.2 IRPA RF ışımasının genel halk sağlığı için etkilenme sırrı	18
5.1 EM dalgaların vücut dokularındaki direnci	19
5.2 Değişik tip derilerin gösterdikleri dirençler	19
5.3 Elektrik tehlikeleri bakımından gerilim	20
5.4 Mikrodalga frekanslarda yüksek oranda su bulunduran dokularda elektriksel özellikler	22
5.5 Mikrodalga frekanslarda düşük oranda su bulunduran dokularda elektriksel özellikler	22
7.1 Taşıma hattının altında bulunan bir insan vücudun çeşitli bölümlerinde oluşan elektrik alanı ile indüksiyon akımlarının diğerleri	28
8.1 Evde kullanılan bazı elektrik cihazlarının oluşturduğu elektrik manyetik alanı şiddetleri	33
9.1.Cep telefonlarıyla ilgili istatistiki çalışma sonuçları	35
9.2.1999 Yılında Vancuver’de yapılan maximum RF ölçümler	41
9.3.Cep telefonu baz istasyonu standartları	41
10.150/60 Hz Elektrik ve Manyetik alanlara Maruziyet limitleri	46

ÖNSÖZ

Tezimin danışmanlığını üstlenerek çalışmam boyunca beni yönlendiren ve desteğini her zaman arkamda hissettiğim değerli hocam Prof.Dr.Şenel BOYDAĞ'a teşekkür ederim. Ayrıca kaynak taraması esnasında yardımlarını benden esirgemeyen Prof.Dr.Nurfer GÜNGÖR' e teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalar sırasında bana ölçü aleti temini ve bu alandaki deneyimi ile yardımlarını esirgemeyen Doç.Dr Nurettin UMURKAN'a teşekkür ederim. Bana her zaman moral ve destek veren sevgili arkadaşım Zeynep GÜVEN'e teşekkür ederim. Çalışmam esnasında bana her zaman güvenen ve inanan aileme ne kadar teşekkür etsem azdır.

Tezimin yazma aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen Ergun AKTÜRK, Yüksel ve Duygu GÜCÜK, Kağan ŞENYÜZ, Çiğdem GÜLŞEN, Hale ve Ömer KABAKÇIOĞLU'na teşekkür ederim.



ÖZET

Yeni bin yıla girerken yaşamakta olduğumuz çevre kirliliği, gürültü kirliliği, etik kirlilik gibi sorunlar yanına bir yenisi elektromanyetik kirlilik eklenmiştir. Özellikle son yıllarda cep telefonlarının kullanımının baş döndürücü bir hızla artması, her yıl binlerce yeni baz istasyonunun planlanmasını ve kullanılmasını gündeme getirmektedir.

Tezin birinci bölümünde elektromagnetik kirlilik ve etkileri, elektromagnetik dalgalar ve temel denklemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Tezin diğer bölümünde ise özgül soğurulma, elektromanyetik alanların dokularda değişik frekans aralıklarına etkileri hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca radyofrekans alanların vücut üzerindeki etkileri incelenmiştir. Evlerimizde kullandığımız aletlerin risk analizi araştırılmıştır.

Hayatımızı kolaylaştırmayı hedefleyen teknolojik gelişmelerin en son ürünü olan cep telefonlarının insan organizmasına yapacağı etkiler üzerinde yapılan çalışmalar gözden geçirilmiş, IRPA' nın verdiği elektrik ve manyetik alanlara maruziyet limitlerinden bahsedilmiştir.

Tezin son bölümünde ise evlerde kullanılan elektrikli cihazlarda mevcut elektrik ve manyetik alan seviyelerinin yapılan ölçüm sonuçları grafikler ve tablo halinde verilmiş, hesaplanan değerler daha önce yapılan çalışmalar ve ilgili standartların limitleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik, magnetik, elektromagnetik, alan, etki, yüksek, gerilim, hat, EMF, kanser, sınır, değer

ABSTRACT

While we are about to celebrate the new millennium a new type of pollution has been added to environmental noise pollution and moral pollution that is called electromagnetic pollution. Planning to build and use thousands of new base stations every year become essential as the usage of mobile phones are increasing invreadably fast.

The first part of the thesis deals with electromagnetic pollutions and its effects, and also brief information is given on electromagnetic field and fundamental equations of electromagnetic.

The other part of the thesis includes the information on specific abrobision and the effects of em fields on tissue between the various frequency ranges. Furthermore, the effecets of radio frequency fields on human body have been investigated. The risk analysis of household instruments has been studied.

Possible effects of one of the latest high-tech product mobile telephones that mend to make our life easier, are probed. Electric and magnetic exposure limits by IRPA are focused.

The final part of the thesis includes the tables and graphics of measurement conclusions of available electrics and magnetic field level on electrical instruments used at home. The calculated measurements have been compared to those of previous studies and related standard limits.

Keywords: Electric, electromagnetic, field, effect, high, voltage, line EMF, cancer, limit, value

ELEKTROMANYETİK DALGALARIN İNSAN VÜCUDU ÜZERİNDEKİ BİYOLOJİK ETKİLERİ

1.GİRİŞ

Endüstrileşme ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak elektrik enerjisinin kullanımı ve gereksinimi giderek artmakta bunun sonucunda insanlar, hayvanlar ve bitkiler kısacası tüm çevre elektromanyetik kirlenmenin etkisi altında kalmaktadır. Elektromanyetik kirliliğe diğer çevre kirliliklerinin aksine gözle görülmemesi ve etkilerinin hemen ortaya çıkmaması nedeniyle yeterli önem verilmemekte ve gözardı edilmektedir.

Bütün elektrikli cihazlar, gerilim ve akım miktarına bağlı olarak ,yani güçleri oranında çeşitli frekans kademesinde elektromanyetik alan meydana getirirler.

Elektromanyetik alan kaynağı olarak, televizyon, elektrikli traş makinası, elektrikli battaniye, bilgisayar monitörü, fotokopi makinası, mikro dalga fırınlar, mutfak robotu gibi günlük hayatta kullanılan daha bir çok cihaz örnek olarak verilebilir.

Bu cihazlardan uzak olduğumuzda bu sefer de çevremiz, şehrimize elektrik enerjisi taşıyan yüksek gerilim hatlarının doğurduğu elektromanyetik alanlarla kuşatılmıştır. Enerji iletim hatları , örnek olarak verilen günlük kullanım cihazlarına oranla çok daha fazla (yaklaşık 100-1000 kat) bir kirlenme meydana getirmektedir.

Günümüzde özellikle büyük kentlerde, çarpık kentleşme ve plansız yapılaşmanın sonucu olarak, yüksek gerilimli enerji iletim hatları ve indirici trafo merkezleri konutlarla içiçe bulunmaktadır. Bu konutlarda yaşayan insanlar yüksek seviyeli elektromanyetik alanlara maruz kalmaktadır.

Elektromanyetik alanlar hassas cihazlar üzerinde de etki yaparak bunların doğru çalışmasını engeller, parazit oluşturur, göstergeleri bozarak hatalı değerler okunmasına neden olur.Bu duruma örnek olarak, hastanelerin ameliyathane ve yoğun bakım ünitelerindeki hassas cihazlar verilebilir. Hastanenin trafo merkezi ve güç kablolarının konumu bu durum üzerinde etkili olmaktadır. Bu gibi olumsuz etkileri önlemek için elektrik ve manyetik alan ekranlaması yapılması gereklidir.

Hayatımızı kolaylaştırmayı hedefleyen teknolojik gelişmelerin en son ürünlerinden biri olan ve ülkemizde de geniş bir kullanıcı kitlesi bulunan cep telefonları, sürekli elektromanyetik radyasyon yayan araçlardır. Bu tür cihazlar yaşamımızı büyük ölçüde kolaylaştırmakta ancak

evreyeye çıplak gözle göremediğimiz, duyularla fark edemediğimiz radyasyonu da yaymaktadır.

Elektromanyetik alanlar (EMA) insan organizmasında büyük ölçüde karışıklığa neden olabilirler. Bedeni fonksiyonların hepsi 1-250 μV arası çok küçük gerilimli elektrik uyarıları ile devam eder.

İnsan sinir sistemi 500.000 km uzunluğu 25 milyar sinir hcreti ile dev bir elektriksel donanımaya sahip muazzam bir elektronik sistemdir. EMA'nın dışarıdan bu hassas sistemi etkilemesi durumunda, doğal sirkulasyon zarar görebilir. Dolaşım sistemi ve sinir sisteminde buna bağlı bozukluklar ortaya çıkabilir. Vücudun bağışıklık sisteminin sürekli zayıflamasının "Kanseri artıran bir etki" yapacağı da artık tıp tarafından kabul edilmiş konulardandır.

Çevremizde oluşan elektromanyetik alanların sınır değerleri araştırılarak güvenlik standartları oluşturulmaktadır. Bu alanda pekçok ülkede sayısız araştırma yapılmış ve bazı değişimler gözlemişlerdir. Örneğin, ocuklarda kan kanseri riskinin artması, kan tablosunun değişmesi, baş ağrısının ve baş dönmelerinin çoğalması elektromanyetik ışımaya bağlanmıştır. Bunun yanında saniyede 2,5 milyar elektromanyetik titreşim üreten mikrodalga fırın yakınında kalp atışının değiştiği de bilinmektedir.

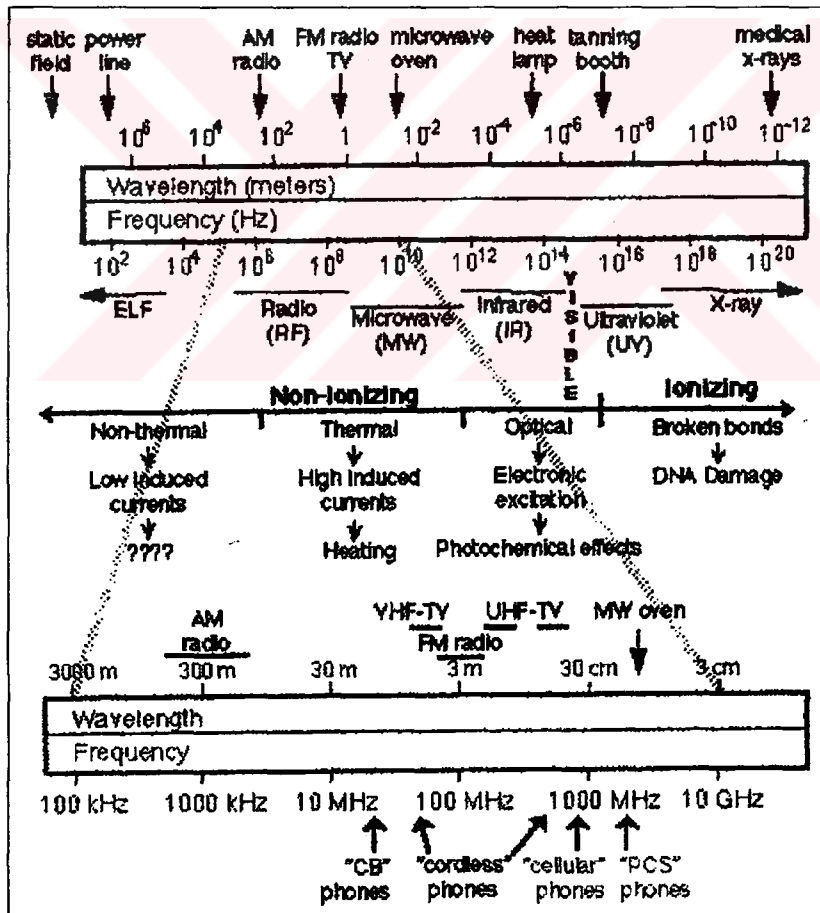
2. ELEKTROMAGNETİK DALGALAR

Işıma (radyasyon), enerjinin dalga (ya da parçacık) biçiminde uzayda yayılması olarak tanımlanır. Elektromanyetik ışıma da elektrik ve manyetik olan dalgalarının uzayda (birlikte) ilerlemesidir. Bu ilerleme ışık hızıyla olur. Elektromanyetik ışımalarda iki dalga tepesi arasındaki uzaklığa dalga boyu denir. Belli bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısı ise o ışımanın frekansdır ve birimi Hertz (Hz)'dir. Işık hızı ile dalga boyu arasındaki ilişki

$$c = \lambda \cdot f \quad (2.1)$$

formülüyle verilir.

Elektromanyetik ışımanın birçok biçimi vardır. Elektromagnetik dalgalar, frekanslarına göre özel adlarla anılan gruplara ayrılırlar. Bu gruplara kısaca değinilebilir.



Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrum dağılımı [Pehlivan, 1989]

2.1 Radyo Dalgaları

Dalga boyları 30 cm dolaylarından kilometrelere ulaşan bu dalgalar özel elektronik devrelerle elde edilir. Önemli biyolojik etkileri yoktur. Her türlü sinyal iletiminde (radyo, tv., telsiz, vb.) taşıyıcı dalga olarak kullanılırlar.

2.2 Mikrodalgalar

Dalga boyları 50mm-30cm arasında olan bu dalgalar özel elektronik lambalar aracılığı ile elde edilirler ve yine elektronik yöntemlerle sayılabilir. Radar sistemlerinde kullanıldıkları için bu dalgalara radardalgaları denilir.

Mikrodalgaların insan vücudu üzerindeki olumsuz etkileri arasında göz merceğinde saydamlığın bozulması, sinir sisteminde ve dolayısı ile EEG (Elektroansefalografi) desenlerinde değişimler sayılabilir. Çevrede 10mW/cm^2 'den şiddetli mikrodalga ışımlar varsa, bu ışımların canlılar için uygun olmadığı kabul edilmektedir.

Bu olumsuz etkileri yanında, frekansı 2,45 GHz olan mikrodalgalar, ısıtma amacı ile fizik tedavide kullanılmaktadırlar.

2.3 Kızıl Ötesi Işınlr

Dalga boyları 0,8 m-125 m arasında değişen elektromagnetik dalgalar kızılötesi ışınlar ya da ısı ışınları olarak adlandırılır. Güneş ışığı spektrumunda bulunurlar ve sıcak cisimlerin yüzeylerinden salınırlar.

2.4 Görünür Işık

Dalga boyları 360nm- 800nm arasında olan bu ışınlar, güneş spektrumunda bulundukları gibi atomların ısı etkisinde uyarılmaları sonucunda salınırlar.

Görünür ışık gözle algılanabildiği gibi, fotoğraf kağıtlarına etkileri, fotoelektrik olay gibi etkilere dayalı olarak geliştirilen özel elektronik elemanlar yardımı ile de dedekte edilebilirler. Atomlardaki elektronik enerji düzeylerinin değişmesi ile salınırlar veya soğrulurlar. Güneş ışığı içindeki görünür ışık , fotosentez yolu ile yerdeki hayatın temel enerji kaynağıdır. Görünür ışık salma ve soğurma spektrumlarının spektrofotometrik olarak incelenmesi ,en önemli madde analiz yöntemlerinden biridir.

2.5 Morötesi Işınlr

Dalga boyları 60nm (6×10^{-8} m) - 380nm (3.8×10^{-7} m) arasında olan bu ışınlar güneş spektrumunda bulunurlar. Gaz boşalma tüpleri ile, metallere orta hızda elektron çarpması ile

elde edilirler. Atomlarda elektronik enerji düzeyleri arasındaki geçişlerle ilgili olan morötesi ışınları, fotoğraf plakları ile elektronik devre elemanları üzerine etkileri ile dedekte edilirler.

Dünyadaki ilk organik moleküllerin sentezinden, o zamanlar ozonsuz olan atmosfer tabakasını geçip yere ulaşan güneş ışığındaki morötesi ışınların sorumlu olduğu ileri sürülmektedir. Sonraları oluşan ozon tabakasının, güneşten gelen morötesi ışınları büyük oranda soğurarak , yerküre üzerindeki hayatı koruyan bir kılıf olduğu bilinmektedir. Ancak son yıllarda, çevre kirliliğinin bir sonucu olarak ozon tabakasının yer yer delindiği, yerküredeki hayatın morötesi ışınların tehdidi altında olduğu kabul edilmektedir.

Uzmanlarca az miktarda morötesi ışın alınması, D vitamini sentezi ve kemik gelişimi için gerekli görülmektedir. Ancak fazla alınmaları zararlıdır. Protein ve nükleik asitler, morötesi ışınları karakteristik bir şekilde soğurduklarından, şiddetli morötesi ışımasının bazı deri kanserlerine neden olduğu saptanmıştır. Civa, ark lambalarından elde edilen morötesi ışınlar kliniklerde, yiyecek endüstrisinde virüs ve bakteri öldürmede kullanılmaktadır.

2.6 X Işınları

Dalga boyları 10^{-13} – 10^{-8} m arasında olan x ışınları, yüksek enerjili elektronların metal bir yüzeye çarpmaları sonucu elde edilirler. Hızlı elektronların atom çekirdeği yakınlarına kadar girip burada frenleyici bir ivme etkisinde kalmaları sonucu, sürekli x- ışınları oluşmaktadır.

X ışınları biyolojik malzeme içinden geçerken, biyomoleküllerde iyonlaşma ve uyarılmalar olabilir, sonuçta hücre bozulabilir veya ölebilir. Ayrıca hücreler, x ışınlarından doğrudan etkilenmeseler de, ışımanın hücre çevresinde meydana getirdiği kimyasal değişikliklerden etkilenerek de bozulabilir veya ölebilirler.

2.7 Gama Işınları

Radyoaktif izotopların çekirdek dönüşümlerinde ortaya çıkan ışınlarının dalga boyları 10^{-14} – 10^{-10} m arasındadır. Girginlikleri çok fazladır. İyonlaşma odaları ve fotoğraf kağıtlarına etkileri ile saptanabilirler.

Gama ışınlarının özellikleri ve etkileri x ışınları ile hemen hemen aynıdır [Pehlivan,1989].

3. ELEKTROMANYETİZMANIN TEMEL DENKLEMLERİ

3.1 Serbest Yük veya Akım Bulunmayan Bölgelerde Maxwell Denklemleri

$$\begin{aligned}
 (i) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= 0 & (iii) \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\
 (ii) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 & (iv) \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} &= \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Bu denklemlerde yer alan

E =Elektrik alan

B =Boşluktaki manyetik alan

μ_0 = Boşluğun magnetik geçirgenliği $= 4\pi \cdot 10^{-7} N / A^2$

ϵ_0 = Boşluğun geçirgenliği $= 8,85 \cdot 10^{-12} C^2 / N.m^2$

şeklindedir.

Bu denklemler, $\vec{E}$ ve $\vec{B}$ 'ye göre, birinci dereceden kısmi diferansiyel denklem sistemi oluştururlar. Yukarıda belirtilen (iii) ve (iv) denklemleri hep $\vec{E}$ ve $\vec{B}$ 'ye birlikte bağlıdır. Bu bağılıktan kurtularak sadece tek değişkene bağlı bir diferansiyel denklem elde etmek için (iii) ve (iv) ifadelerinin rotasyonelleri alınabilir.

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = \vec{\nabla} \times \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = -\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) - \nabla^2 \vec{B} = \vec{\nabla} \times \left(\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = -\epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$$

Boşlukta $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ olduğundan,

$$\nabla^2 \vec{E} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \nabla^2 \vec{B} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \tag{3.2}$$

Böylece $\vec{E}$ ve $\vec{B}$ için ayrı ayrı denklemler elde edilir. Ancak böyle denklemlere geçilmesi ile denklemlerin mertebesi bir artmıştır.

$\vec{E}$ ve $\vec{B}$ 'nin herbir bileşeni

$$\nabla^2 f = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \quad (3.3)$$

Şeklinde tanımlı klasik dalga denkleminin form olarak uymaktadır. İfade edilen (3.2) denklemleriyle (3.3) denkleminin kıyaslamasından v ifadesi

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilir. Buradan v 'nün c ışık hızına eşit olduğu görülür. Bu sonuç olağanüstüdür, zira buna göre ışık da bir elektromagnetik dalga olmalıdır

Madde içinde, yine serbest yük veya serbest akım bulunmayan bölgelerde, Maxwell denklemleri şöyle olur :

$$\begin{aligned} (i) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{D} &= 0 & (iii) \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ (ii) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 & (iv) \quad \vec{\nabla} \times \vec{H} &= \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \end{aligned} \quad (3.5)$$

$\vec{D}$ = Deplasman vektörü $\vec{H}$ = Madde içindeki manyetik alan

Eğer ortam *lineer* ise

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}, \quad \vec{H} = \frac{1}{\mu} \vec{B} \quad (3.6)$$

ve homojen ise (yani, ϵ ve μ sabitleri bir noktadan diğerine değişmiyorsa) (i),(ii),(iii),(iv) denklemleri şöyle olur :

$$\left. \begin{aligned} (i) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= 0 & (iii) \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ (ii) \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 & (iv) \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} &= \epsilon \mu \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

Bu denklemlerin konunun başında verilen denklemlerden tek farkı $\varepsilon_0\mu_0$ yerine $\varepsilon\mu$ gelmiş olmasıdır. O halde, lineer ve homojen bir madde ortamında elektromagnetik dalgaların hızı

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \quad (3.8)$$

şeklindedir.

Saydam ortamlarda $\mu \approx \mu_0$ ve $\varepsilon > \varepsilon_0$ olduğundan, ışık madde içinde daha yavaş ilerler. Hız ortamın n kırılma indisi cinsinden

$$v = \frac{c}{n} \quad c=\text{Işık hızı} \quad n=\text{Ortamın kırılma indisi} \quad (3.9)$$

şeklinde ifade edilir.

Buna göre ortamın kırılma indisi elektrik ve magnetik özelliklerine bağlı olarak

$$n = \sqrt{\frac{\varepsilon\mu}{\varepsilon_0\mu_0}} \quad (3.10)$$

şeklinde yazılabilir.

Kırılma indisi gelen ışığın dalga boyuna (yani rengine) göre değişir. Bir prizmada ya da gökkuşağında ışığın dispersiyonu bundan kaynaklanır. Daha sonra göreceğimiz gibi, dalga boyuna bağlılığın da elektromanyetik açıklaması yapılabilir.

Bu bölümde elektromanyetik dalga teorisi incelenerek yansıma, kırılma, polarizasyon, soğurma ve dispersiyon olaylarını açıklayarak Maxwell denklemleriyle optik arasında bir köprü kurulması amaçlanmaktadır. [Griffiths,1996].

3.2.Faraday Yasası

3.2.1.Elektromagnetik indüksiyon

Sabit magnetik alan içinde iletken bir çerçeveyi hareket ettirdiğinizde oluşan (elektromanyetik kuvvet) için akı kuralı

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (3.11)$$

şeklindedir. Burada Φ = Magnetik akıdır.

Çerçeve sabit tutulup mıknatıs zıt yönde hareket ettirildiğindeki durum deneysel olarak Faraday tarafından gözlenmiştir .Klasik elektromagnetik teori çerçevesinde bu olgu önemli sonuçlar doğurur. Eğer çerçeve hareket ediyorsa emk magnetik kuvvet tarafından oluşturulur ; fakat çerçeve durgunken mıknatıs hareket ediyorsa kuvvet magnetik kökenli olamaz durgun yükler üzerinde magnetik kuvvet yoktur. Bu durumda , itici kuvvet bir elektrik alandan kaynaklanmalıdır. Ama elektrostatik türden olmayan bir elektrik alan olmalıdır. Çünkü elektrostatik alanın emk oluşturamayacağı $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ formülünden bilinmektedir. Bu yeni tür elektrik alan mıknatısın hareket ediyor olmasından, yani magnetik alanın değişiyor olmasından kaynaklanmalıdır. O halde değişen magnetik alan bir elektrik alan oluşturur.

Bu emk durgun magnetik alanda hareket eden çerçevenin emk'sine eşit olduğuna göre,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (3.12)$$

ifadesi yazılabilir . Bu , Faraday yasasının integral ifadesidir. Bu denklemin diferansiyel ifadesi Stokes teoremi yardımıyla bulunabilir:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{a} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{a} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{a} \quad (3.13)$$

Burada yüzey integrallerinin eşitliğinden

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3.14)$$

sonucu yazılabilir.

Eğer magnetik alan sabitse, $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ veya $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ olur, yani statik durumu elde edilir.

Yukarıda sözü edilen iki deney aynı formülü ($\varepsilon = -d\Phi/dt$) sağladıkları için birbirlerine eşdeğer gibi görünse de, fiziksel açıklamaları tümten farklıdır: Çerçeve hareket ettiğinde, Lorentz kuvveti oluşur ve emk, magnetik kuvvvetten kaynaklanır. Mıknatıs hareket ettiğinde ise, Faraday yasasına göre, emk elektriksel kuvvetten kaynaklanır. Bu açıdan bakıldığında, iki farklı sürecin aynı emk'ye yol açması gerçekten şaşırtıcıdır.

Hareket kaynaklı emk ile Faraday emk'sı arasındaki paralelliği gösterebilmek için, ikinci deneyde mıknatısın hareket ettiğini söyledik. B'deki değişimin nedeni ne olursa olsun, Faraday yasası geçerlidir. Bu değişme mıknatısın hareketinden kaynaklanabilir veya mıknatısın şiddeti değişebilir. İletken çerçeve magnetik alanın neden değiştiğini bilemez.

Önemli olan çerçeve içinden geçen magnetik akının değişmesidir. Böyle olduğunda magnetik alan değişmesine eşlik eden bir elektrik alan oluşur.

Faraday yasasındaki eksi işaretini doğru kullanmak üzere Lenz Kuralı konulmuştur. “İndüksiyon yoluyla oluşabilecek akım, kendisini doğrudan magnetik akıdaki değişikliğe karşı koyacak yönde olur.”

Akı azalıyorsa, oluşan akımın magnetik alanı , akıyı artıracak yönde ; akı artıyorsa akım ters yönde oluşur. İndüksiyon akımı, akımın kendisine değil, akıdaki değişmeye karşıdır. Faraday indüksiyonu bir tür “eylemsizlik olayı”dır : İletken bir çerçeve kendi içindeki akımın sabit olmasını ister. Akı değiştiğinde, çerçeve bu değişmeye karşı koyacak yönde bir akı oluşturarak yanıt verir [Griffiths,1996].

3.3 Manyetostatik ve Elektrostatiğin Karşılaştırması

Elektrostatik alanın diverjans ve rotasyoneli ;

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (\text{Gauss yasası})$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 \quad (\text{Adı yok})$$

şeklindedir.

Bu iki denklem elektrostatiğin Maxwell denklemleridir. Yük yoğunluğu ρ verilmişse, yüklerden çok uzakta $\vec{E} \rightarrow 0$ koşulunda kullanılarak, iki denklemden elektrik alan bulunabilir.

Magnetostatik alanın diverjans ve rotasyoneli şöyleydi:

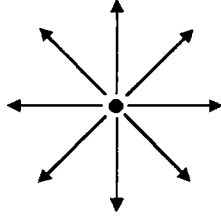
$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{Adı yok})$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} \quad (\text{Ampere yasası}) \quad \vec{J} = \text{Akım vektörü}$$

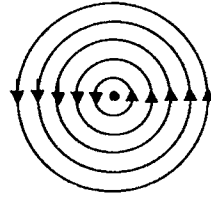
Bu denklemlerde Magnetostatiğin Maxwell denklemleri olurlar. Yine, akımlardan çok uzakta $\vec{B} \rightarrow 0$ koşuluyla birlikte, iki denklem magnetik alanı bulmaya yeterlidir. Biot-Savart yasasındaki bilgiye eşdeğerdirler. Maxwell denklemleri

$$\vec{F} = Q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (3.15)$$

olan Lorentz kuvvetiyle birlikte elektrostatik ve magnetostatiğin temel yasalarını en güzel şekilde ifade ederler.



Şekil 3.1 Noktasal Yükün elektrik alanı



Şekil 3.2 Sonsuz telin magnetik alanı

[Griffiths, 1996]

Elektrik alan çizgileri pozitif yükten ıraksar; magnetik alan çizgileri akım çevresinde dolanır. Elektrik alan çizgileri pozitif yükten başlar, negatif yükte biter; magnetik alan çizgileri hiçbir yerden başlamaz veya bitmez; ya kapalı bir eğri oluşturur, ya da sonsuza giderler. Başka bir deyişle, $\vec{E}$ alanının tersine, $\vec{B}$ alanı için noktasal bir kaynak yoktur. Elektrik yükün magnetik karşılığı yoktur. $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ ifadesinin fiziksel anlamı budur. Coulomb ve diğer öncüler magnetik monopol denilen “magnetik yük” ün varlığına inanıyorlardı. Tüm magnetik etkilerin, elektrik yüklerinin hareketinden kaynaklandığı fikrini ilk ortaya atan Ampere oldu. Günümüzdeki anlayışa göre Ampere hala haklı görünüyor. “Klasik elektro magnetik teoride $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$, yani magnetik monopol yoktur.”

O halde, hareket eden bir yük magnetik alan oluşturabilir ve bundan etkilenen diğer yük de hareketli olmalıdır. Kaynak yük hareketsiz ise ($\vec{B} = 0$) veya test yükü hareketsiz ise ($\vec{v} = 0$), (3.15) formülü ile verilen Lorentz kuvveti $\vec{F} = Q\vec{E}$ şeklinde basitleşir.

Tipik olarak elektriksel kuvvetler magnetik kuvvetlerden daha büyük mertebede olurlar. Bunu teoriye bakarak göremezsiniz, evrensel ϵ_0 ve μ_0 sabitlerinin büyüklükleri bundan sorumludur [Griffiths, 1996].

3.4 Maxwell Denklemleri

Buraya kadar ki bölümlerde elektrik ve magnetik alanların diverjans ve rotasyonelleri için ifade edilen yasalar

(i)	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	(Gauss yasası)	
(ii)	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$	(adı yok)	(3.16)
(iii)	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	(Faraday yasası)	
(iv)	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$	(Ampere yasası)	

ifadelerinde toplanabilir. Maxwell araştırmasına başladığı sıralarda elektromagnetik teori bu denklemlerle biliniyordu. Fakat bu denklemlerde önemli bir eksiklik göze çarpmaktadır.

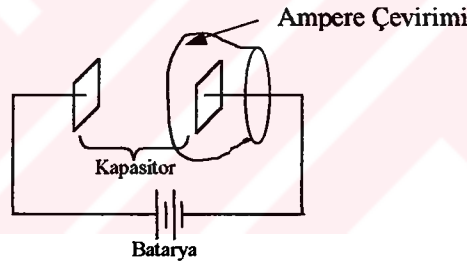
Bunu görebilmek için elektrik alanın rotasyonelinin diverjansı alınır. Çünkü bir ifadenin rotasyonelinin diverjansı sıfırdır.

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = \vec{\nabla} \cdot \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) \quad (3.17)$$

İfade edilen (3.17) denkleminin sağ tarafı (ii) denklemine göre sıfır olur. Burada bir çelişki yoktur. Fakat (iv) denklemine aynı işlem uygulanırsa sorun ortaya çıkar:

$$\vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \mu_0 (\vec{\nabla} \cdot \vec{J}) \quad (3.18)$$

Sol taraf özdeş olarak sıfırdır. Fakat sağ taraf her zaman sıfır olmayabilir. Kararlı akımlar için $\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0$ olduğu doğrudur. Fakat magnetostatik dışında çıkıldığında Ampere yasası doğru olmaz .



Şekil 3.3 Kondansatör devresi

Ampere yasasının değişken akımlar için hatalı olduğunu görmenin başka bir yolu daha vardır. Bir kondansatörün yüklendiği devreyi gözüne alalım .Ampere yasasının intergral ifadesi

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{iç} \quad (3.19)$$

şeklindedir .Bu yasayı şekil 3.3’de gösterilen kapalı Ampere çevrimi üzerinde uygularsak $I_{iç}$ ne olur? Bu eğriyle sınırlı bir yüzeyi kesen akım olur . Böyle bir yüzeyin en basit seçimi , eğri içinde kalan düzlem yüzeydir – tel bu düzlemi kestiği için $I_{iç} = I$ olur ve beklenen sonuç bulunur. Fakat şekil 3.3 ‘deki torba şeklindeki yüzey seçilirse ne olur? Bu yüzeyi kesen hiçbir akım yoktur ve $I_{iç} = 0$ olur! Magnetostatikte böyle bir sorunla karşılaşılmamıştı.

Çünkü orada yüklerin bir yerlerde birikmesi söz konusu değildi; kararlı olmayan akımlar için “eğri içinde kalan akım” kavramı belirsiz bir kavramdır ve eğriyle sınırlı yüzeyin seçimine göre değişir.

Ampere yasasının manyetostatik dışında geçerli olması zaten beklenmezdi , çünkü Biot-Savart yasasından çıkarılmıştı . Fakat Maxwell’ in yaşadığı devirde Ampere yasasının daha genel olmasını engelleyen deneysel bir kanıt yoktu. Bu teorik bir tutarsızlıktı ve Maxwell bunu teorik bir yaklaşımla çözmüştür.

Çelişki denklemin sağ tarafından kaynaklanmaktadır; bu terimin sıfır olması gerekirdi, ama değildir. Süreklilik denklemi ve Gauss yasası kullanılarak, bu terimi şöyle yazabiliriz :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t}(\epsilon_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{E}) = -\vec{\nabla} \cdot \left(\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \quad (3.20)$$

Bu durumda parantez içindeki ifadenin ters işaretlisi Ampere yasasının sağ tarafında eklenirse eşitlik sağlanabilecektir .

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (3.21)$$

Böyle bir değişiklik elektrostatik veya manyetostatik açıdan hiçbir değişikliğe yol açmaz. Çünkü $\vec{E}$ sabit olduğunda, $\partial \vec{E} / \partial t = 0$ olur ve $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ Ampere yasası bulunur.

Değişken magnetik alanın indüksiyon magnetik alan oluşturabileceği ortaya çıkıyor. Maxwell teorisini doğrulayan kanıt 1888’ de Hertz tarafından elektromagnetik dalgaların bulunmasıyla elde edildi. Maxwell bu ek terime deplasman akımı adını verdi ve bu akımı

$$\vec{J}_d = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (3.22)$$

şeklinde tanımladı.

Bu terim pek uygun sayılmayabilir; çünkü $\epsilon_0 \partial \vec{E} / \partial t$ ‘nin akımla bir ilgisi yoktur, sadece Ampere yasasında $\vec{J}$ ‘nin yanında yer alır. Bu terim katıldığında , yukarıdaki kapasitör örneğindeki çelişkinin nasıl halledildiği gösterilebilir. Kapasitör levhaları arasındaki uzaklık çok küçükse , elektrik alan düzgün kabul edilebilir.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{A} \quad (3.23)$$

Burada σ yüzeysel yük yoğunluğu, A levhalarından birinin yüzey alanı ve Q üzerindeki toplam yüküdür. Buna göre, levhalar arasındaki elektrik alanın zamana göre değişimi

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{1}{\epsilon_0 A} \frac{dQ}{dt} = \frac{I}{\epsilon_0 A} \quad (3.24)$$

şeklindedir. Öte yandan (3.21) denkleminin integral ifadesi

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{i\varphi} + \epsilon_0 \mu_0 \int \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{a} \quad (3.25)$$

şeklinde yazılabilir.

Yüzey integrali için düzlem yüzey seçilirse $E = 0$ ve $I_{i\varphi} = I$ olur. Torba şeklinde bir yüzey seçilirse, $I_{i\varphi} = 0$, fakat bu kez $\int \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{a} = I/\epsilon_0$ olur. Yani , hangi yüzey kullanılırsa kullanılsın , aynı sonuç bulunur. Fakat , birinci yüzeyde gerçek akım , ikincide ise sadece deplasman akımı vardır [Griffiths,1996].

4. ÖZGÜL SOĞURULMA

Özgül soğurulma SA (Specific Absorption) , biyolojik dokunun birim kütlesi tarafından soğurulan enerji miktarıdır. dm olan kütlesi tarafından soğurulan enerji dW ise özgül soğurma

$$SA = \frac{dW}{dm} \quad (4.1)$$

'dir. Kütlenin $dm = \rho dV$ olduğu gözönüne alınırsa, özgül soğurulma (4.1) denklemi

$$SA = \frac{dW}{dm} = \frac{dW}{\rho dV} \quad (4.2)$$

şeklinde verilebilir.

SA'nın birimi J/kg'dır. Öte yandan ρ ise (kg/m^3) cinsinden vücut yoğunluğunu göstermektedir [Dinçer,2000].

4.1 Özgül Soğurulma Hızı, SAR (Specific Absorption Rate)

Özgül soğurulma oranı SAR (Specific Absorption Rate) , vücut dokuları tarafından soğurulan enerjinin soğurulma hızıdır. Buna göre (4.1) denkleminin zamana göre türevi alınırSA SAR

$$SAR = \frac{d(SA)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dW}{dm}\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dW}{\rho dV}\right)}{dt} \quad (4.3)$$

olarak bulunur. Özgül soğurulma hızının birimi (W/kg)'dır.

Ayrıca özgül soğurulma, (4.3) ifadesine göre SAR'ın zamana göre integraline eşittir.

$$SA = \int_0^t (SAR) dt \quad (4.4)$$

SAR aşağıdaki bağıntılar kullanılarak bulunabilir.

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

$$SAR = c_1 \frac{dT}{dt} \quad (4.5)$$

$$SAR = \frac{J^2}{\rho \cdot \sigma}$$

$$SA = \int_0^t (SAR) dt$$

Burada :

E : Vücuttaki elektrik alan şiddetini [V/m]

σ : Vücut iletkenliği [S/m]

c : Vücudun özgül ısı kapasitesi [J/kg.K]

$\frac{dT}{dt}$: Vücut sıcaklığının zaman göre değişim hızı [K/s]

J : Vücutta ısıtım sonucu oluşan akım yoğunluğunu [A/m^2]

temsil eder.

(W/kg)'lık SAR aralığında gözlenen bioetkinin ısı olduğu düşünüldüğünden SAR eşiğinin frekanstan bağımsız olduğu kabul edilmektedir. 4 W/kg'lık bir ışıma maruz bırakılan insanın vücut sıcaklığı 1 °C 'den az yükselmektedir. Bu sıcaklık yükselmesi kabul edilebilir derecededir). EM ıstmasının, insan sağlığı üzerine zararlı etkilerinin başladığı SAR değeri 4W/kg olarak kabul edilir. EM ısıtımın zararlı etkilerinin azaltılması için mesleki temel etkileme sınırı, etkilenme SAR sınırı değerinin 1/10'u olarak alınır. Yani mesleki ortalama etkilenme SAR sınırı, 4/10= 0,4 (W/kg)'dır. Burada güvenlik katsayısı olarak 1/10 alınmıştır. Genel halk sağlığı için güvenlik katsayısı 5 kat daha artırılarak 1/50 seçilmiştir. Yani genel halk sağlığı ortalama etkilenme SAR sınırı , 4/50 = 0,08 (W/kg) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 IRPA RF ışımasının mesleki etkilenme sınırı [IRPA, 1988a]

Frekans Bölgesi (MHz)	rms Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	rms Magnetik Alan Şiddeti (A/m)	Eşdeğer Düzlemsel Dalga Güç Yoğunluğu	
			(W/m ²)	(mW/cm ²)
0.01 – 1	614	1.6/f	-	-
>1 – 10	614/f	1.6/f	-	-
>10 – 400	61	0.16	10	1
>400 – 2000	$3\sqrt{f}$	$0.008\sqrt{f}$	f/40	F/400
>2000 – 300.10 ³	137	0.36	0.36	50

İnsan vücudunda soğurulan enerji dağılımı homojen olmadığından ve EM ışıının etkilenme koşullarına bağlı olduğu için, ortalama SAR kesin sınır değildir. Tüm vücudun ortalama SAR'ı 0,4 (W/kg)'dan az olmasına karşın soğurulan enerji sınırlı sayıdaki dokuda yığılabilir. Bu nedenle yerel sıcaklık yükselmesini önlemek için, vücudun herhangi bir kısmı için ek temel sınır 2W/100 g önerilmektedir. Gözler, EM ışıısında kritik organlardan biridir. Bu nedenle gözlere dikkat edilmesi gerekir. IRPA(The International Protection Association), Uluslararası Işıınımdan Korunma Birliği ve ANSI (American National Standarts Institute), Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü, RF ışıının insan sağlığı üzerine zararlı etkilerinin SAR = 4W/kg'dan daha büyük değerlerde oluştuğunu göz önüne alarak, bu değerin (1/10), yani 0,4 W/kg'ı sınır değer olarak almıştır. Bu değer, RF ışıının mesleki etkilenme sınırı (Occupational Exposure Limits) olarak benimsenmiştir. Bu değer tüm gövde için verilen ortalama SAR değeridir. Bazı koşullarda kol ve bacaklarda yerel SAR 0,4 W/kg'ı aşabilir. Bu nedenle IRPA, yerel SAR sınırı için kol ve bacaklarda 2W/100 g ve vücudun diğer kısımlarında 1W/100 g değerlerini önermiştir. Genel halk sağlığı ışıma sınırı(Exposure limits for the general population) 5 kat daha küçük seçilmiştir. Yani genel halk sağlığı için ortalama etkilenme SAR sınırı 0,08 (W/Kg)'dır.

EM ışıının mesleki etkilenme sınırı Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu değer, 10 MHz – 300 GHz için SAR = 0,4 (W/kg) değerinden türetilmiştir. Bu sınır değeri bir veya birden fazla RF ışıma kaynağı tarafından vücudun bir çalışma günü boyunca, herhangi bir 6 dakikalık periyottaki ortalama etkilenme değeridir. Mesleki etkilenme sınırı, sistemin gerçekleştirilmesinde ve bakımında çalışanların ışımaya karşı korunur olmaları nedeniyle genel halk sağlığı sınırında daha yüksek tutulmuştur.

Çizelge 4.2 . IRPA RF ışımasının genel halk sağlığı için etkilenme sınırı [IRPA, 1988a]

Frekans Bölgesi (MHz)	rms Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Rms Magnetik Alan Şiddeti (A/m)	Eşdeğer Düzlemsel Dalga Güç Yoğunluğu (W/m ²) (mW/cm ²)	
0.1 – 1	87	$0.23/\sqrt{f}$	-	-
>1 – 10	$87/\sqrt{f}$	$0.23/\sqrt{f}$	-	-
>10 – 400	27.5	0.073	2	0.2
>400 – 2000	$1.75\sqrt{f}$	$0.0037\sqrt{f}$	$f/200$	$F/2000$
>2000 – 300.10 ³	61	0.16	10	1

Genel halk sağlığı için RF ışıması 10 MHz'den büyük frekanslarda tüm vücut için herhangi bir 6 dakikalık sürede ortalama SAR = 0,08 W/Kg değerini aşmamalıdır. RF ışımasının genel halk sağlığı için etkileme sınırı Çizelge 4. 2'de verilmiştir. Bu değerler 10 MHz – 300MHz için SAR= 0.08 W/kg değerinden türetilmiştir. Bu sınırlar sürekli veya modülasyonlu bir ya da birden fazla EM ışıma etkisinde kalan tüm vücudun 24 saatlik bir gün sırasında, herhangi bir 6 dakikalık süresindeki ortalama etkilenme değeridir [Dinçer,2000].

5. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Elektromanyetik dalgaların biyolojik canlılarda oluşturduğu zarar mertebelerinin araştırılmasında; vücudun her bölgesinde yer alan ve organlarımızı kat kat çevreleyen dokuların elektriksel davranışlarının bilinmesi önemlidir. Böylelikle elektromanyetik alanda bulunan bir canlının yutabileceği toplam enerji hesaplanabilir.

İnsan vücudu farklı özelliklere sahip çeşitli dokulardan, kemiklerden oluşan bir destekleyici iskelet ve deri denen bir dış zarftan oluşan oldukça karmaşık bir yapıdır. Bu dış zarf içinde vücudun direnci çizelge 5.1 'de verilmektedir.

Çizelge 5.1 EM dalgaların vücut dokularındaki direnci [Şeker ve Çerezci, 1997]

Yumuşak dokularda	100 Ω cm
Kemiklerde	900 Ω cm
Yağ dokularında	5000 Ω cm

Bunun yanında kan taşıyan ve tuzlu sıvıları içeren canlı gövdenin direnci yaklaşık olarak 100 Ω cm, dielektrik sabiti ($k = \epsilon / \epsilon_0$) 80 olan düzgün bir kütle varsayılabilir. İnsan vücudunu çevreleyen deri ikiye ayrılır: alt deri tabakası (dermis) canlı dokuları kapsar, üst deri tabakası (epidermis) da vücudumuzu çevre etkilerinden korur. Alt deri tabakası elektriksel özellikleri bakımından canlı damarsal dokulara benzer. Üst deri tabakası ise en dış katmandaki ölü hücrelerden dolayı canlı dokulara kıyasla çok farklı elektriksel özellik gösterir. İnsan vücudunun akıma karşı direnci daha ziyade deri üzerinde meydana gelir.

Çizelge 5.2. Değişik tip derilerin gösterdikleri dirençler [Şeker ve Çerezci, 1997]

Kuru deri direnci	10 ile 600 Ω arasında değişirken
Islak deri direnci	100 Ω
Elden ayağa dahil vücut direnci	400-600 Ω

Görüldüğü gibi insan vücudunun direncini çok kesin olarak söylemek mümkün değildir. Bütün bu ifadeler istatistiksel değerlerdir. Ayrıca, insan vücudunun direnci üst deri direnci ile damarsal iç gövde dokularının direncinin toplamından oluşur.

İnsan ve diğer canlılar, sonlu bir dirence sahip olduklarına göre elektrik akımını iletirler. Örneğin; 0,02 mA şiddetindeki bir elektrik akımı kalp üzerinden geçtiği takdirde canlının ölümüne neden olabilir.

Çizelge 5.3 Elektrik tehlikeleri bakımından [Şeker ve Çerezci, 1997]

42 volt'a kadar olana gerilimlere → emniyetli alçak gerilim
42-1000 volt'a kadar olan gerilimlere → alçak gerilim
1000 volt'dan yukarı olan gerilimlere → yüksek gerilim

denir [Şeker ve Çerezci, 1997].

5.1 Biyolojik Dokuların Elektriksel Özellikleri

Vücut organlarını oluşturan biyolojik malzemelerin elektriksel özellikleri yıllardır çeşitli nedenlerle araştırılmaktadır. Dokuların elektriği ilettiği, direncin frekansla değiştiği, iletkenliğin iyon hareketinden kaynaklandığı 1900'lü yılların başında anlaşılmıştır. Kas ve sinir dokularının elektriksel özellikleri, bugün dokuların kapasitif özelliği olarak bilinen polarizasyon kavramı yine o yıllarda ortaya çıkmıştır.

1948 yılında Rajewsky ve Schwan tarafından 1- GHz'lık frekans civarında kan dokusunun kompleks dielektrik sabiti bulunmuştur. 1950-1960 yılları arasında, çeşitli dokuların DNA çözücüler ve protein içeren, birçok malzemenin dielektrik özellikleri incelenmiştir.

Dokuların dielektrik özellikleri elektromanyetik dalganın etkisi altında kalma durumunda vücut içinde oluşan iç elektrik alanların hesaplanmasında ve elektromanyetik enerjinin tıbbi uygulamalarının geliştirilmesinde, bu elektromanyetik alanların olası zararlarının incelenmesinde önemlidir. Biyolojik dokuların dielektrik özelliklerinin bilinmesi ayrıca gıda işleme, tarımsal amaçlar, çeşitli ürünlerin kurutulması gibi birçok uygulama alanlarının gelişmesinde önemli rol oynar.

Teorik çalışmalar şeklinde başlatılan ilk çalışmalar, bugün bilgisayar destekli deneysel çalışmalarla sürdürülmekte, dokuların ve diğer kompleks yapıların dielektrik özelliklerinin anlaşılmasında büyük ilerlemeler kaydedilmektedir. Artık geniş bir frekans aralığında

dokuların dielektrik özellikleri bilinmektedir. Bu veriler elektromanyetik radyasyonun biyolojik etkilerinin analizinde bir başlangıç malzemesi olmaktadır [Şeker ve Çerezci,1997].

5.2 Biyolojik Dokularda Değişik Frekans Aralıklarının Etkisi

İnsan vücudu yakınında bulunan enerji hatları ya da elektrik aletleri üzerinden geçen akımların ortaya koyduğu kuvvetlere bir tepki olarak , hareket eden serbest elektrik yükleri içerirler. İnsan vücudunda bu akımı oluşturan işlemlere elektrik ve manyetik indüksiyon denilir.

Elektrik indüksiyonda herhangi bir enerji hattı ya da elektrikli alet üzerindeki yükler insan vücudu içindeki serbest yükleri ya çeket ya da iterler. Vücuttaki sıvılar iyi birer iletken olduğundan vücuttaki elektrik yükleri bu elektrik kuvvetin etkisiyle vücut yüzeyine doğru hareket ederler. Enerji hatlarındaki yükler her saniyede düzenli olarak değiştiğinden insan vücudundaki yükler de aynı değişime uğrar.

Mikroskobik seviyede tüm dokular hücre içi ve hücre dışı sıvılardan oluşmuştur. Hücreler de elektriksel bakımdan iki farklı elemandan oluşmaktadır. Bunlar dışta yalıtkan özellikli membran ve içte hücre dışı sıvı gibi yüksek iletkenlikli stoplazma ve çekirdektir. Membranın varlığından dolayı hücreler yalıtılmış olup 50 Hz’lık dış alanın doku içine indüklendiği tüm akım hücreler arasında akar.

Su yüksek, yağ ise düşük dielektriğe sahiptir. Deri altındaki yağ dokusunun su oranı değiştiği için yağın dielektrik sabitinde bir değişme görülür.

Aynı özellikler iletkenlik içinde sözkonusudur. Mikrodalga frekansı için , düşünülürse yağ dokusundaki su miktarının fazlalığı iletkenliğin de fazlalığıdır.

Su miktarı yüksek olan dokularda yüksek frekanslardaki dielektrik sabitinde azalma ve iletkenliğindeki artış hücre zarları boyunca görülen anayüzey polarizasyonu nedeniyledir. Yaklaşık $1\text{MF}/\text{cm}^2$ kapasiteli yüzey membranları akımın sadece hücre dışı ortamda akmasına sebep olarak bir yalıtım tabakası gibi davranır. Bu durum yüksek frekanslarda iletkenliğin azalmasını açıklar.

Düşük su içeren dokuların dielektrik davranışı niceliksel olarak yüksek su içeren dokularinkine benzer. Fakat ϵ dielektrik sabitinin ve σ iletkenliğinin değerleri bir mertebe daha düşüktür. Su yağa göre yüksek dielektrik sabite ve iletkenliğe sahip olduğundan net doku dielektrik sabiti ve iletkenliği , su miktarındaki küçük değişimlerle birlikte önemli ölçüde değişecektir.

Mikrodalga frekanslarda su oranları farklı çeşitli dokuların elektriksel özellikleri çizelge 5.4 ve 5.5 'de toplanmıştır.

Çizelge 5.4 Yüksek oranda su bulunduran dokular [Algül, 1998]

Frekans (MHz)	Havadaki Dalgaboyu (cm)	Dielektrik Sabiti ϵ	İletkenlik σ ($\Omega.m$) ⁻¹	Dalgaboyu λ_H (cm)
1	30000	2000	0.400	436
10	3000	160	0.625	118
27.12	1106	113	0.612	68.1
40.68	738	97.3	0.693	51.3
100	300	71.7	0.889	27
200	150	56.5	1.28	16.6
300	100	54	1.37	11.9
433	69.3	53	1.43	8.76
750	40	52	1.54	5.34
915	32.8	51	1.60	4.46
1500	20	49	1.77	2.81
2450	12.2	47	2.21	1.76
3000	10	46	2.26	1.45
5000	6	44	3.92	0.89
5800	3.17	43.3	4.73	0.578
8000	3.75	40	7.65	0.578
10000	3	39.9	10.3	0.464

Çizelge 5.5 Düşük oranda su bulunduran dokular [Algül, 1998]

Frekans (MHz)	Havadaki Dalgaboyu (cm)	Dielektrik sabiti ϵ	İletkenlik σ ($\Omega.m$) ⁻¹	Dalgaboyu λ_L (cm)
1	30000			
10	3000			
27.12	1106	20	10.9-43.2	241
40.68	738	14.6	12.6-52.8	187
100	300	7.45	19.1-75.9	106
200	150	5.95	25.8-94.2	59.7
300	100	5.7	31.5-107	41
433	69.3	5.6	37.9-118	28.8
750	40	5.6	49.8-138	16.8
915	32.8	5.6	55.5-147	13.7
1500	20	5.6	70.8-171	8.41
2450	12.2	5.5	96.4-213	5.21
3000	10	5.5	110-234	4.25
5000	6	5.5	162-309	2.63
5800	3.17	5.05	186-338	2.29
8000	3.75	4.7	225-431	1.73
10000	3	4.5	324-549	1.41

Yüksek oranda su veya düşük oranda su içeren dokulardaki elektromanyetik dalganın boyunu gösteren λ_H ve λ_L ifadesine dikkat edildiğinde, dalga boyunun dokularda yüksek dielektrik sabitine bağlı olarak önemli ölçüde azaldığı görülür. Su oranı yüksek dokularda azalma katsayısı 6,5 ile 8,5 arasında oldukça büyük bir değerde ve su oranı düşük dokularda ise, 2 ile 2,5 arasında değişir. Dalga boyundaki böylesine büyük azalma, dokularda ısıya dönüşen büyük ölçekli bir enerji yutulmasına sebep olur.

Çizelge 5.4 ve 5.5’de verilen frekanslardan; 27.12, 40.68, 433, 915, 2450 ve 5800 MHz frekanslı elektromanyetik dalgalar tıbbi ve endüstriyel amaçlarla yoğun biçimde kullanılmaktadır.

Sonuçta, çok düşük ve çok yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların etkisinde kalan biyolojik dokuların elektriksel özelliklerinin frekansa bağlı olarak bu değişiminin önemli bir nedeni, dokulardaki su oranından ve membranın kapasitif yapısından kaynaklandığı anlaşılmıştır [Algül,1998].

6. RADYO FREKANS (RF) - ALANLARIN ETKİSİ

Radyofrekanslı elektromanyetik donanımların giderek artan bir taleple kullanılması gerek bu konudaki mesleki çalışanlar açısından ve gerekse halk sağlığı açısından, RF' ye maruziyetin olası zararlarının incelenmesi çalışmaların önem kazanmasına sebep olmuştur. Örneğin FM radyo-televizyon verici istasyonlarının bakımı genellikle yayın kesilmeden yapılması nedeniyle, bakım personeli 40 kW güçlü bir verici için 800 V/m şiddetinde alana maruz kalır. ABD' de yapılan bir araştırmada RF yayınlarının çevrede $0,005 \mu \text{W/cm}^2$ lik enerji yoğunluğuna neden olduğu anlaşılmıştır. RF ve UHF (Ultrahigh frequency) alanları insan vücudunda en önemli etkiyi vücudun dış yüzeylerinde olmaları nedeniyle göz ve üreme organları üzerinde yapar. Ancak vücut yüzeyine çok yakın olmamakla beraber, iletken özelliklere sahip olan sinirler ve kardiovasküler sistemler üzerine de etkide bulunurlar [Şeker ve Çerezci,1994].

6.1 İnsan Vücudunda RF Radyasyonun Oluşturduğu Başlıca Etkiler

6.1.1 Termal etkileri

Biyolojik malzemede RF enerji soğrulmasının en iyi bilinen etkisi ısınmaya yol açmasıdır. En fazla ısı artışı vücudun dış yüzeyi olan deri üzerinde ortaya çıkar ve yerel yanmalar oluşabilir. Vücudun derinliklerine gidildikçe sıcaklık düşer. Ancak uzun dalga radyasyonuna maruz kalmaların, kaslarda yüksek sıcaklık artışına neden olduğu anlaşılmıştır. İç organlar ve kan üzerinde de sıcaklık artışı görülür. 40- 100 m W/cm² yoğunluklu alanlar uygulandığında kan damarları ciddi zarar görmekte ve bu nedenle iç organlarda kanamalar oluşmaktadır. Bazı organların aşırı ısınmaksızın zarar görmeleri de mümkündür. Bu olay özellikle boyut rezonansı olarak isimlendirilen, organizmanın bazı bölümlerinde açıkça ortaya çıkar. Eğer elektromanyetik ısınmaya maruz kalan organın bazı parçalarının boyutu, dalgaboyu ile mukayese edilebilir büyüklükte ise bu bölgede duran dalga oluşabilmektedir. Ayrıca vücudun çeşitli bölgelerine ameliyatla yerleştirilmiş metallere, RF enerjinin yoğunlaşmasına neden olabilmektedir.

6.1.2 Göz üzerine etkileri

UHF alanlarında çalışan personel üzerinde önemli oranda göze zararlı etkileri gözlenmesine rağmen RF istasyonlarında çalışanlarda özellikle radar operatörlerinde, göz zararı saptanmamıştır. Sovyet yazarlar, santimetre başına birkaç mW mertebeli yoğunlukta, kronik ışıma, insan gözünde opacite oluşturmaya yeteceği konusunda uyarıda bulunmaktadır. Bu gibi

kimselerde ilk belirti göz yorulması ve göz yaşarması, renkli ışığa karşı (özellikle mavi) duyarlılıkta azalma olarak ortaya çıkar. Santimetrelik basınçta değişme gözlenmektedir. Daha düşük yoğunluklarda merceklerde ve iç duvardaki sıvıda C vitamini miktarında azalma gözlenmiştir.

6.1.3 Sinir sistemi

RF alanlarında çalışan personelin şikayetleri özellikle sinir sistemi ile ilgilidir. Bu nedenle merkez sinir sistemindeki değişmelere ilişkin oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Büyük ve küçük değerlerde alan yoğunluklarının her ikisi ile birlikte RF ve UHF alanlarının, merkez sinir sistemlerinin aktivitesi üzerinde etkisini araştırmak üzere yapılan klinik ve laboratuvar çalışmalarında, değişimler EEG ile saptanmıştır. Çalışmalar uzun zaman periyotlarında yapılmıştır. EEG incelemesi elektromagnetik dalgalardan dolayı oluşan CNS(Cardiovascular Noratic Sendrom) etkisinin araştırılmasına kolaylık sağlar. Düşük şiddetli RF ve UHF alanları asthenic tipte bir sendrom olarak bilinen değişmelere yol açar. Şiddetli UHF ve RF alanlarında daha çok cardiovascular vegetative düzenlemede karşılıklar şeklinde oluşan asthenic sendrom oluşur.

6.1.4 Üreme ile ilgili dokular

Göz ve sinir sistemlerinden başka, genital organlar RF alanlarına karşı çok duyarlıdır. Santimetrik dalga bölgesindeki yüksek alan yoğunluklarında farkedilir değişimler olur. Bu şiddetlerde başlıca etki üreme organları üzerinde oluşan ısı etkisidir. Bu organlarda sıcaklık artışı (kadın ve erkek) morfolojik değişmelere neden olur ve muhtemel dejeneratif işlemler doğurur. Üreme organlarını besleyen kan damarlarının büzülmesi , yumurtalık ya da testislere direkt zarar verebilir. Histolojik araştırmalar, çeşitli işlem fazında sperm oluşmasının kesildiğini (durakladığını) ortaya koymuştur. Bu morfolojik değişimler üreme çevriminde, döl azalma, kısırlaşma ve dişi doğum sayısında artış olarak kendini gösterir.

RF'ın hamile kadınlarda, düşük oranında artmaya neden olduğu bilinmektedir. Literatürde hamilelik başlangıcında kısırdalga diatermi tedavisi gören bir annenin fetusunda embryopathy durumu oluştuğunu bildirilmektedir. Çocuk doğduğunda normalden çok daha az kemikleşme eksikliği gibi anormallikler görülür.

6.1.5 Dolaşım sistemi

Yüksek yoğunlukta RF alanlarında periyodik olarak maruziyet , dolaşım sisteminde değişmeye yol açar. Kan dolaşımında bozulma özellikle maruziyet süresi ve şiddetiyle orantılı olarak kan akışında artış, kan damarlarının genişlemesi, kan basıncında değişme oluşturur. Başlangıçta kan basıncı hafifçe artar ve sonra düşer. Bu düşüş maruziyetten birkaç hafta geçse

bile, devam edebilir. Radar personeli üzerinde bu konuda negatif sonuçlar rapor edilmektedir. Nabız oranı değişebilir. Vücudun maruz kalan bölümüne bağlı olarak nabız hızlanır veya yavaşlar. EKG’ de cardiac aktivitede değişimler gözlenmiştir. RF alanlarının koroner dolaşım sisteminin iletkenliğini azalttığı EKG ile tespit edilmiştir. Daha ileri bir gözlem olarak örneğin vasküler tonların salınımları gibi vasküler reaksiyonlardan sapmalardan bahsedilebilir.

Dolaşım fonksiyonlarındaki bahsedilen bu değişimler, tekrar eski haline gelebilir özelliktedir, ancak diğer fonksiyonlar normale dönse bile EKG’ deki değişme yine sürer.

6.1.6 RF alanlarının diğer organlar üzerinde etkileri

Dolaşım sistemindeki etkinin nefes almada hızlanmaya, bazen de gecikmeye neden olduğu gözlenmiştir. Böbrek, böbreküstü bezler, karaciğer üzerine etkiler konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Böbrek tüplerinde fitrasyonda azalma, adrenal korteks aktivitesinde artış, hepatic hücrelerde dejenerasyon olduğu anlaşılmıştır. RF alanlarda çalışan personelde (özellikle kadınlarda); tiroid bezi büyümesi gözlenmiştir. Tiroid bezi ile ilgili çalışmalarda radyoaktif iyodta artış saptanmıştır.

Organizmada vücudun bazı bölümlerinin boyutları rezonansa yol açabilir. Bu durum organlarda kısmen incinme oluşturabilmektedir [Şeker ve Çerezci,1994].

7. DÜŞÜK FREKANSLI (ELF) ALANLARIN ETKİLERİ

Günümüzde elektrik enerji iletiminin ve dağıtımının yüksek gerilim hatlarıyla sağlanması ve yerleşim bölgelerinde toplumun bu iletim hatları ile birlikte yaşamak zorunda kalması ; taşıma hatlarının oluşturduğu elektromagnetik alanların etkilerinin araştırılması çalışmalarına yol açmıştır.

Yüksek gerilim hatlarının civarında hattın olan uzaklığı ve hattın gerilimine bağlı olarak değişik seviyelerde elektrik ve manyetik alanlar oluşur. Söz konusu çevrede normal ağırlıklı bir kimsede psikolojik rahatsızlıklar oluşturabilecek seviyede olan $17 \mu A$ 'lık akım indüklenmesi oluşabilmektedir. Bu nedenle taşıma hatları civarında bulunan taşıt araçları , metal çatılar, temas halinde $1 \mu A$ değeri aşan kısa devre akımlarına sebep olurlar. Yüksek gerilim hatları civarında yağmurlu günlerde şemsiye ile dolaşan kimselerde , şemsiyenin metalik sapında rahatsızlık etkisi oluşturan seviyelerde akım indüklendiği bilinmektedir.

Taşıma hatları civarında magnetik alan değerleri $10-40 \mu T$ arasında değişir. Hattan 100 metre uzaklıkta magnetik alan $1 \mu T$ gibi çok küçük değere düşer. Küçük bir elektrik motorunun ürettiği $1 mT$ 'lık değerle karşılaştırıldığında hayli düşük seviye olduğu görülür. Çizelge 7.1 de taşıma hattının altında bulunan bir insan vücudunun çeşitli bölümlerinde indüklenen elektrik alanı akımlarının değerleri verilmiştir.

EMA kaynağı olan cihazlar sürekli ya da zaman zaman çalışan yüksek veya düşük güçlü vericiler olabilir. Şiddetli EMA özellikle AM radyo bandı ($0,535-1,604 MHz$) ile FM ve TV bandında ($54-806 MHz$) oluşur [IEEE, 1991]

Elektrik güç sistemlerinden oluşan 50 ya da 60 Hz frekanslı EMA düşük frekanslı alanları oluşturur. Bu frekanslar güç sistemlerindeki 30-300Hz band aralığındadır. Örneğin 50 kW AM radyo istasyonundan yayılan güç yoğunluğu 1 km yarıçaplı bölge içerisinde $1 \mu W/cm$ civarındadır. Düşük frekanslarda alan yaklaşık 1 (V/m) temel seviyede ve magnetik alan değeri ise yaklaşık 800 μG dur. Bu değerler kaynakların yakınlarında çok daha yüksek olur. [Dinçer, 2000].

Çizelge7.1 Taşıma hattının altında bulunan bir insan vücudunun çeşitli bölümlerinde oluşan,elektrik alanı ile indüksiyon akımlarının değerleri [Dinçer, 2000]

Hat gerilimi (kV)	Elektirik Alan (kV/m)					İndüksiyon Akımı(μ A)	
	1	2	3	4	5	Baş	Vücut
225	2.8	21.5	5.6	12.2	5.8	11.3	23.6
400	76.0	51.9	12.4	39.6	13.4	25.6	54.4
750	135.0	94.1	22.5	72.0	46.5	46.5	98.9
1000	173.0	118.0	28.2	90.0	58.2	58.2	124.0

1.BAŞ 2.ŞAKAK 3.BOYUN 4.OMUZ 5.BACAK ve AYAKLAR

Elektrik ve manyetik alanlar birbirinden ayrı olarak araştırılmalıdır . Ölçüm uzaklığı dalga boyunun $1/16'$ sı kadar olmalıdır. Çünkü bu bölgelerde elektirik ve manyetik alanlar birbirlerini oluşturmazlar.Maxwell denklemlerine göre yakın bölgelerde elektrik ve manyetik alanlar birbirine dik iki bileşeni olan bir elektomanyetik alan olarak görünürler. ELF alanların uzun dalga boyu nedeniyle (50 Hz'lik alan için 6000 km) elektrik ve manyetik alanlar kaynaktan çok uzaklara gidemeden yok olurlar.

EM radyasyonunun biyolojik malzemeye etkileşimi kaynağın frekansına bağlıdır, bu nedenle farklı EM kaynaklar ayrı ayrı incelenmelidir. X ışınları, VV, görünür ışın, MW / RF, elektrik güç sistemlerinin oluşturduğu manyetik alanlar ve statik manyetik alanların hepsi EM enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar frekansları ve dalgaboylarıyla karakterize edilir.

Güç frekans alanları 50 ya da 60 Hz' dir ve yaklaşık 5000 km' lik dalga boyundadır. Aksine mikrodalga fırınları 2,54 milyar Hz ve ~10 cm dalga boylu x ışınları 10-15 Hz ve ~100 nm dalga boyludur. Statik alanlar ya da dc alanları zamanla düzenli değişim göstermezler ve sonsuz dalga boylu, Hz frekanslı kabul edilirler.

EM spektrumun hem dalga hem parçacık özelliği olduğunu biliyoruz. Parçacık özelliği yüksek frekanslarda ortaya çıkar. EM enerjinin parçacıklı doğası biyolojik etkilemede önemlidir.

Çok yüksek frekanslarda UV ve X ışınları, EM fotonlar kimyasal bağları kırarak enerjiye sahiptirler. Buna iyonizasyon, bu gruba da spektrumun iyonize eden bölümü diyoruz. Düşük frekanslarda, görünür ışık RF ve MW iyonizasyon söz konusu olmadığından spektrumun

iyonize etmeyen bölümünden söz ederiz. Bunlar da biyolojik etki oluşturlar. Yakın UV, görünür ve IR frekansları foton enerjisine bağlıdır. Ancak iyonizasyon değil elektronik geçişlere neden olurlar.

RF ve MW kaynakları ısıtmayla deride indüklenmiş elektrik akımına neden olurlar, bu da yine kaynak frekansına ve kaynağın ısıttığı alandan uzaklığına bağlıdır.

Biyolojik etki açısından EM spektrum 2'ye ayrılır.

- 1) İyonize eden bölge (x ışınları)
- 2) İyonize etmeyen bölge
 - a) Optik bölge (görünür, IR)
 - b) Dalga boyunun cisimden küçük olduğu bölge, ısıtmayla indüksiyon akımı oluşturur. (MW ve yüksek frekanslı RF)
 - c) Dalga boyunun cisimden büyük olduğu bölge, ısıtmayla indüksiyon çok nadir olarak gerçekleşir. (düşük frekanslı RF, güç frekansları, statik alanlar)

Statik EM kaynaklar radyasyon yaymaz. Yalnızca manyetik bileşenin sağlıkla ilişkisinden söz edilir. Manyetik alanları perdelemek mümkün değildir ve kolayca bina ve bünyeye girebilir. Buna karşın elektrik alanların bina ve insan vücuduna giriş yeteneği çok azdır. Statik elektrik alanlar vücudumuza giremediğine göre herhangi bir biyolojik etkinin, alanın manyetik bileşeninden kaynaklanmalıdır.

Statik manyetik alanların çevre ve oturma alanlarındaki en önemli örneği 0,03-0,07 mT arasındaki yerkürenin doğal manyetik alanıdır. ac taşıyıcıları altında bu değer 0,02 mT' dir. Statik alanların sürekli mıknatıs yapay kaynakları: hoparlörler, pilli motorlar, mikrodalga fırınları, buzdolabı mıknatısları vb. dir. Bu küçük mıknatıslar 1 cm ya da kendi manyetik kutuplarında 1-10 mT' lik alanlar üretebilirler. En güçlü statik alan manyetik rezonans görüntülemekten (MRI) 150-2000 mT' dir.

8. E.M ENERJİ KULLANIMINDA RİSK ANALİZİ ve EVLERDE KULLANILAN CİHAZLARIN RİSK ANALİZİ

8.1 Elektrikli Traş Makinası

Alternatif akım (ac) kullanılan aletler yüksek şiddette manyetik alan üretirler. 60 Hz. frekanslı alanlarda yapılan ölçmelerde traş makinesinin ucundan 1.27 cm uzaklıkta şiddeti 200 ile 400 mG, arası değerlere erişen manyetik alan ölçülmüştür. Dolayısıyla bu aletler kullanılırken yüz için kansere sebep olabilecek manyetik alan maruziyet limiti aşılmaktadır.

[60 Hz'de 3mG'luk manyetik alan şiddetinin kansere yakalanma oranını arttırdığı ifade edilmiştir]. Ancak makineyi her gün birkaç dakika kullandığımızdan toplam doz veya risk çok azdır. Saç kurutma makinesinin durumu traş makinesine benzerdir ve az kullanılması biyolojik etkileşimi önlemektedir.

8.2 Televizyon Seti

Televizyon seti 50 Hz'den MHz seviyelerine kadar geniş bantlı radyasyon yayan bir kaynaktır. Radyasyonu TV kabini tamamıyla önleyemediğinden her yönde emisyon yapar. Alan şiddeti TV'ların cinsi ve büyüklüklerine bağlı olarak değişir. Genel olarak ekranın büyüklüğü arttıkça alan değerleri artar.

Televizyon seyredirken 1mG'luk manyetik alan şiddetini aşmayacak yerde oturmak gereklidir. Binaların yapısında kullanılan maddeler EM enerjiye mani olmadıklarından, yeni doğmuş veya küçük çocukların yatakları TV arkasına gelen bölgelerde olmamalıdır.

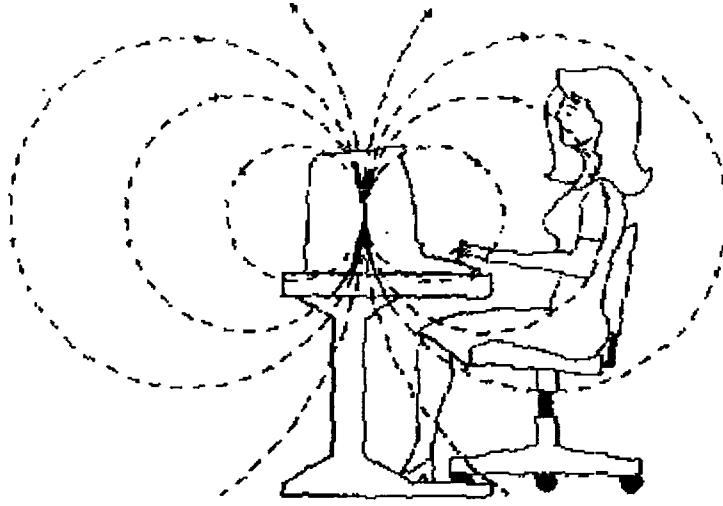
Fareler üzerinde yapılan deneyde TV'dan gelen EM dalgaların, büyümeyi önlediği ve beyin fonksiyonlarını etkilediği ve erkek farelerin testislerinin küçülmeye yol açtığı gözlenmiştir. Genel olarak 1mG 'tan fazla şiddete maruz kalmamak için, küçük ekranlı TV'dan en az 110cm, büyük ekranlı TV'den 2 m uzakta oturmak gerekir.

8.3 Bilgisayar Ekranları

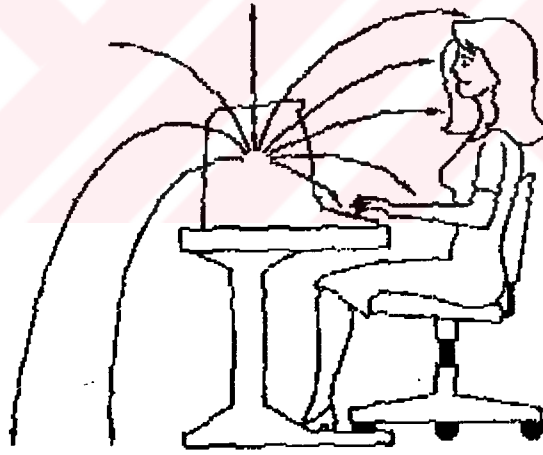
Bilgisayar donanımının ışıması TV'ye benzer ve bilgisayar kullanan kimse ekrana daha yakın oturur. Bu yüzden bilgisayar monitörlerinin ekranlanması daha iyi yapılmaktadır.

“Tempest” adı verilen özel korumalı bilgisayarlarda, radyasyon tamamen tehlike sınırlarının altına indirilmiştir. Bu işin nasıl yapıldığı gizli tutulmakta ve bir desktop model

için yaklaşık 3000 dolar fiyat artışı gerekmektedir. Bilgisayarların zararları hakkında kontroledici hiç bir çalışma şu an literatürde yoktur.



Şekil 8.1 Magnetik alanın bilgisayardan yayılışı [HI, 3604]



Şekil 8.2 Elektrik alanın bilgisayardan yayılışı [HI 3604]

8.4 Floresan Lambalar (FL)

Diğer lambalara göre üstünlükleri herkes tarafından bilinmekte olan bu lambaların verdikleri ışık ,görünen spektrumun çok az bir kısmına tekabül etmektedir. Halbuki akkor telli lambalar (ATL) görünen spektrumun çok daha fazla bir bant aralığında ışıma yapmaları nedeniyle doğal ışığa daha yakındır. Akkor lamba biyolojik etkiler açısından gayet emniyetlidir. Yapılan araştırmalara göre 10W'lık FL; 60W'lık ATL'den en az 20 defa daha fazla manyetik alan üretmektedir.

Tavana yerleştirilen armatürdeki 20W'lık floresan tüplerin, ofiste çalışan kişilerin başlarında 1 mG'tan daha fazla alan ürettikleri gözlenmiştir. Bu gibi gözlemlerden dolayı bütün gün FL ile aydınlatılan sınıflarda ders gören okul çocuklarının, anormal aşırılıklarını bu tür aydınlatmaya bağlayan bilim adamları mevcuttur. Bütün gün FL tarafından aydınlatılan ofislerde manyetik alan seviyesinin tehlikeli miktara ulaşabileceği tahmin edilebilir. Bu konuda şu ana kadar maalesef hiçbir çalışma yapılmamıştır.

8.5 Mikrodalga Fırınlr

Son model mikrodalga fırınlarda $1\text{mW}/\text{cm}^2$ EM emisyonu izin verilmektedir. Bu değer fabrikada imalat sırasında istenen değerdir.

Mikrodalga fırının kapısının etrafındaki koruyucu malzemenin zarar görmesi durumunda, mikrodalga radyasyon seviyesi kullanılırken artış gösterir. Bu nedenle en az senede bir defa cihazın kontrolden geçirilmesi gerekir.

Günümüzde mikrodalga ışıma için güvenli eşik seviyesinin doğru olarak tesbiti henüz yapılmamıştır. Sürekli maruziyet durumu için $0,5\text{mW}/\text{cm}^2$ olan ışıık seviyesini geçmemesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca mikrodalga fırının mutfağa, çalışırken önünde durulmayacak biçimde yerleştirilmesi uygun olur.

8.6 Elektrikli Battaniye ve Yataklar

Kaiser-Parmenente Medical programı çerçevesinde 1500 kadın üzerinde yapılan araştırmalarda ve Colarada üniversitesinden Dr.Nancy Wertheimer tarafından yapılan diğer bir çalışmada elektrikli batttaniye kullanan kadınlarda kullanmayanlara göre düşük vakasının arttığı ortaya çıkmıştır.

50-100 mG şiddetinde alan oluşturan elektrikli battaniyeler ,elektrikli traş makinaları gibi vücuda yakın tutulması nedeniyle oluşturacağı muhtemel etkiler için bazı çalışmalar yapılmaktadır. Kanseri ilişkisi ile ilgili tamamlanmış çalışma henüz mevcut değildir.

Elektrikle ısıtılan yatağa veya elektrikli battaniyeli yatağa girmeden önce, kapatma işlemi düğmeden değil, duvardaki prizden fişi çekmek suretiyle yapılmalıdır. Aksi takdirde battaniye çalışmasa bile fiş takılı iken elektrik alan üretmeye devam edecektir.

8.7 Elektrikli Isıtıcılar ve Fırınlr

Elektrikli ısıtıcıların 15,3 cm uzağında 23 mG, 61 cm uzağında ise 8 mG şiddetinde magnetik alan üretilir.

Taşınabilir ısıtıcıların istenildiği kadar vücuda yaklaşabilir olması sebebiyle olası zarar etkisi sabit ısıtıcılara göre daha fazladır. Son zamanlarda oda tavanlarının içine monte edilen

elektrikli ısıtıcı sistemi ile ilgili olarak Dr.Nancy Wertheimer söz konusu uygulamaların oda içerisinde ortalama 10 mG mertebesinde magnetik alan şiddeti meydana getireceğini hesaplamıştır.

Elektrikli fırınlar ise 20 cm uzaklıkta 50 mG şiddetinde magnetik alan üretirler ve uzaklık arttıkça alan şiddeti hızla düşer. Bu nedenle ev içinde kullandığımız elektrikli cihazların özellikle kısa mesafelerde yoğun alan etkinliğine sahip olduğu anlaşılmaktadır [Şeker ve Çerezci,1991].

Saç kurutma makinesi, elektrikli matkap, traş makinesi, renkli televizyon gibi cihazların 30cm ötesindeki manyetik alan değeri 0,1-2,5mT arasında değişir. Elektrik alan değeri ise 250 V/m gibi hayli yüksek mertebeye ulaşır. Cihazlardan uzaklaştıkça bu değerler hayli hızlı düşüş gösterir.

Çizelge 8.1 Evde kullanılan bazı elektrik cihazlarının oluşturduğu elektrik manyetik alan şiddetleri [Şeker ve Çerezci, 1995]

Cihazın İsmi	Manyetik Alan (cihaz yanında) (gauss)	Elektrik alan 30cm uzaklıkta (Volt/metre)
Saç Kurutma Makinası	10-25	40
Flöresan Masa Lambası	5-10	-
Elektrikli Traş Makinası	5-10	-
Renkli TV	1-5	30
Blender	1-5	-
Elektrikli Matkap	1-5	-
Elektrikli Battaniye	250	-
Buzdolabı	0,001-0,01	60
Ütü	0,01-0,1	60
El Mıkseri	1-5	50

9. CEP TELEFONLARI

9.1 Cep Telefonu Ağı Nasıl İşlemektedir?

GSM (Global System Mobile) 900 MHz civarında 25-35 MHz bandı içeren hücresel telefon sistemidir. Sistemde her bir abone yaklaşık 200 kHz 'lık konuşma bandı kullanır. Türkiye'de toplam abone sayısı 10 milyonu aşkındır. Bu kadar aboneye hizmet vermenin tek yolu geniş bir coğrafik alanı hücrelere bölmek ve aynı frekansları değişik bölgelerde tekrar kullanmaktır. Bu kanalların tekrar kullanılması spektrum verimliliğini artırır. Bir abone servis alanı içinde seyahat ederken telefon konuşması bir hücreden diğer hücreye farkedilmeyecek kadar kısa bir kesilme ile transfer edilir.

Bir GSM sistemindeki bütün hücreler Mobile Telephone Switching Office (MTSO) adı verilen bir merkeze yer hatları veya mikrodalga hatları ile bağlıdır. MTSO telsiz telefon ve normal telefon konuşmalarını düzenler.

MTSO ayrıca GSM aletinin durum verisini ve ücretlendirme istatistiğini işler. Her hücre kendi radyo telefonu ve kontrol ekipmanı ile hizmet verir. Her hücre çeşitli sayıda ses kanalını ve karışıklığı önleme açısından bir de ardışık kanallara atanmış bir adet kontrol kanalını içerir. Bu kontrol kanalı veriyi telefonlar arasında ulaştırır. Bu kontrol verisi bir telefon cihazına bir çağrı geldiğini ve gönderildiğini anlatır. Ayrıca bu kontrol kanalı MTSO'ya hangi ses kanallarının konuşma için ayrıldığını anlatır.

Her GSM sisteminde atanan 25 MHz, 395 adet ses kanalı ve 21 adet kontrol kanalı içerir [Gürkan,1998].

9.2 Cep Telefonlarıyla Kanseri Arasında Bir İlişki Olabilir mi?

Atomlardan ya da moleküllerden elektron kopmasına iyonlaşma denir. Elektron kopması , moleküler yapıyı değiştirir.

Eğer bu işlem biyolojik dokularda olursa, dokuda ciddi hasarlara yol açabilir. Örneğin DNA'nın yapısını bozabilir; kansere yol açabilir.

İyonlaşma, yüksek enerjili fotonların çarpmasıyla olur. Yani x –ışınları ve gama ışınları iyonlaşmaya yol açarlar;bu nedenle iyonlaştırıcı ışınlar olarak bilinirler.

Radyo dalgaları ve mikrodalgalar,elektromanyetik tayfin 300 kHz ile 300GHz arasındaki bölgesinde yer alırlar. Bu bölgenin yüksek frekanslı kısımlarında mikrodalgalar bulunurken daha düşük frekanslı kısımlarında da radyo dalgaları yer alır.

Radyo dalgaları ve mikrodalgalar, günümüzde temelde iletişim alanında kullanılır; radyo, televizyon, cep telefonu, telsiz yayınları vb. Cep telefonları mikrodalgalarla çalışır. Mikrodalgalar yeterince yüksek enerjili olmadıklarından iyonlaşmaya yol açamazlar. Başka bir deyişle, bu yolla kansere neden olmazlar. Öte yandan mikrodalga ısıması, su moleküllerine çok verimli bir ısı aktarımı yapar. (Enerjileri artan su molekülleri de çevrelerine ısı yayarlar. Besinlerin büyük bir bölümü su yönünden zengindir. Bu nedenle mikrodalgalarla yararlanılarak besinlerin ısıtılması düşüncesi mikrodalga fırınların doğmasına yol açmıştır.)

Yani başa yakın tutulan cep telefonlarının antenlerinden yayılan mikrodalgalar antene yakın bölgede ısınma yaratır. Mikrodalgaların ısıtma etkisinin hücre ölümlerine ve kalıcı doku hasarlarına yol açabildiği bilinmektedir. Ama başın bir bölgesindeki bu ısınmanın beyinde ne düzeyde ve nasıl bir etki oluşturduğu daha ortaya çıkmış değildir [Özaktaş,2000].

İsveçli Dr Kjell Hansson Mild ve Norveçli Dr. Gunnhild Oftedal, 12.000 İsveç ve 5.000 Norveç mobil kullanıcısı üzerinde yaptığı araştırma sonunda şunları belirtiyor;

“Kulakta ve arkasında sıcaklık hissi, baş ağrısı, aşırı yorgunluk ve yanak derisinde yanma hissi konusunda istatistiksel şikayetler önemli derecede yükseldi.” Dr. Oftedal’ın istatistiki çalışması sonucunda aşağıdaki çizelge 8.1’de ifade edilen sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge9.1 Cep telefonlarıyla ilgili istatistiki çalışma sonuçları

Mobil Telefonla Konuşma süresi (dk/gün)	Kullanmayanlara göre baş ağrısı oranı
2-15	İki katı
15-60	Üç katı
>60	Altı katı

Bazı araştırmacılar bu tip istatistiki verilerin sağlıklı olmadığını düşünüyor. Çünkü bu tip veriler toplanırken diğer hastalık sebebi olan bileşenlerinde hesaba katılması gerekmektedir.

9.3 Kanseri Riskini Azaltmak İçin Alınması Gerekli Önlemler

Bu önlemler iki ana başlık altında incelenebilir:

9.3.1 Üretim açısından alınacak önlemler

- 1- Kullanıcı ile anten arası uzak olacak şekilde tasarlanmalı
- 2- Anten ve cihazın RF kısmı ile kullanıcı arası ekranlanmalı

- 3- Çantaya yerleştirilebilecek anten ve yedekpil çantada olacak şekilde kullanışlı kit hazırlanmalı
- 4- Örneğin anten bayanlar için bir saç bandı ,erkekler için bir şapka olarak tasarlanabilir. Bu eşyaların gerek baş ile arası açılarak, gerekse ekranlanarak kullanıcı korunmuş olur. Keza başın üstündeki bir anten , baş arkasındaki bir antene göre daha çok baz istasyon antenini göreceğinden, anten çıkış gücü de o oranda düşecektir. Bu durumda tasarıma biraz estetiklik katılırsa kullanıcı niçin kullanmasın? Antenlerin üzeri ısımayı zayıflatmayacak şekilde kaplanabilir.
- 5- Sistem, kullanıcı çıkış gücünü azaltmaya yönelik kurulmalıdır.
- 6- Kullanıcının sıkıntı duymadan kullanabileceği ,ergonomic “hands free” kitleri geliştirilmelidir.

9.3.2 Kullanıcılar açısından alınacak önlemler

- 1- Cep telefonları vücuttan özellikle hassas organlardan, mümkün olduğunca uzakta taşınmalıdır.
- 2- Büro gibi yerlerde uzun süreli oturumlarda, cihaz vücutdan en az bir metre uzakta kalmalıdır.
- 3- Telefon konuşmaları mümkün olduğu kadar kısa olmalıdır. Böylece kullanıcı daha az radyasyona maruz kalır.
- 4- Cep telefonu alırken cihazın pil ,ömrü vs kadar anten ışıma diyagramına da dikkat ederek satın almalıdır. Konuşma esnasında cihaz genellikle yatayla 60 yapacak şekilde kullanılır. Cihaz bu haldeyken, antenin yatay polarizasyonda maksimum ışıma doğrultusu, yaklaşık olarak baz istasyon anteni yönünde olmalıdır.
- 5- Araçta iken aracın metal tavanına monte edilmiş bir harici antene bağlı bir araç kiti kullanılmalıdır.
- 6- Baz istasyonlar genelde , ışıma diyagram eksenini yer düzlemine dik antenlere ait RF işareti daha az enerji harcatarak alırlar. Cep telefonunun anteni özellikle konuşma halindeyken yer düzlemine dik olmalıdır. Bu durumda kullanıcı başını öne doğru yaklaşık 30^0 eğerse anten yere dik olur. Yine başını telefona doğru yaklaşık 9^0 çevirirse anten uzaya maksimum ışıma yapar. Bu durumda kullanıcı başının soğuracağı enerjiyi de azaltacaktır.

- 7- Aramalarda anten sinyal seviyesi maksimum olduğu yerler seçilmelidir. Cep telefonu baz istasyon antenini ne kadar güçlü görüyorsa, konuşma esnasında antenden o kadar az güç çıkar.
- 8- Özellikle anten ile kullanıcı arası ekranlanmış antenlere sahip cihazları tercih edilmelidir.
- 9- GSM’de kanal atlamaları /değiştirmeleri esnasında cep telefonu maksimum güç verir. Sonra güç hızlı bir şekilde konuşmanın sağlıklı yapılacağı bir seviyeye iner.

Bu kanal değişikliği ise çoğunlukla cep telefonunu ilk açarken, birisinin numarasını tuşlayıp “SEND”(ya da YES) tuşuna basılır basılmaz ya da biri tarafından aranıldığı zaman olur. Gücün normal duruma dönmesi bir iki saniye sürer.

Özellikle ilk iki durumda kullanıcı “SEND” tuşuna basarken cihazı ve özellikle antenini kendisinden uzak tutarsa ve anten eksenini vücuduna dik olursa zararın büyük çoğunluğundan uzak kalmış olur. Karşı tarafın telefonu açtığı ekrandaki “bağlanıyor” yazısının kaybolup yerine zaman sayacının çalışmaya başlamasından anlaşılır.

10-Kalp pili veya işitme cihazı kullananların, ya cep telefonu kullanmaması ya da kullandığı cihazların 200 Hz ‘lik darbeli iletim yapan bir kaynaktan (GSM ‘nin minimum çıkışı) kalplerinin etkilenip etkilenemeyeceğini doktorundan öğrenmesi gerekir [Türkoğlu,1999].

9.4 Cep Telefonlarıyla İlgili Son Gelişmeler ,Soru ve Cevaplar

1-Cep telefonu baz istasyonu nedir? Yaşarken çalışırken oynarken ya da yakınından okula giderken sağlığa zararlı mıdır?

Cep telefonu baz istasyonları düşük güçte çok kanallı alıcı- verici radyodur. Bir cep telefonu ise düşük güçte tek kanallı alıcı –verici radyodur. Alıcı verici radyo gibi olduklarından RF ışımasını üretirler. Baz istasyonları ve cep telefonlarının her ikisinde düşük güçlü olduğundan, RF ışımasına maruziyet düzeyleri çok düşüktür. Antenlere direkt maruziyet olmadığı sürece sağlığa zararlı değildir.

Antenler, RF üreten cisimler ve antenlerin yerleştiği kuleler arasındaki farkı iyi anlamak gerekir. Uzak durulması gerekenler antenlerdir, kuleler değil. Aynı zamanda çok değişik biçimde dizayn edilen cep telefonları baz istasyonlarının RF ışımalarının ve karakteristiklerinin farklı olacağının bilincinde olmak gerekir.

2-Cep telefonları baz istasyon antenleri nedeniyle sağlık riskine giren var mı?

Cep telefonlarının sağlığa zararlı olup olmadığı bu telefonların RF enerjilerini insan vücudunun çok küçük bir hacmine vermesiyle vermesiyle bağlantılıdır. Baz istasyonu antenleri doğrudan önünde durulmadığı sürece sıcak noktalar oluşturmaz.

3-Cep telefonları, PCS'ler ve diğer bir taşınabilir telefonlar için baz istasyon antenlerinin sağlığa zararları farklı mıdır?

Teknik olarak telefonlar arasında çok farklılıklar vardır. Ancak sağlık açısından göz önüne alınacak tek etken aralarında çok az fark olan frekans aralıklarında kullanılıyor olmalarıdır. Bazı baz istasyonlarından RF ışıması insan vücudu tarafından diğer tip baz istasyonlarından (Örneğini Amerikada kullanılan 1800-2000 MHz "PCS" telefonlarından) daha çok absorplanabilir. Enerji absorplandığına göre etki aynı olacaktır.

4-İnsan sağlığı açısından baz istasyonu antenleri ve diğer radyo ve TV yayın antenleri arasında fark var mıdır?

Bazı antenlerden RF ışıması (özellikle FM ve VHF-TV yayın antenleri) insan vücudu tarafından diğer kaynakların (örneğin cep telefonları baz istasyonu antenlerinininkinden) RF ışımasından daha fazla absorplanır; ancak enerji absorplandığına göre etki temel olarak aynıdır.

FM ve TV antenlerin baz istasyonlarının 100-5000 katı enerji yayarlar fakat çok yüksek kulelere monte edilmektedirler.

5-Cep telefonu baz istasyon antenleri ışıma üretir mi?

Cep telefonları ve baz istasyon antenleri alıcı –verici radyolardır ve radyofrekans üreterek çalışırlar. Bu RF ışıması "iyonize etmeyen" türdendir ve bu nedenle biyolojik etkileri temel olarak x –ışınlarıyla oluşan iyonize edici radyasyondan farklıdır.

6-Cep telefonu baz istasyonunun iyonize etmeyen ışıması (RF) X ışınlarının iyonize edici ışımasına benzer mi?

Bir EM kaynakla biyolojik malzeme etkileşimi kaynağın frekansına bağlıdır. X ışınları, RF ve EMF kuvvvet çizgileri EM spektrumun parçalarıdır ve frekanslarıyla karakterize edilirler. Elektrik güç 60 Hz , AM radyo 1 MHz civarı, FM radyo 100 MHz ,mikrodalgal fırını 2450 MHz ve X ışınları ise 1 milyon MHz üzerinde frekansa sahiptir. Cep telefonları ise 800-2200MHz aralığında değişik frekanslarda çalışır.

X ışınlarının karakteristiği olan çok yüksek frekanslarda EM parçacıklar kimyasal bağları kırarak (iyonize edecek) yeterli enerjiye sahiptirler. Bu bize X ışınlarının nasıl genetiksel malzemesini etkileyerek kanser ve düşüklere neden olduğunu anlatır.

Düşük frekanslarda , RF ışıması gibi ,parçacıkların enerjisi kimyasal bağları kırmak için çok küçüktür.Yani RF kimyasal bağları kıramıyan “iyonize etmeyen” ışımadır.Yani iyonize X ışını ve iyonize etmeyen (RF) arasında biyolojik etkinlik açısından benzerlik yoktur.

7-Cep telefonu baz istasyon antenlerinin RF ışıması kuvvet çizgilerinin oluşturduğu “EMF” ye benzer mi?

Kuvvet çizgileri sadece elektrik ve manyetik alanlar üretir. İyonize etmeyen ışımanın aksine, bu alanlar uzaya enerji yaymaz ve güç kaynağı kapatıldığında yok olurlar. Kuvvet çizgilerinin nasıl biyolojik etki oluşturdukları bilinmemektedir; oluşturuyorlarsa bile RF’ninkinden farklıdır.

8-Cep telefonu baz istasyonlarının korunum standartları var mıdır?

American National Standart Institute (INSE) ve Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ve the National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP)

Bu RF standartları “düzlem dalga güç yoğunluğunda ” mW/cm^2 birimiyle verilir. PCS antenler için (~1800-2000 MHz) 1992 ANSI / IEEE’ nin genel maruziyet standardı $1,2 \text{ mW/cm}^2$, cep telefonu için (~900 MHz) ANSI / IEEE genel halk için maruziyet standardı $0,57 \text{ mW/cm}^2$ ICNIRP standardı biraz daha düşük ve NCRP’ ninki temel olarak eşdeğerdir.

1996 yılında U.S. Federal Communications Commission (FCC) cep telefonu baz istasyon antenleri de dahil ayarladıkları aletler ve frekanslar için RF kılavuzunu serbest bıraktılar.

9-RF korunma standardı için bilimsel baz var mı?

RF ışımasına çok yoğun maruz kalındığında zararlı olabiliyor. Katarakt, deri yanması, derin yanıklar, güneş çarpması vb. RF’ nin biyolojik etkisi enerji absorpsiyon oranına bağlıdır. Maruz kalma süresi çok az etkindir. Geniş frekans aralığında (1-10000 MHz) frekans çok az etki eder. Özgül absorpsiyon oranı olarak adlandırılan SAR limiti altında tehlikeli değildir.

10-Tüm korunum standartları aynı mıdır?

Farklı grupların, standart saptamak için kullandıkları modeller farklı olduğundan ANSI / IEEE, ICNIRP, NCRP ve FCC arasında farklılıklar vardır, bu kabul edilemez.

11-U.S.' nin cep telefonu baz istasyonunu korunumu için kılavuzu var mıdır?

1996' da FCC, 1992 ANSI ve 1986 NCRP kılavuzlarını birleştirerek yeni standart oluşturdu. FCC' nin yeni kılavuzunda cep telefonu baz istasyonu standardı 900 MHz' te 0,57 mW / cm ve 1800-2000 MHz olan tüm yeni transmitlere uygulandı. Bu sözü edilen güç yoğunluk standartları baz istasyonların tüm vücut maruziyeti içindir.

12-Cep telefonlarının baz istasyonu antenleri korunum standartlarına göre üretilebilir mi?

Özel dizaynla cep telefonları baz istasyonu antenleri korunum koşullarına uydurulabilir. Yerden 10 m yüksekliğe monte edilen cep telefonu baz istasyonu anteni, en yüksek şiddette çalıştığında yerde antene yakın yerlerde 0,01 mW / cm² bir güç yoğunluğu oluşturur. Yer seviyesindeki yük yoğunluğu genellikle 0,00001-0,0005 mW / cm² aralığında olacaktır. Bu güç yoğunluğu tüm korunum standartlarının çok çok altındadır. Antenin etrafında ~200 m' lik bölgede antenin zemininden belli yüksekliklerde (örneğin; binanın ikinci katı ya da bir tepede) güç yoğunluğu büyük olabilir. Aynı kulede birden fazla anten varlığında bile bir antenden 55 m' den daha fazla uzaklıklarda ve tüm yüksekliklerde güç yoğunluğu FCC kılavuzunun %5' inden az olacaktır. Antenin çevresinden yaklaşık 200 m ötede güç yoğunluğu artmaz. Bir binanın içindeki güç yoğunluğu dışarıdakinden 3-20 arası faktör kadar daha düşük olacaktır. Peterson etal ölçümleri 1600 W antenler için 40-83 m yüksekliklerdeki kulelerde yapıldı. Yerdeki max güç yoğunluğu 0,002 mW / cm² ve yerden 20-80 m' de bu değer max bulundu. Kulenin dibinden 100 m uzaklıkta ortalama güç yoğunluğu 0,001 mW / cm² den daha azdı.

Bu max RF güç yoğunluğu halk maruziye standartlarından (FCC, ANSI / IEEE, NRPP, ICNIRP) %1 daha azdı. 1999' da Vancouver (Canada) de 5 okulda RF seviyeleri ölçüldü, 3' ünde yakınında ya da içinde baz istasyonu vardı. Max okumalar listedeki gibi elde edildi.

Çizelge.9.2 1999 Yılında Vancouver'da yapılan maximum RF ölçümler

Okul	Baz istasyon yeri	Max RF seviyesi
1	PCS yolun karşısında	0,00016 mW / cm ²
2	çatıda analog baz istasyonu	0,0026 mW / cm ²
3	yolun karşısında analog baz istasyonu	0,00022 mW / cm ²
4 ve 5	yakında anten yok	0,00001 mW / cm ² , den az
Kanada Standartı		0,57 mW / cm ² , den az

2000 yılında İngiltere Ulusal Radyasyondan Korunma Komitesi, çevresinde 17 cep telefonu baz istasyonu bulunan 118 yerleşkede RF seviyesi ölçtü. Herhangibir yerleşim birimindeki max maruziyet 0,00083 mW / cm² idi. (çatısında anten olan okul binasının 60 metrelik oyun alanı dahil) Tipik güç yoğunluğu 0,0001 mW / cm²,den daha düşüktü (ICNIRP' ın kılavuzundakinden %0,01 daha az). İçerdeki yük yoğunluğu dışarıdakinden daha azdı. Tüm kaynaklardan RF ışıması (cep telefonu, FM radyo, televizyon vb.) hesaba katıldığında herhangi bir yerdeki yük yoğunluğu ICNIRP' ın maruziyetinden %0,2 daha azdı.

Çizelge 9.3 Cep telefonu baz istasyonları standartları

100 mW / cm ²	- Zararlı
40 mW / cm ²	- Zarar oluşturabilir
4 mW / cm ²	- Zarar kesin değil
1 mW / cm ²	- FCC maruziyet standartı (2000 MHz)
0,5 mW / cm ²	- FCC maruziyet standartı (900 MHz)
0,01 mW / cm ²	-Cep Telefonu kulesi yakınındaki max
0,0002 mW / cm ²	-Modern Telefon kulesine yakın

Analog ve dijital cep telefonlarında 800 ve 2200 MHz' teki RF yük yoğunluğunun FCC maruziyet kılavuzundaki standartlarla karşılaştırılması

13-Cep tel (CTBİ) larının maruziyet sınırlarına gelebilme olasılığı var mıdır?

İyi dizayn edilmemiş CTBİ antenleri zarar oluşturma alanına girebilir. Maruziyet kılavuzu antenin yatay 6 m çevre alanı içinde yaşam var olduğu halde monte edilmesi durumunda kontrolsüzlük nedeniyle uygulanamaz. Bu durum daha çok binaların çatısı ve yakını için söz konusudur. Yine aynı grubun araştırmasına göre (Peterson et al 77) 1600 W (ERP) çatının üstündeki antenden 1 m uzakta yük yoğunluğu $2 \text{ mW} / \text{cm}^2$ kadar yüksek bir değerdedir (ANSI maruziyet standartı $1,2-0,57 \text{ mW} / \text{cm}^2$ arasındadır)

14-CTBİ' den ne kadar uzakta durulmalıdır ki korunum şartları uygulanabilsin?

Detaylı olarak montaj, anten yapısı ve oturma yeri hakkında bilgimiz olmalıdır.

14A) Baz genel oturma kriteri nedir?

- 1) Antenin çevresi 1992 ANSI ya da FCC kılavuzlarındaki standartları aşmayacak biçimde düzenlenmelidir.
- 2) Alanda çalışan işçiler varsa ve kontrolsüz maruziyet söz konusu ise çalışanlara nerede alan bulunduğu belirtilmeli ve buraya girerlerken önlemler alınmalı. Genelde bu koşullar antenden 6 m' den daha az mesafe için geçerlidir.
- 3) Kontrollü maruziyet durumunda 1992 ANSI ya da FCC kılavuzlarını geçen alanlar varsa yine çalışanlara bu alanları belirtmek, alana girerlerken gücü kapatmak uygun olur.

14B) Yüksek kazançlı ve düşük kazançlı antenler arasında ne fark vardır?

Çok değişik türde baz istasyonu antenleri vardır ve bunlardaki RF ışıma patterni de başka başkadır. CT' larının ilk kullanıldığında bakarak bu fark söylenebilirdi. Şüphesiz yeni dizayn edilen antenler ve onları değişik saklama yöntemleri bu olasılığı ortadan kaldırmıştır.

14C) 'Anten kazancı' , 'yayım gücü' ve 'etkin ışıma gücü (ERP)' nedir?

Cep telefonu baz istasyon gücü genellikle birimi Watt olan etkin ışıma gücü (ERP) ile tanımlanır. 'Yayım gücü' toplam gücün bir ölçüsüdür. ERP ise asıl ışımadaki güç ölçüsüdür. Eğer anten verimi %100 ise 'yayım gücü' = EPP' dir. Ancak CTBİ (tüm antenlerde olduğu gibi) tam yönlendirilemeyebilirler. 'Antenin kazancı' bir antenin ne kadar iyi yönlendiğine bağlıdır ve dB ile ölçülür. Sonuç olarak 20-50 W yüksek kazanç antenli baz istasyonu yayıcısı her yerde birkaç yüz Watt' tan 1000 W üstüne kadar ERP oluşturabilir. 'Kazanç' ve ERP arasındaki ilişki ampule benzer. 100 W ampulle 100 W spot ışığını karşılaştıralım. Her ikisi de aynı güçtedir, ancak spot lambanın demeti içinde ışık çok parlaktır, demet dışına

çıkıldıkça çok zayıftır. CTBA' yı (yüksek kazançlı anten) spot lambaya benzer ve ERP de spot lambasının asıl demetinin gücüdür.

14D) Yüksek kazanç ve düşük kazanç antenlerinde RF farklı mıdır?

Farklı tip antenler, farklı tip RF patterni sergiler. 1000 W' lık bir düşük kazanç anteninin patterni şekilde verilmiştir.

14E) Üstünde CTBI anteni olan binanın çatı katında oturmak güvenli midir?

Genelde problem değildir.

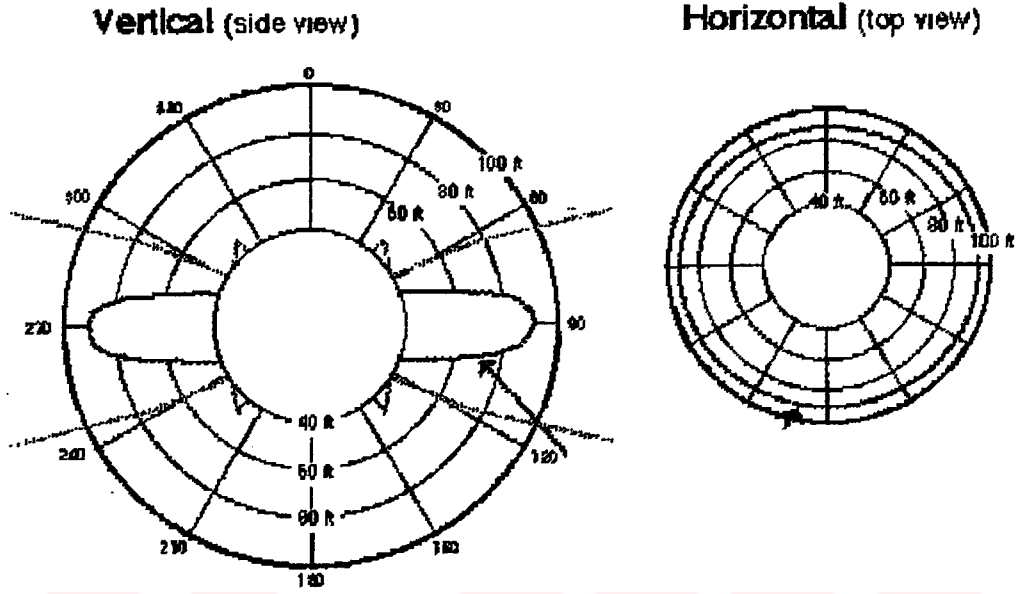
- 1) Yüksek ya da düşük kazançlı antenlerin hiçbirinin direk aşağıya enerji yaymadığı şekillerden görülmektedir.
- 2) Binanın çatısı büyük miktarda RF enerjisi absorplayacaktır. Tipik olarak çatının gelen şiddetini 5-10 faktörüyle azaltması beklenir (metal ya da konkret çatıda bu daha fazladır)
- 3) FCC çatıda düşük güçlü yayıcı önerir.
- 4) En kötü durumda bile hesaplamalar antenin konduğu zemindeki güç yoğunluğunun RF güvenlik standartının çok çok altında olduğunu göstermektedir.

14F) CTBI anteni çevresinde kullanım ya da yapım kısıtlaması var mıdır?

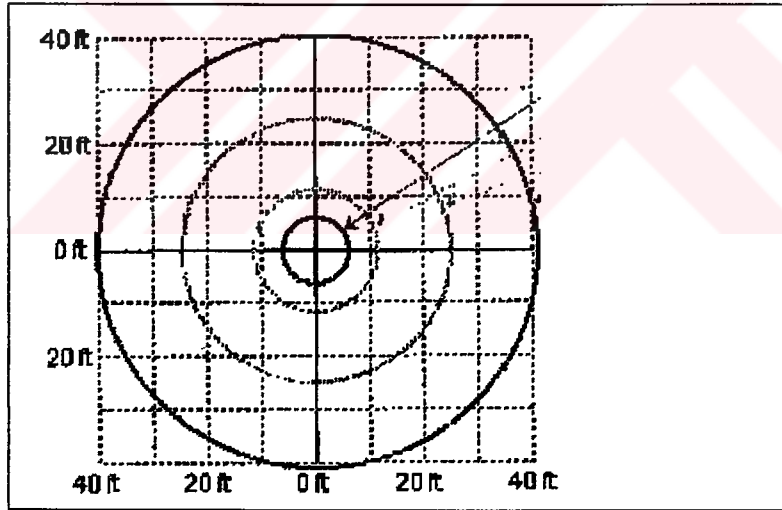
Zemindeki güç seviyesi kılavuzlarda verilen standartları geçmediğinden böyle bir kısıtlama yoktur. 8. ve 12. sorularda bunun yanıtı verilmiştir. 13-14' te tartışıldığı gibi bazı koşullarda kısıtlama gerekebilir. Bazı insanlar baz istasyonlarının hassas bölgelerden uzakta olmasını isterler. Haklılık yanları vardır.

- 1) 12' de tartışıldığı gibi zemindeki güç yoğunluğu baz istasyonundan ~ birkaç yüz metre uzağa gitmeden azalmaz.
- 2) Binada yaşayanlara baz istasyonu etkisi daha azdır.
- 3) Yer seviyesindeki güç yoğunluğunda bir baz istasyonundan yatay uzaklık, anten yüksekliği, anten gücü ve anten paterninden daha az önemli bir faktördür. Ek olarak, baz istasyon anteni cep telefonu kullanıcıdan uzağa taşınırsa;
 - 1- Kullanıcının ellerindeki aletten etkilenmeleri artabilir.
 - 2- Baz anten gücünün artırılması,

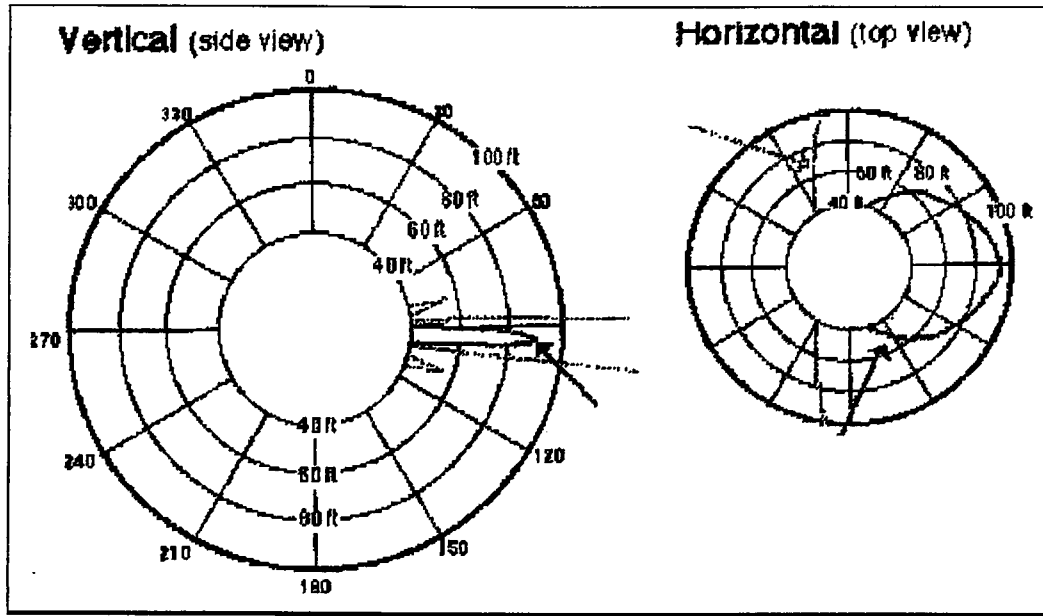
- 3- Baz anteninin yerin üzerinde uzak bir yere yerleşmesi gerekebilir.
- 4- Hücre büyüklüğünü artırır ve kullanıcı sayısını sınırlayabilir.



Şekil 9.1 1000 W Düşük kazançlı bir ERP anteninin RF yayını



Şekil 9.2 1000 W Düşük kazançlı bir ERP anteninin RF yayınlayan antene yakın yük yoğunluğu



Şekil 9.3 Yüksek kazançlı 1000 W ERP anteninin RF yayınları

10. GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Elektromanyetik enerjiyi kullanan çeşitli cihaz ve donanımların çevrede oluşturduğu elektromanyetik alanların, canlılar üzerine etkisinin potansiyel anlamda mevcut olduğu anlaşılmıştır.

Bu konuda yapılan teorik modelleme ve deneysel çalışmalar sayesinde bu etkinin mekanizması hakkında daha ayrıntılı bilgiler elde edilmekte ve gereksiz yere aşırı maruziyeti önlemek için güvenlik seviyeleri oluşturulmaktadır.

Çizelge10.1 IRPA (International Radiation Protection)'nın verdiği 50/60Hz – Elektrik ve Manyetik alanlara maruziyet limitleri [IRPA, 1998]

Maruziyet Çeşidi	Elektrik Alan Şiddeti KV/m (rms)	Magnetik Alan Yoğunluğu M T(rms)
İşyeri		
Tam gün	10	0,5
Kısa süre	30 ^a	5 ^b
Uzuvlar		25
Genel Halk ^c (24 Saatin üzerinde)	5	0,1
Günde birkaç saat ^d	10	1

- Tablo'da 10 ile 30 kV/m arasındaki alanlara maruziyet süresi $t \leq 80/E$ formülünden bulunabilir.
- Günde en fazla maruziyet süresi 2 saattir.
- Bu sınırlamalar halkın günün önemli bir kısmını geçirdikleri, yollar dinlenme eğlence yerleri, parklar, toplantı yerleri gibi açık bölgeler içindir.
- Bu değerler gerekli önlemler alındığında günde birkaç dakika aşılabılır.

Yüksek gerilim taşıma hatlarının ve evlerde kullanılan elektrikli cihazların üretmiş olduğu düşük frekanslı alanların insan üzerindeki muhtemel etkilerinden korunması amacıyla oluşturulan limit değerleri, frekansa bağlı olarak değişmektedir. Bu konuda IRPA (Uluslararası Radyasyondan Korunma Birliği) tarafından düşük frekanslı alanlar için hazırlanan güvenlik standartları, mesleki çalışanlar ve halk için çizelge 10.1'de verilmiştir. Buna göre tam gün çalışma durumlarında maksimum olan değeri 10 kV/m yi geçmemesi gerekir. Ayrıca tam gün çalışma durumlarında manyetik akı yoğunluğu için sınır değer olan 0,5 mT'yi aşmaması istenir. Eğer maruziyet vücudun belirli bir kısmı için söz konusu ise bu eşik değer 25 mT'ye kadar çıkabilir [IRPA,1990].

11.DENEYLER

11.1 Alet Hakkında Genel Bilgi

HI-3604 alan ölçer 50/60 Hz frekanslı elektrik ve manyetik alanları ölçmede kullanılır. Gerçek rms gözetimi complex dalgaların doğru ölçümünü sağlar. Alet elektriksel olarak birbirine bağlanan iki ayrı ve ince iletken diskten oluşur, elektrik alana yerleştirildiğinde yük iki paralel disk arasındaki elektrik alanı sıfır olacak şekilde yeniden dağılır. İki disk yük dağılımı dış elektrik alan gücüyle bağlantılıdır.

Elektrik akımını saptayan ve yuvarlak diski çevreleyen yüzlerce ince sarımdan oluşan bir bobin vardır. Alet değişken manyetik alana yerleştirildiğinde bobinde indüksiyonla oluşan akı, manyetik alan şiddetiyle orantılıdır. Manyetik alan şiddeti, bobinin bağlantılı uçları boyunca oluşan voltajın ölçülmesiyle belirlenir. rms dedektörü, değişik dalga formlarını ve sinüzoidal olmayan dalgaları da içine alan kesin alan değerlendirmesi sağlar

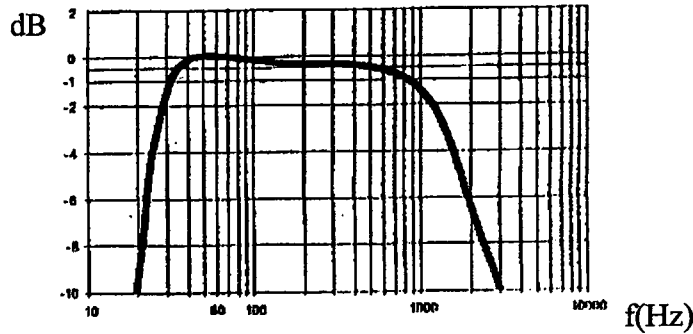
Duyarlılık: Elektrik alanlar için

1V/m –199kV/m

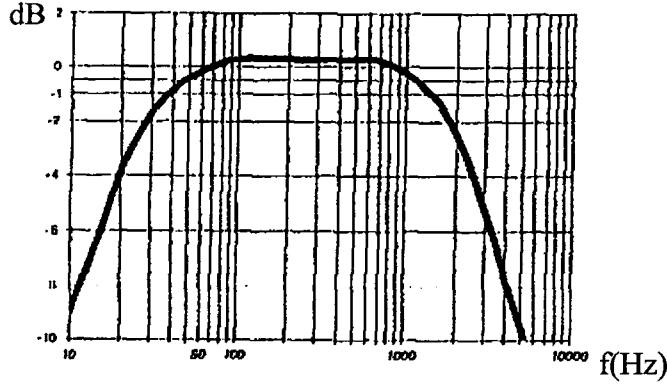
Magnetik alanlar için

0,1 mG-20G

HI-3604 elektrik (E) ve manyetik(H) alanların her ikisinde ölçer.



Şekil 11.1 HI-3604 Manyetik alan [HI, 3604]

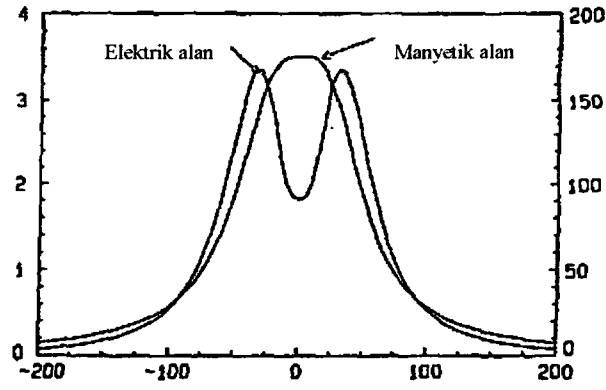


Şekil 11.2 HI-3604 Elektrik alan [HI, 3604]

HI-3604, 60 Hz 'lik alanları da içeren bir çok duruma uygulanabilir. Elektrik enerji hatları bölgesinde elektrik ve manyetik alanların değerlendirilmesi HI-3604 'ün temel örneğini oluşturur. Bu durumda, tipik enerji transmisyon hattını çevreleyen, elektromanyetik alan aşağıdaki şekilde görülebilir. Bu şekil her birinin çevre iletkenleriyle faz farkı 120 olan potansiyeli sahip üç ayrı elektrik iletkeninden oluşan üç fazlı enerji hatlı devreyi gösterir. Koruyucu tel hattın üç aşamasının üzerinde olabilir. Topraklanmış olan bu kablo, korumasız olma durumunda , akım taşıyan iletkenlere çarparak zarar verecek ve hattı kullanım dışı bırakacak şimşek çakmalarında paratoner görevini üstlenir.

Güç hattı tarafından üretilen elektrik ve manyetik alanlar ,iletkenlerden akan elektrik akımının büyüklüğü ve iletkenler üzerindeki voltaja bağlı olarak ortaya çıkar. Şekil 11.2'de bu alanların yaklaşık uzaysal konumunu gösterir. Elektrik alan çizgileri dünyanın yüzeyine dik açıyla ulaşacak biçimde yönlendirilmiştir. Manyetik alan çizgileri ise iletkenleri çevreleyen çizgiler olarak görülür. Uzayda herhangi bir noktada alan,her iletkenle bağlantılı alanların süperpozisyonu ile belirlenir. Çünkü voltaj ve her iletkenin akımı,diğerlerinininkiyle aynı fazda değildir. Bunlar arasında iletkenler sınırlı yere sahiptir. Ortaya çıkan elektrik ve manyetik alanlar her üç iletkenin sebep olduğu alanların vektörel toplamaları baz alınarak hesaplanır.

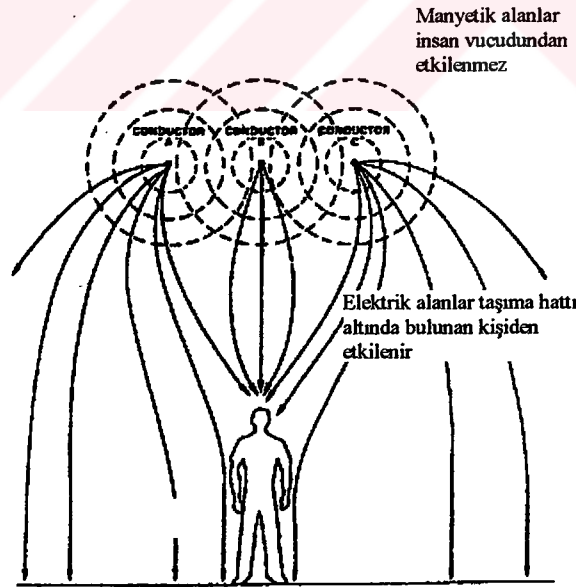
Bu yüzden güç hattı alanları, olabildiğince karışık uzaysal dağılımlara sahip olabilirler. 1000 A akım taşıyan tipik 345 kV taşıma hattı için alan dağılımını göstermektedir. Bu şekilde alan şiddetleri hattın bir ucundan diğerine yerden 1 metre yükseklik alınarak hesaplanmıştır.



Şekil.11.3 1000 Amper taşıyan tipik 345 kV taşıma hattı için alan dağılımı [HI, 3604]

Güç hatları altında bulunan elektrik alanlar ,yerel çevreden etkilenir. Şekil 11.4 hat altında kalan bir kişinin kafası üzerinde oluşan elektrik alan konsentrasyonu göstermektedir. Elektrik alan çizgileri yere temas eden cisimlerde sonlandığı ve insan vücudu geçirgen ve elektriksel olarak zemin potansiyeline yakın olduğundan,başın üst kısmında alan çizgileri konsentrasyonu oluşmaktadır.

Aynı olay güç hattının elektrik alanında bulunan topraklanmış her nesnede oluşur ve alan ölçümleri yoluyla saptanır.



Şekil 11.4 Hat altında kalan bir kişinin kafatasında oluşan elektrik alan konsentrasyonu [HI, 3604]

Vücut manyetik olmadığından benzer bir manyetik alan karışıklığı oluşmaz. Aynı zamanda toprakta sonlanan elektrik alan çizgilerinin temelde tamamıyla dikey olarak İletkenlerin altına yönlendirildiğinde, hattın genişletilmiş yatay uzaklıklarda alana doğru yatay bileşenler

olabilir. Bu yüzden enerji hattı yakınındaki elektrik alan ölçümünde alanın farklı kutup bileşenlerini keşfetmek, toprak üzerindeki noktada sonuçlanan elektrik alanlarını değerlendirmede önemlidir.(Şekil 11.4) 345 kV hattının altındaki maksimum elektrik alan gücünün ~ 3.4 kV/m olması beklendiğini gösterir.Maksimum manyetik alan şiddeti,hattın içindeki akımın büyüklüğüne bağlı olacaktır.(Şekil 11.4) Hattın 1000A'lık akım taşıdığındaki durumunu ve 175mG (14 A/m 'ye eşit) maksimum değerini gösterir.

Elektrik alan gücünün ölçümü,güç hattı altında veya elektrik alanlarının diğer kaynakları yanında üç ayaklı iletken olmayan sehpanın üzerine HI-3604 'ü yerleştirerek yapılır. Kullanıcının bu aygıtı dokunmaması önemlidir. Çünkü bu HI-3604 'ün vereceği yanıt büyük ölçüde değiştirecek ve alan gücünün hatalı hesaplanmasına neden olacaktır. Operatör kendi boyundan bir veya iki misli yüksek yerde durmalı ve "fiber optik" uzaktan kumanda ile dataları almalıdır.

Bu aygıt HI-3613 yukarıya doğru yönlendirilen dijital çıktı ile desteklendirilir. Bu pozisyonda toprağa doğru yönlendirilen elektrik alan hatları akım saptayıcının doğru tarafına vuracaktır. Böylece alan gücü doğru ölçülecektir. Saptayıcı aygıtın ,ön tarafının elektrik alan kaynağına doğru çevrilmesi zorunludur.

(Şekil 11.4) Vücudun elektrik alanını nasıl karıştırdığını göstermektedir. Bölgesel olarak artan elektrik alanı ,diğer civar bölgelerde azalan güce sebep olacaktır. Eğer vücut bu aygıttan gerektiği kadar uzak tutulmazsa elektrik alan gücünün yanlış ölçülmesine neden olur. Genelde,bütün alan ölçümleri düzenli değerlerin değerlendirilmesi yönünde olmalıdır. Düzenli karışık olmayan alan güçleri,örneğin boş(serbest) uzay değerli, vücuttaki iç akımlarla daha yakinen ilgilidir.

Bu akım elektrik akım "exposure'nin potansiyel dosimetric" ölçümünü gösterir. Güç hatları altındaki elektrik alan gücünün ölçümü,HI-3604'ü saptama diski yukarı gelecek şekilde sırtüstü yatırılarak yapılabilir.

Bu uygulamada dikey kutupsal elektrik alan bileşenleri ölçülür. Her iki durumda da üç ayaklı üzerinde yükseltiler veya yere uzatılan aletle HI 3604, aletin gövdesinin uzun eksenini güç hattının iletkenine paralel olması için yönlendirilir.

Bu yönlendirme HI-3604'ün asimetric fiziksel şeklinden kaynaklanan elektrik alanın yatay bileşenlerine olabilecek alet tepkisini azaltmak için gereklidir.

Manyetik alan gücü, alan hattına dikey olarak saptayıcının yönlendirilmesiyle ölçülür. Saptayıcı düğüm sıralanır. Böylece maksimum sayıdaki manyetik alan akış hatları loop aralıklarından geçer. Manyetik alan ölçümlerini yaparken, HI-3604 operatörünün yanından tutulabilir. [HI-3604]

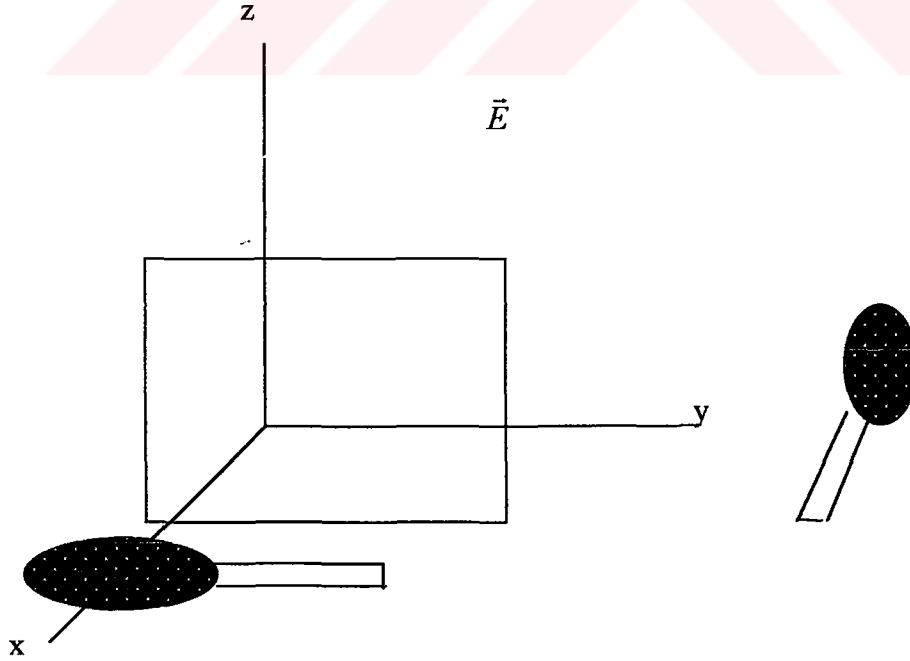
11.2 Yapılan Ölçümlerin Yöntemi

Evlerde, ofislerde EM enerjinin kullanımı çok hızlı bir artış gösterdi. Teknolojideki ilerlemeler elektrikli aletlerin türünü artırdı. Bu da elektriksel çevreyi değiştirdi. Tıpta da bu aletleri geniş bir biçimde kullanıyoruz. Tüm bunlar EM çevre kirliliğine sebep oldu ve korunma ve güvenilirlik gibi önemli problemler doğurdu.

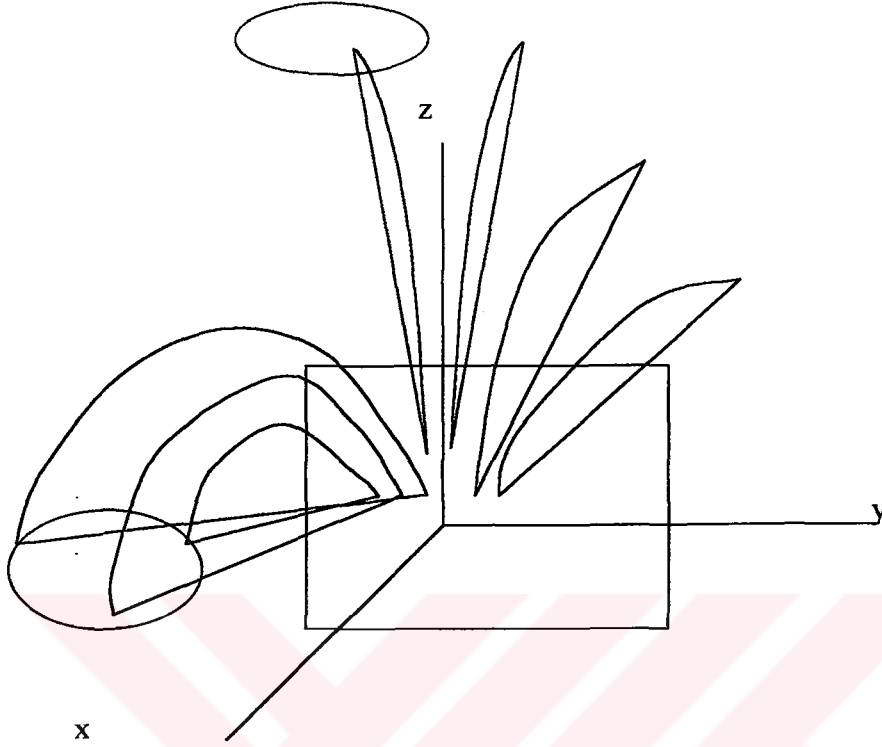
Bu çalışmanın amacı elektrik ve manyetik alanların (evde) ölçümü ve bunların literatürdeki verilerle karşılaştırılmasıdır.

Günlük hayattaki EM kirlilik ölçümleri için elektrikli aletlerin daha çok yer aldığı mutfak, banyo ve oturma odası, çalışma odasında ölçümler yapılmıştır.

Çok düşük frekanslı 30-300 Hz arası ELF (Extremely low frequency) alan ölçerle (50-60 Hz için düzenlenmiş) ölçüm yapılmıştır. Elektrik ve manyetik alan ölçümleri üç doğrultuda (x,y ve z düzlemlerinde) gerçekleştirilmiştir.



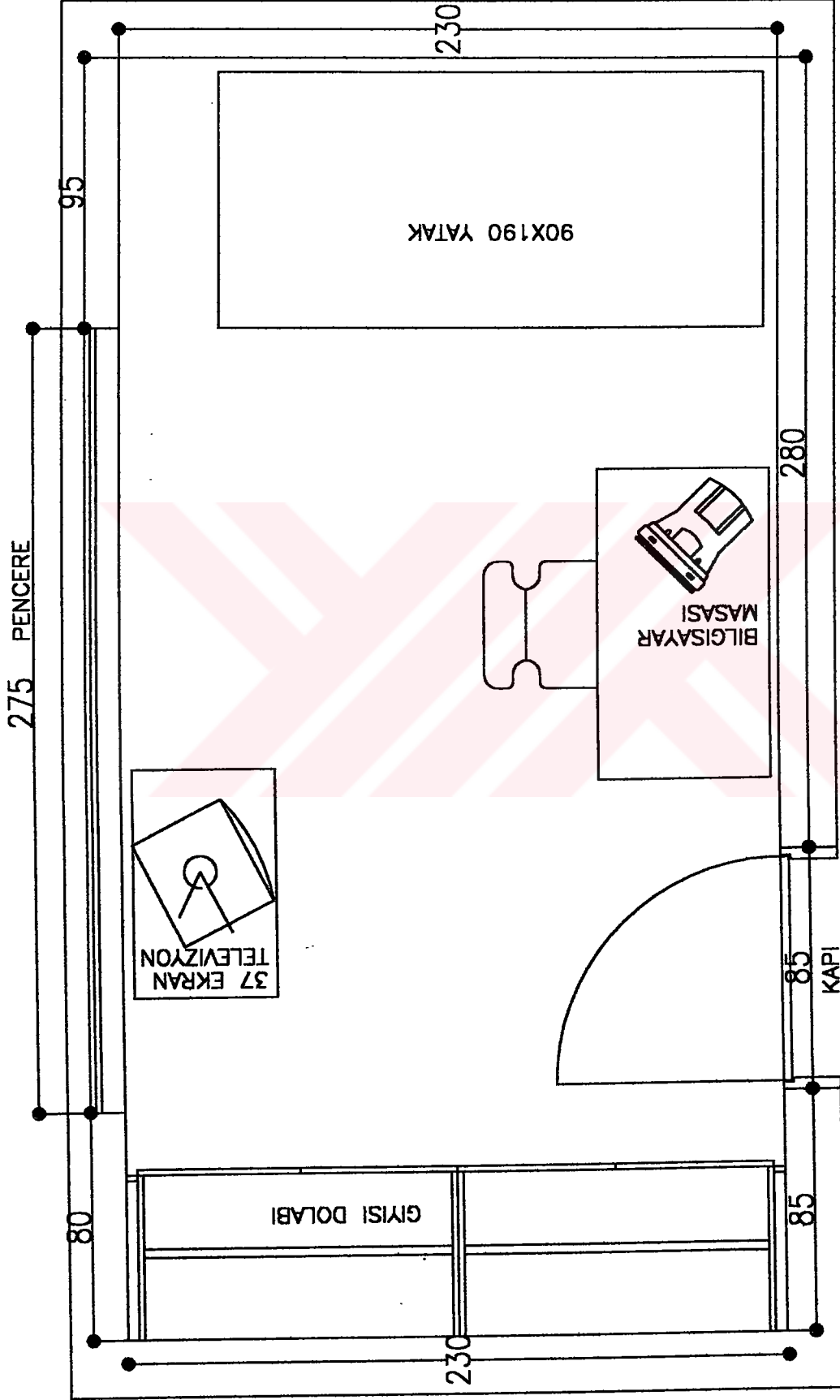
Şekil 11.5 Elektrik alanın ölçüm şeklinin gösterimi



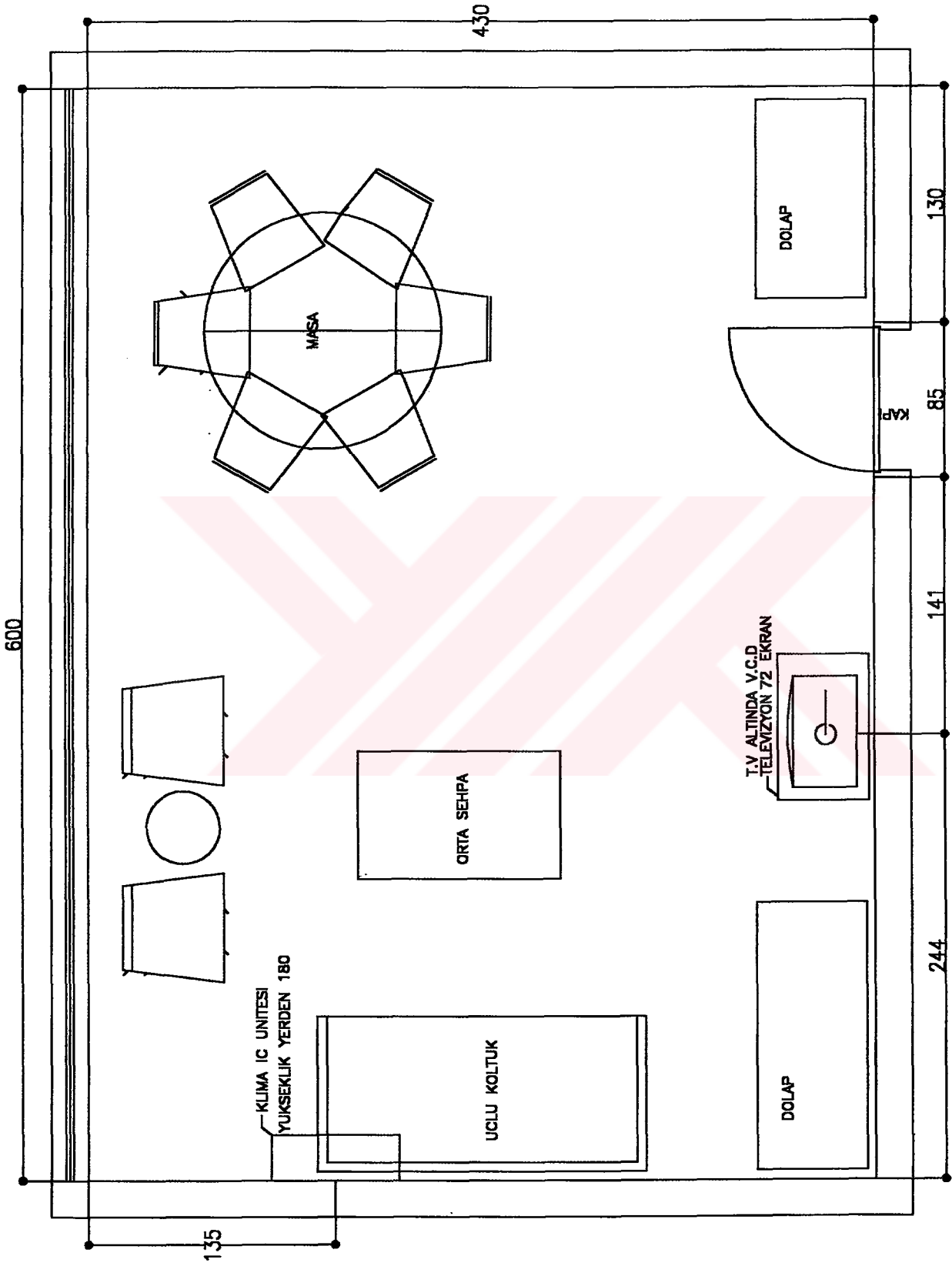
Şekil 11.6 Manyetik alanın ölçüm şeklinin gösterimi

Bu bize alanların konuma bağlı değişimini verir. Ölçümler yatak odası, salon, banyo, mutfak ve çalışma odasında yapılmıştır. Ölçüm yapılan mekanların planları verilmiştir. Ölçümler aletler fişe takılı iken yapılmıştır. Teker teker etkiyi tespit etmek için her bir alet için ayrı ölçümler alınmıştır. İlk ölçüm aletin önünde yapılmış, diğer ölçümler 5' er cm aralıklarla 40 cm mesafeye kadar ölçümler tekrarlanmıştır.

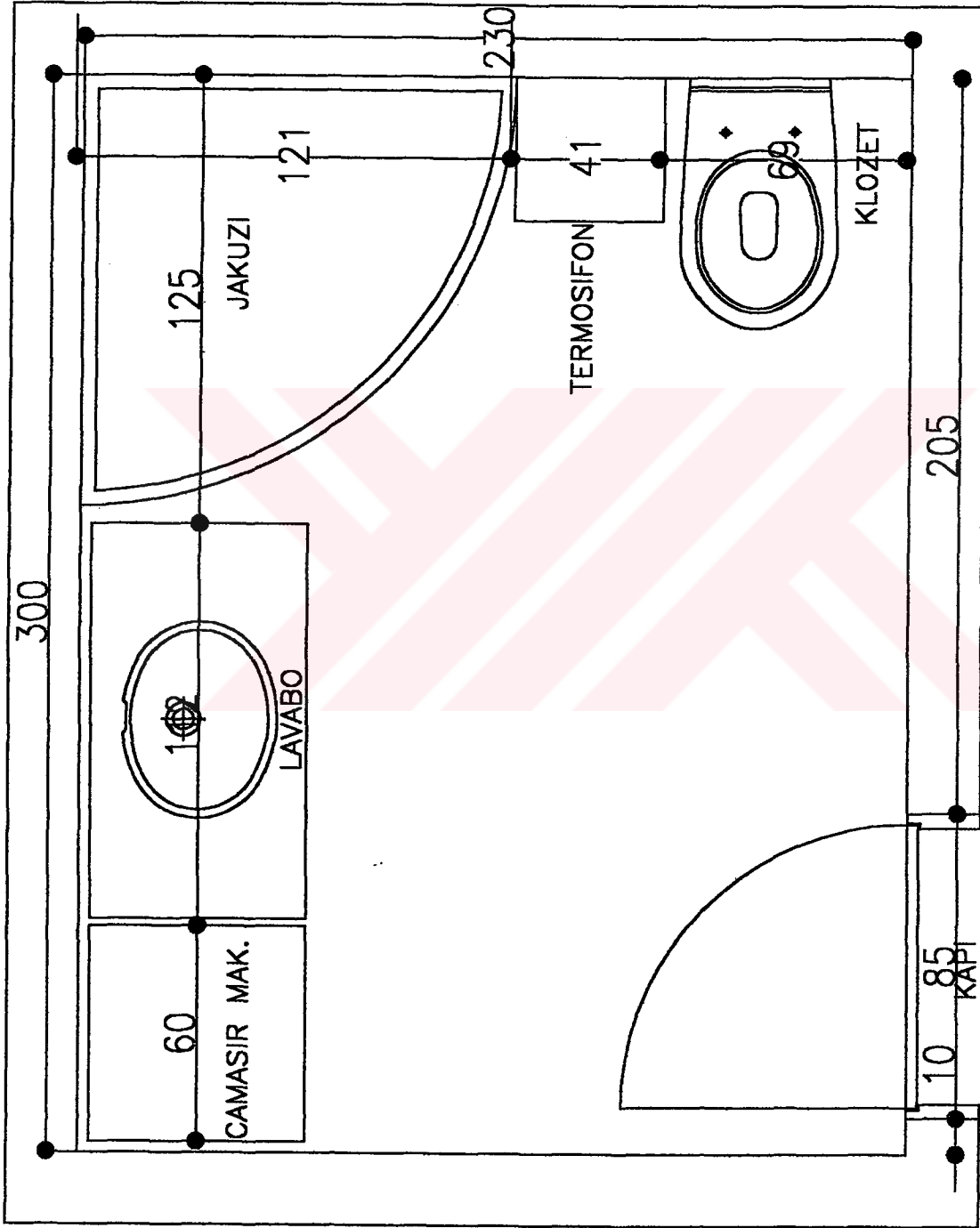
Ölçümler sonunda elektrikli cihazdan uzaklaştıkça, etrafa dağılan elektrik ve manyetik alanın azaldığını görmekteyiz. Çok düşük frekanslı (ELF) elektrik ve manyetik alanlar 30 Hz den 300 Hz band içeren 50-60 Hz'lik alanlardır. E ve M alanları 1/16'sına eşit uzaklıktaki yakın bölgelerde ayrı ayrı saptanmaktadır. Çünkü bu bölgede alanlar birbirini oluşturmaz. Elektrik ve manyetik alanlar birbirine dik iki bileşeni olan EM alan olarak görünür. ELF alanların uzun dalga boyları nedeniyle 6000 km (50 Hz alanlar için), E ve M alanlar kaynaktan çok uzağa gitmeden kaybolur [Tulgar,1994].



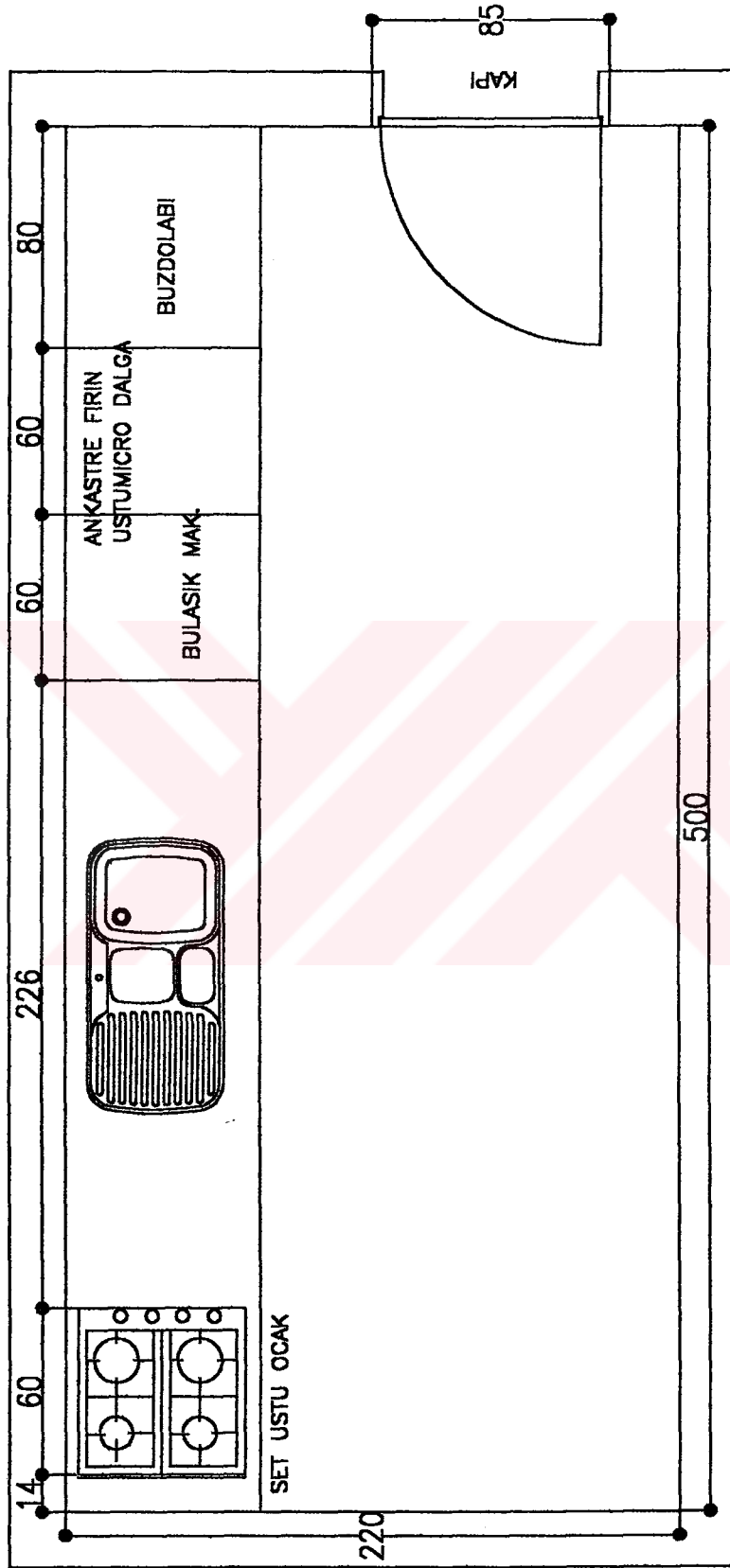
Şekil 11.7. Yatak odası planı



Şekil 11.8. Salon planı



Şekil 11.9. Banyo planı

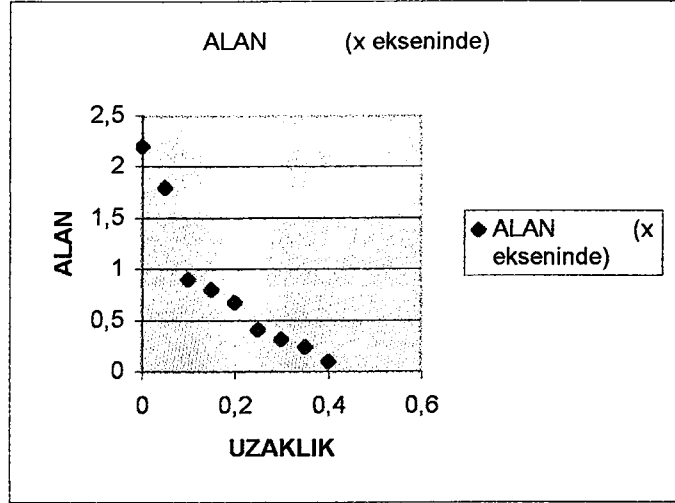


Şekil 11.10. Mutfak planı

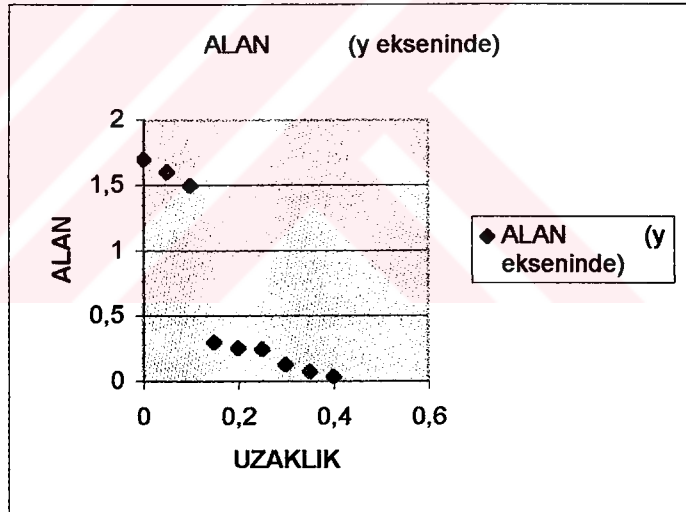
11.3 Yapılan Ölçümler

11.3.1 37 Ekran TV (A/m) cinsinden değeri

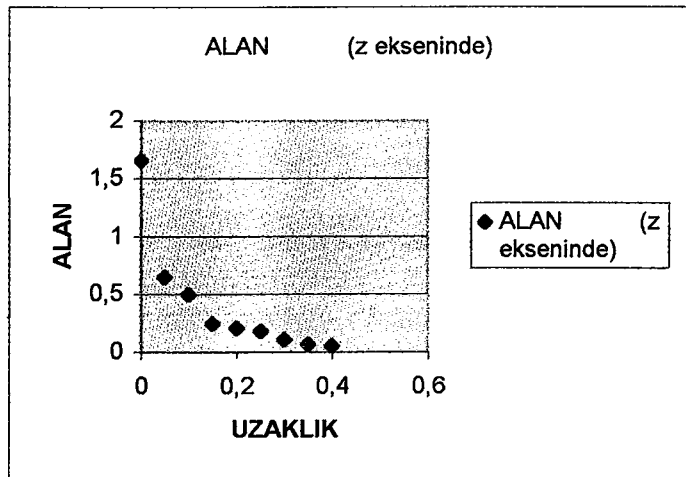
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	2,2
0,05	1,8
0,1	0,9
0,15	0,8
0,2	0,68
0,25	0,41
0,3	0,32
0,35	0,242
0,4	0,1



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	1,7
0,05	1,6
0,1	1,5
0,15	0,3
0,2	0,26
0,25	0,25
0,3	0,132
0,35	0,08
0,4	0,04



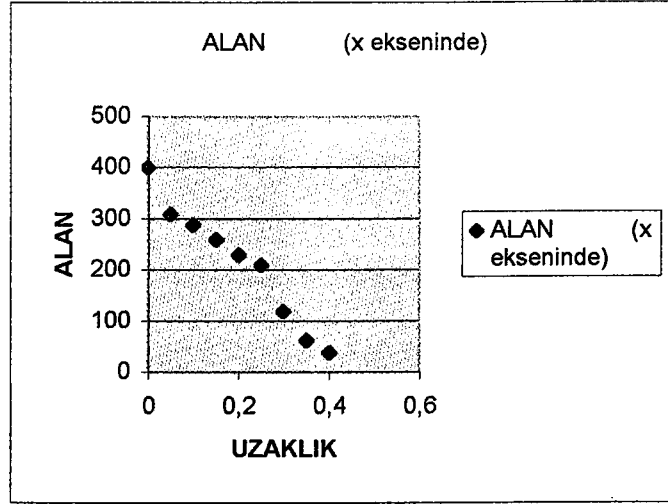
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	1,66
0,05	0,65
0,1	0,5
0,15	0,25
0,2	0,21
0,25	0,18
0,3	0,11
0,35	0,07
0,4	0,057



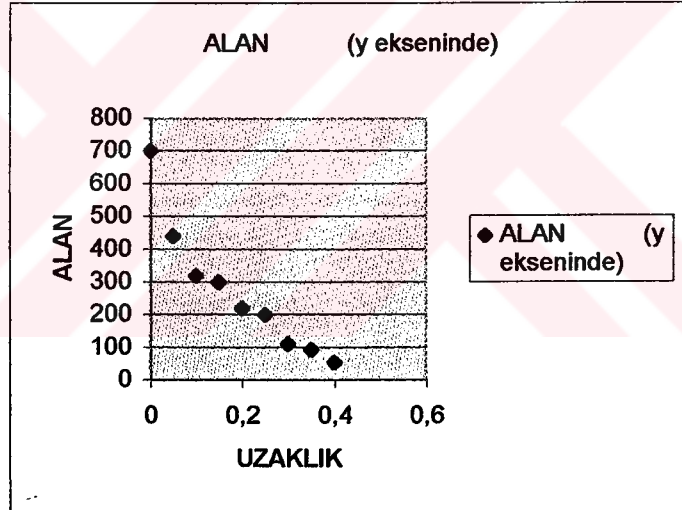
Şekil 11.11 37 Ekran TV (A/m) cinsinden x, y, z doğrultularında değerleri

11.3.2. 37 Ekran TV (V/m) cinsinden değeri

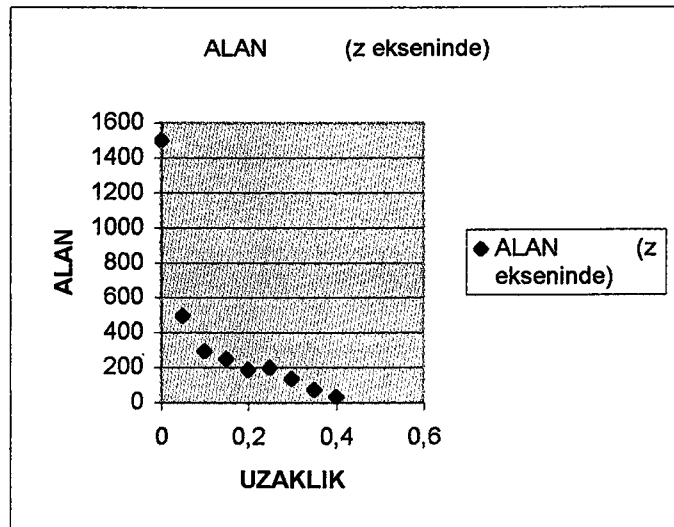
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	400
0,05	310
0,1	288
0,15	260
0,2	230
0,25	210
0,3	120
0,35	62,4
0,4	38,9



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	700
0,05	440
0,1	320
0,15	300
0,2	220
0,25	200
0,3	110
0,35	93,2
0,4	55,3



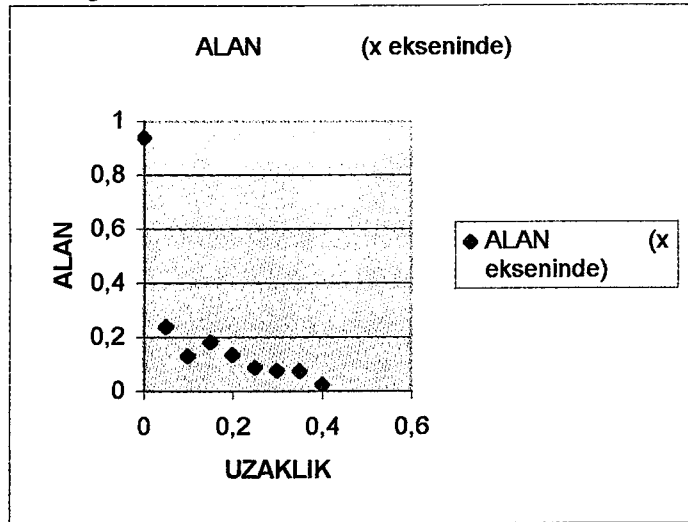
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	1500
0,05	500
0,1	294
0,15	250
0,2	190
0,25	200
0,3	140
0,35	76,2
0,4	35,2



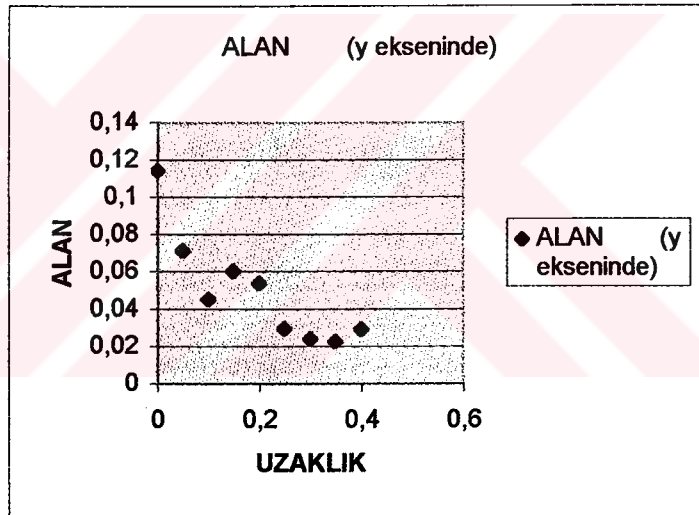
Şekil 11.12 37 Ekran TV (V/m) cinsinden x,y, z eksenleri doğrultusunda değerleri

11.3.3 Bilgisayar (A/m) cinsinden değeri

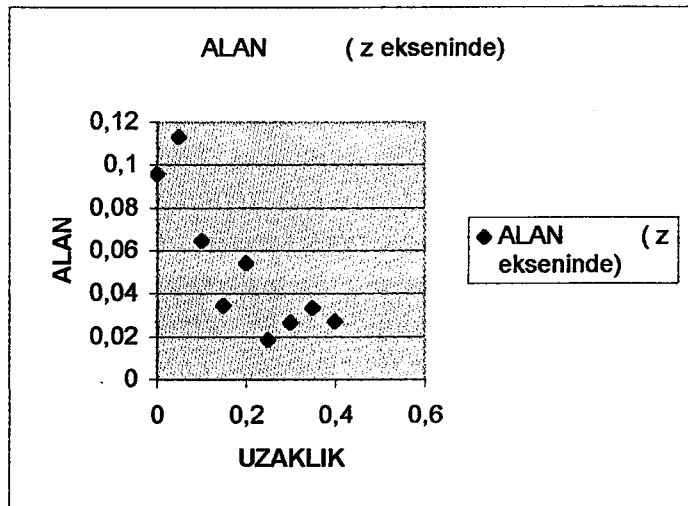
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	0,94
0,05	0,24
0,1	0,1324
0,15	0,1835
0,2	0,1372
0,25	0,0898
0,3	0,0767
0,35	0,0764
0,4	0,0268



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	0,1143
0,05	0,0712
0,1	0,0455
0,15	0,0605
0,2	0,0538
0,25	0,0296
0,3	0,0243
0,35	0,0228
0,4	0,0292



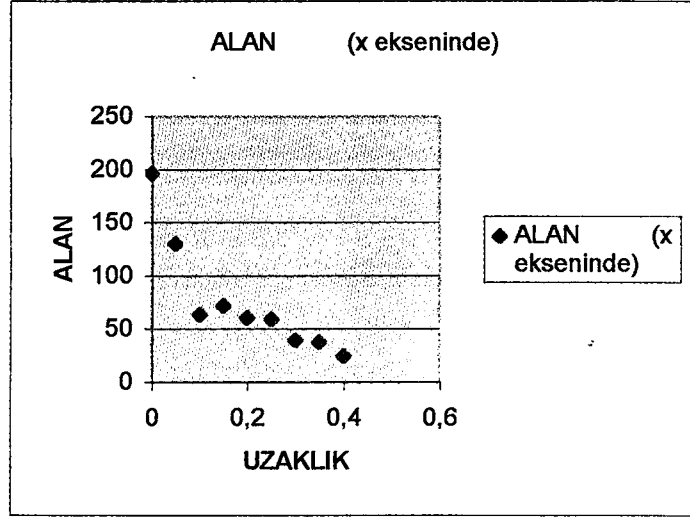
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	0,0958
0,05	0,1133
0,1	0,0648
0,15	0,0348
0,2	0,0543
0,25	0,0188
0,3	0,0267
0,35	0,0336
0,4	0,0273



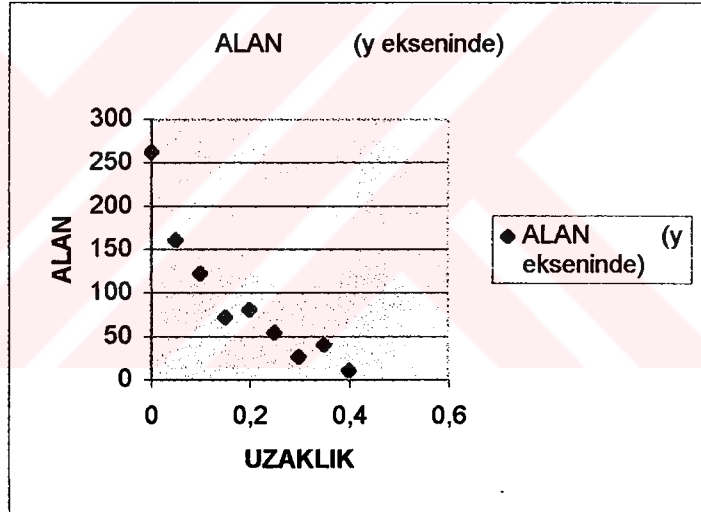
Şekil 11.13 Bilgisayar (A/m) cinsinden x,y ,z doğrultusunda değerleri

11.3.4 Bilgisayar (V/m) cinsinden değeri

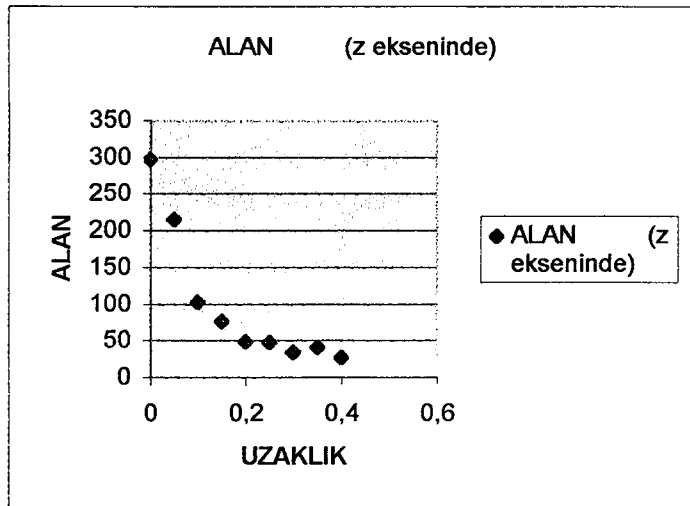
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	197
0,05	130,6
0,1	64,1
0,15	72,5
0,2	61,2
0,25	59,8
0,3	40,2
0,35	38,5
0,4	25,2



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	263
0,05	161,2
0,1	122,8
0,15	72,8
0,2	81,2
0,25	54,8
0,3	27,2
0,35	41,3
0,4	11,3



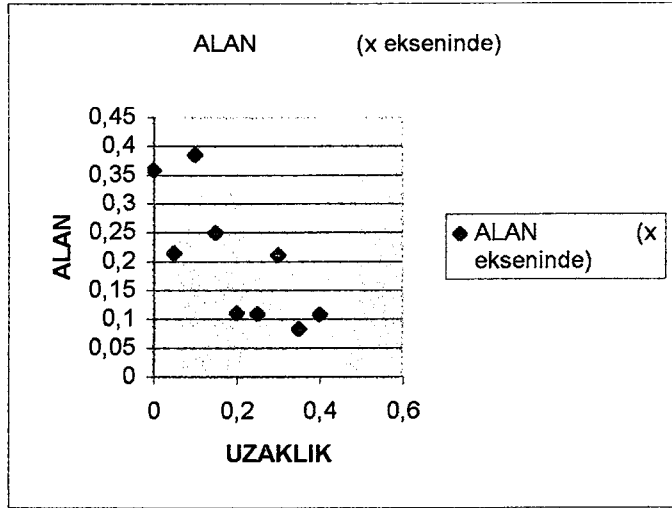
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	298
0,05	216
0,1	103,2
0,15	76,8
0,2	49,2
0,25	48,5
0,3	34,5
0,35	41,3
0,4	28,1



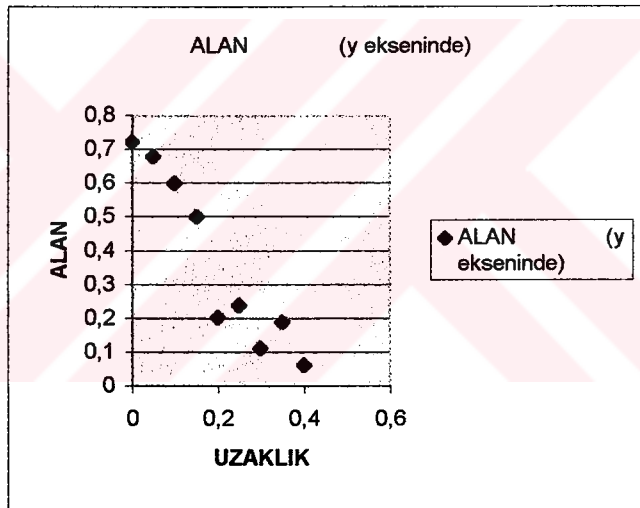
Şekil 11.14 Bilgisayar (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri

11.3.5 Bulaşık makinası (A/m) cinsinden değeri

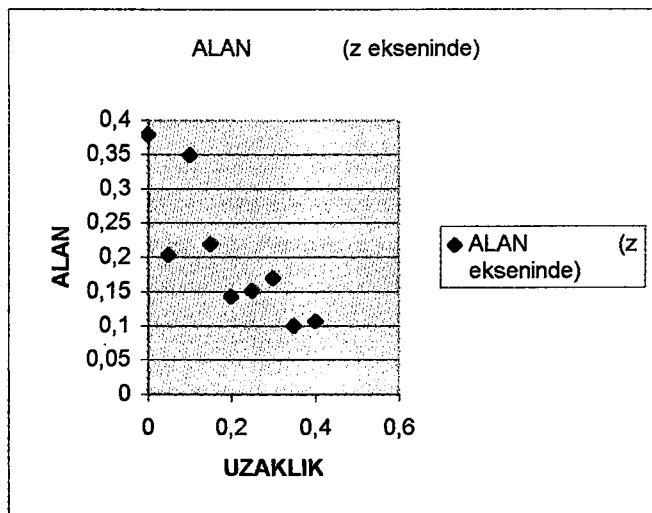
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	0,36
0,05	0,215
0,1	0,386
0,15	0,25
0,2	0,1112
0,25	0,1104
0,3	0,212
0,35	0,0841
0,4	0,1092



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	0,722
0,05	0,68
0,1	0,6
0,15	0,5
0,2	0,203
0,25	0,24
0,3	0,1121
0,35	0,19
0,4	0,0612



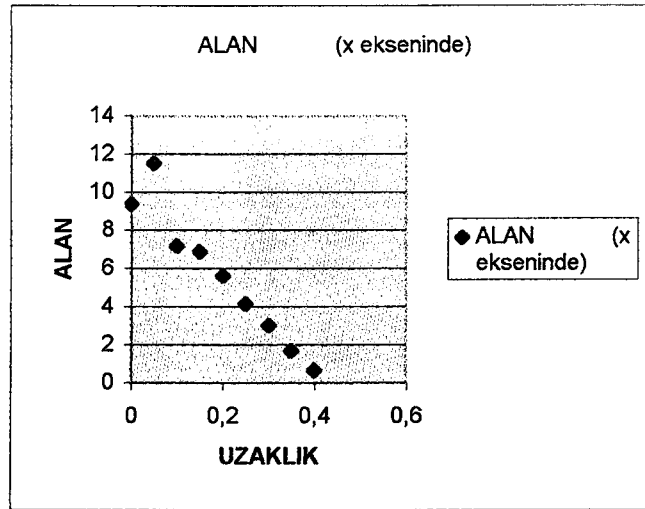
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	0,38
0,05	0,204
0,1	0,35
0,15	0,22
0,2	0,1435
0,25	0,1512
0,3	0,17
0,35	0,1004
0,4	0,1072



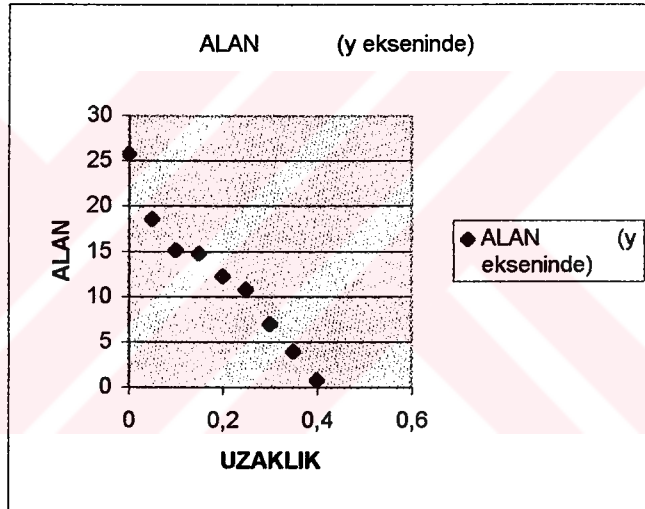
Şekil 11.15 Bulaşık makinası (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değeri

11.3.6. Bulaşık makinası (V/m) cinsinden değeri

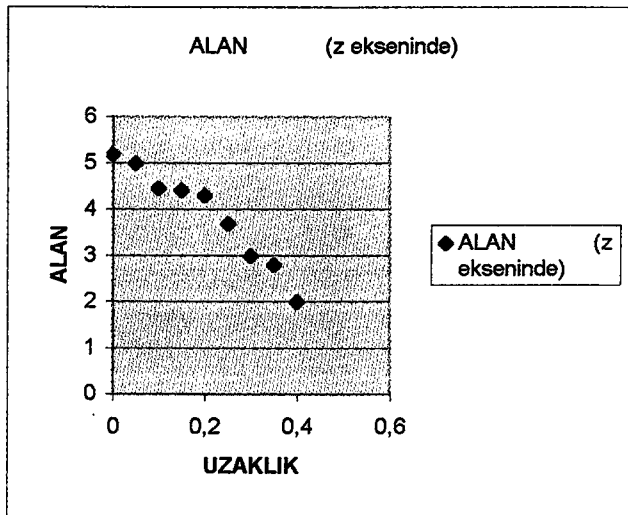
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	9,4
0,05	11,55
0,1	7,2
0,15	6,9
0,2	5,63
0,25	4,16
0,3	3,02
0,35	1,7
0,4	0,68



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	25,8
0,05	18,6
0,1	15,2
0,15	14,8
0,2	12,3
0,25	10,8
0,3	7
0,35	4
0,4	0,83



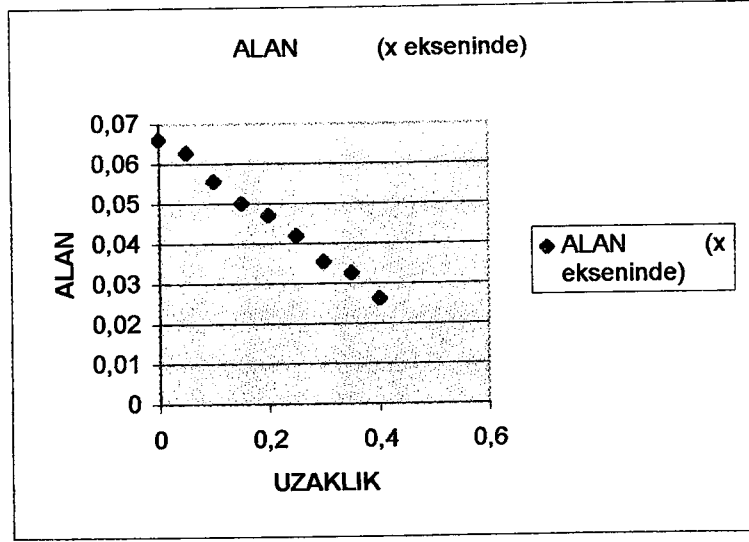
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	5,19
0,05	5
0,1	4,45
0,15	4,42
0,2	4,3
0,25	3,7
0,3	3
0,35	2,8
0,4	2



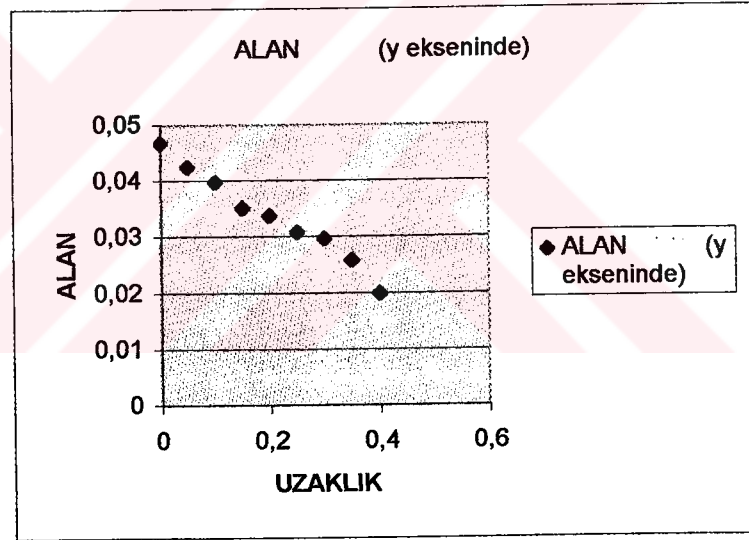
Şekil 11.16 Bulaşık makinası (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri

11.3.7 Buzdolabı (A/m) cinsinden değeri

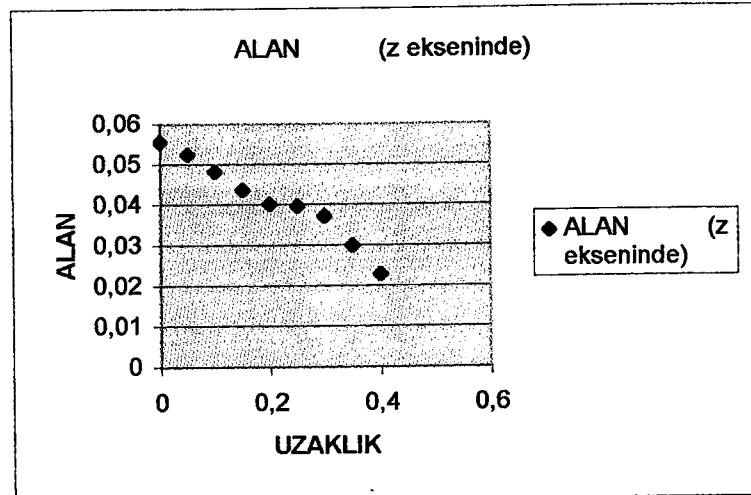
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	0,0662
0,05	0,0628
0,1	0,0557
0,15	0,0502
0,2	0,0471
0,25	0,042
0,3	0,0355
0,35	0,0327
0,4	0,0264



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	0,0468
0,05	0,0425
0,1	0,0398
0,15	0,0352
0,2	0,0338
0,25	0,0308
0,3	0,0297
0,35	0,0258
0,4	0,02



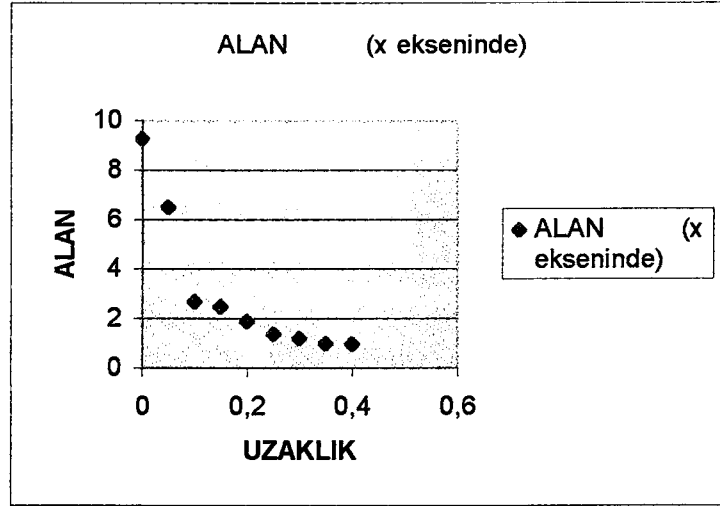
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	0,0556
0,05	0,0525
0,1	0,0482
0,15	0,0437
0,2	0,0402
0,25	0,0397
0,3	0,0372
0,35	0,03
0,4	0,023



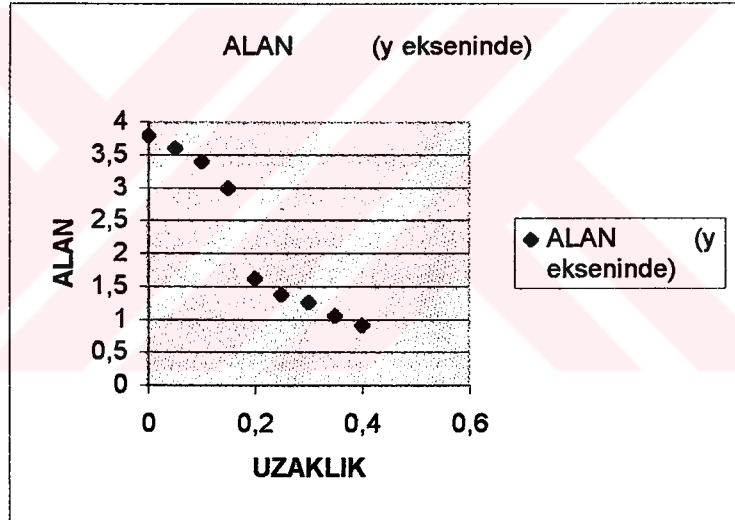
Şekil 11.17 Buzdolabı (A/m) cinsinden x, y, z doğrultularında değerleri

11.3.8 Buzdolabı (V/m) cinsinden değeri

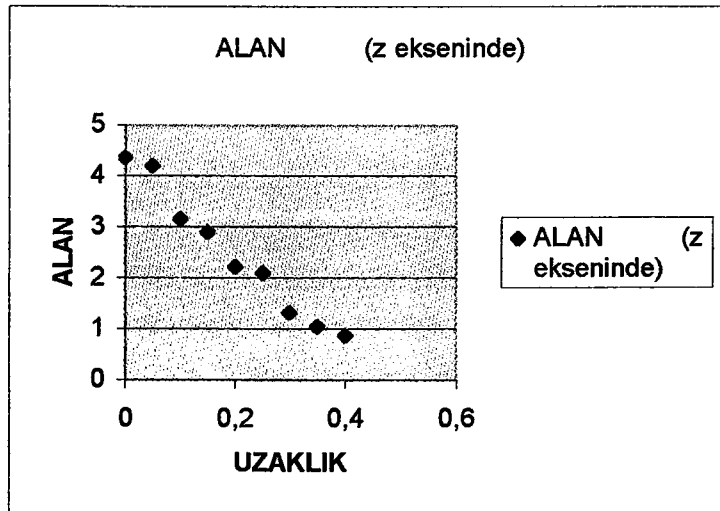
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	9,28
0,05	6,5
0,1	2,7
0,15	2,5
0,2	1,9
0,25	1,4
0,3	1,2
0,35	1,01
0,4	0,98



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	3,8
0,05	3,6
0,1	3,4
0,15	3
0,2	1,62
0,25	1,38
0,3	1,27
0,35	1,06
0,4	0,92



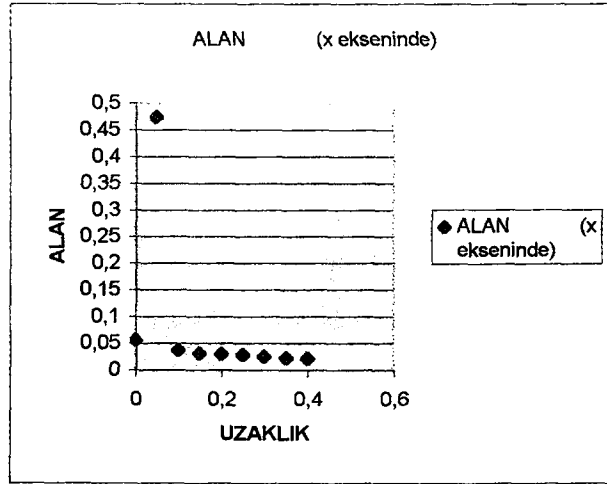
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	4,36
0,05	4,2
0,1	3,16
0,15	2,9
0,2	2,22
0,25	2,1
0,3	1,32
0,35	1,05
0,4	0,87



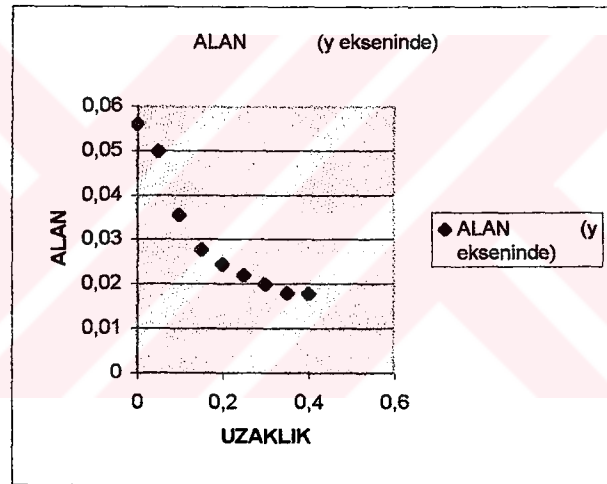
Şekil 11.18 Buzdolabı (V/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değerleri

11.3.9 Otomatik amaşır makinası (A/m) cinsinden değeri

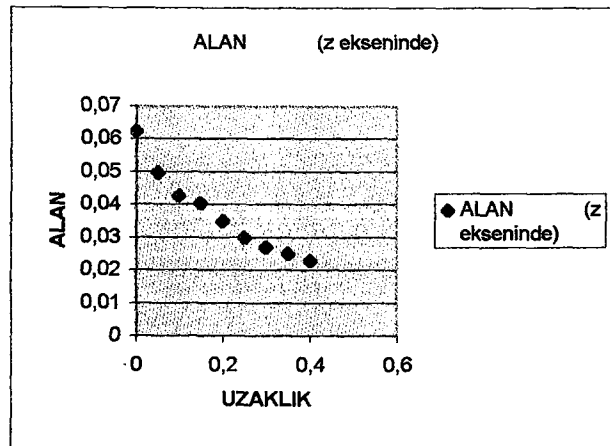
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	0,0568
0,05	0,475
0,1	0,0383
0,15	0,0327
0,2	0,0305
0,25	0,0298
0,3	0,0257
0,35	0,0235
0,4	0,0225



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	0,0561
0,05	0,05
0,1	0,0357
0,15	0,0278
0,2	0,0245
0,25	0,022
0,3	0,02
0,35	0,018
0,4	0,0179



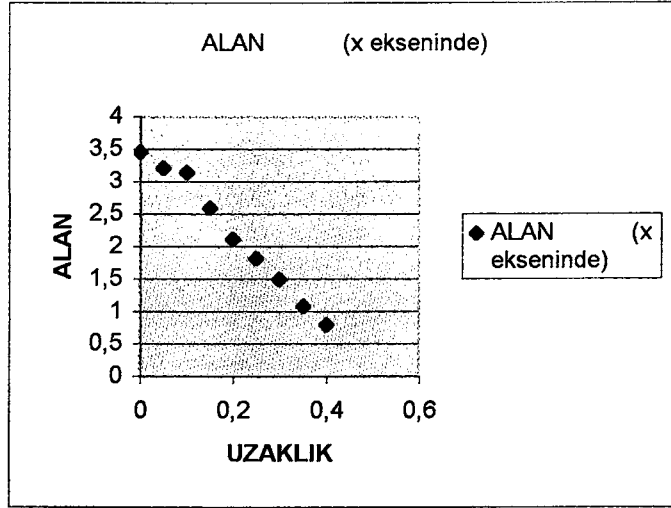
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	0,0625
0,05	0,0498
0,1	0,0427
0,15	0,0405
0,2	0,035
0,25	0,03
0,3	0,027
0,35	0,025
0,4	0,023



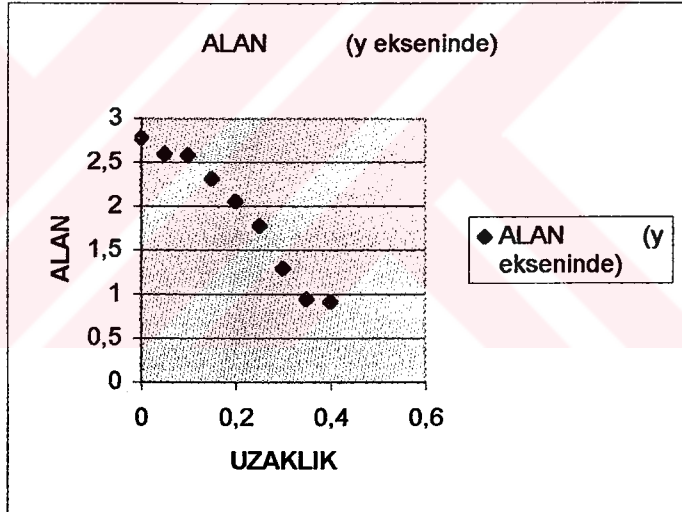
şekil 11.19 amaşır makinası (A/m) cinsinden x,y,z doğrultusunda değeri

11.3.10 Otomatik amaşır makinası (V/m) cinsinden değeri

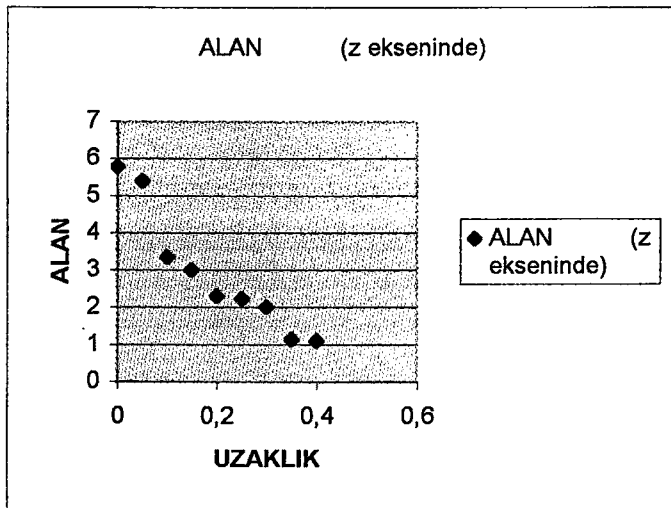
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	3,46
0,05	3,22
0,1	3,15
0,15	2,6
0,2	2,12
0,25	1,82
0,3	1,5
0,35	1,09
0,4	0,8



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	2,78
0,05	2,6
0,1	2,59
0,15	2,32
0,2	2,06
0,25	1,78
0,3	1,3
0,35	0,95
0,4	0,92



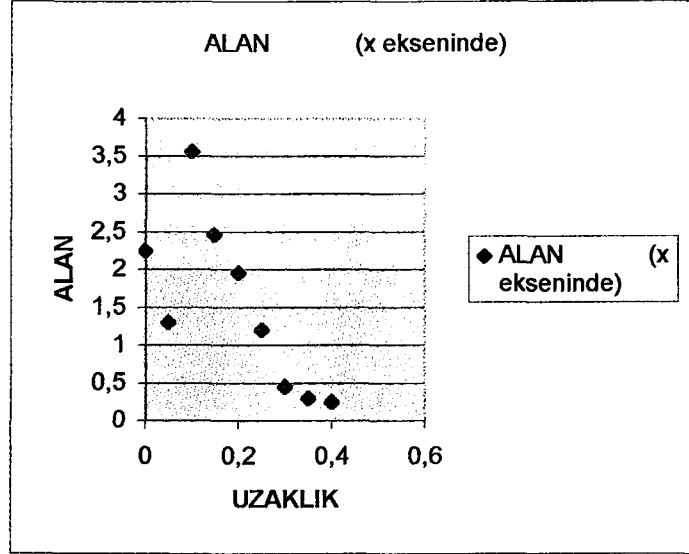
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	5,8
0,05	5,4
0,1	3,37
0,15	3,02
0,2	2,31
0,25	2,25
0,3	2,02
0,35	1,15
0,4	1,12



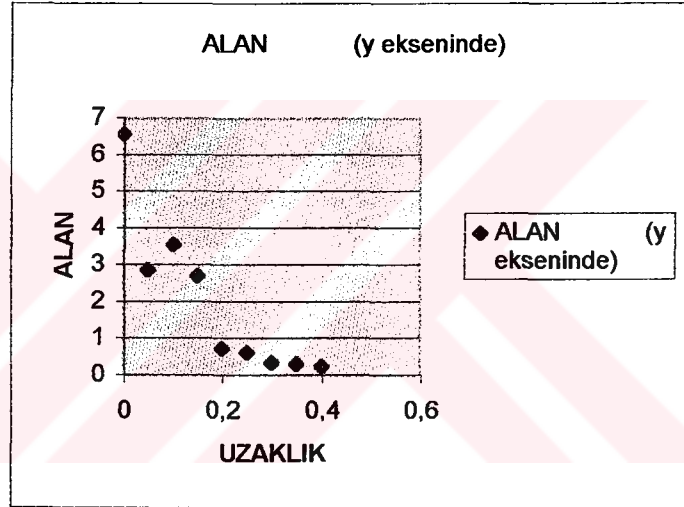
şekil 11.20 çamaşır makinası (V/m) cinsinden x,y,z doğrultularında değeri

11.3.11 Ankastra fırın (A/m) cinsinden değeri

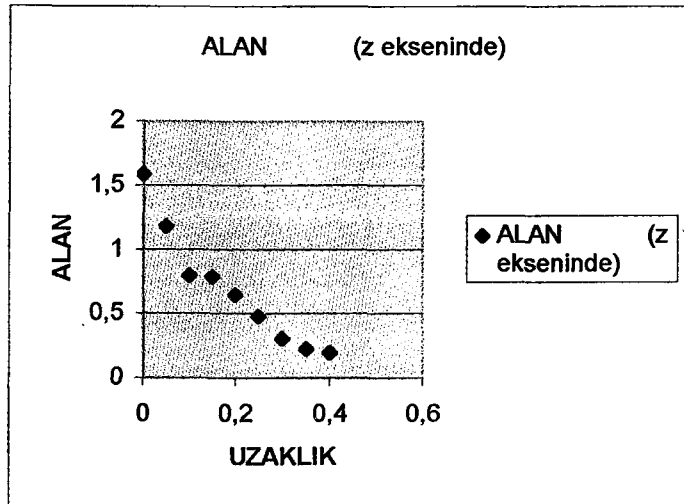
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	2,25
0,05	1,3
0,1	3,56
0,15	2,46
0,2	1,96
0,25	1,2
0,3	0,45
0,35	0,3
0,4	0,25



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	6,56
0,05	2,86
0,1	3,56
0,15	2,7
0,2	0,73
0,25	0,63
0,3	0,35
0,35	0,32
0,4	0,25



UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	1,59
0,05	1,18
0,1	0,8
0,15	0,79
0,2	0,65
0,25	0,48
0,3	0,31
0,35	0,23
0,4	0,2

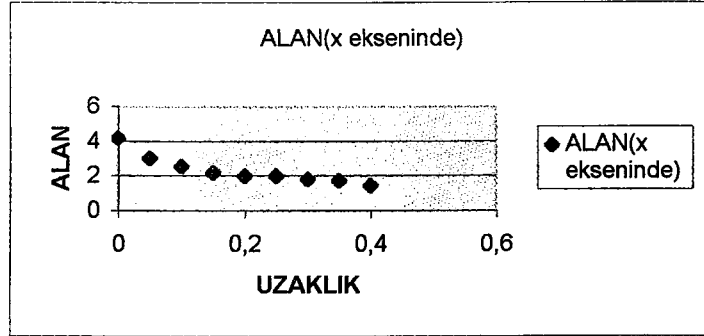


Şekil 11.21 Fırın (A/m) cinsinden x,y,z doğrultularında değerleri

11.3.12 Ankastra fırın (V/m) cinsinden değeri

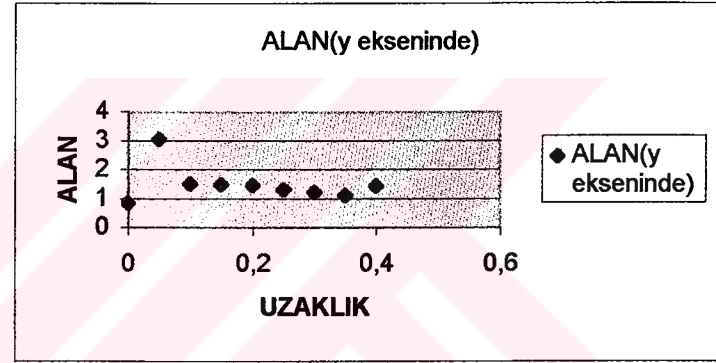
UZAKLIK(metre) ALAN(x ekseninde)

0	4,2
0,05	3,04
0,1	2,56
0,15	2,19
0,2	2,02
0,25	2
0,3	1,82
0,35	1,76
0,4	1,46



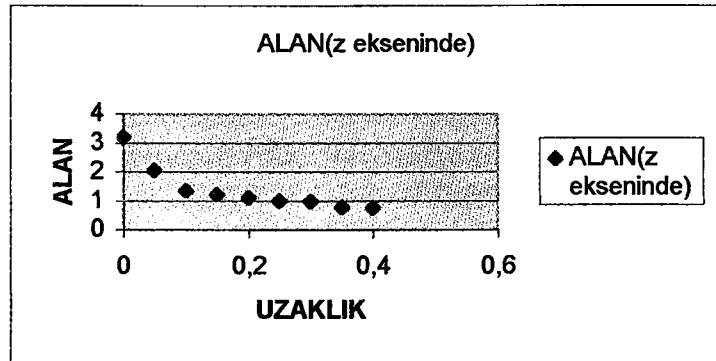
UZAKLIK(metre) ALAN(y ekseninde)

0	0,86
0,05	3,06
0,1	1,52
0,15	1,5
0,2	1,48
0,25	1,32
0,3	1,22
0,35	1,12
0,4	1,46



UZAKLIK(metre) ALAN(z ekseninde)

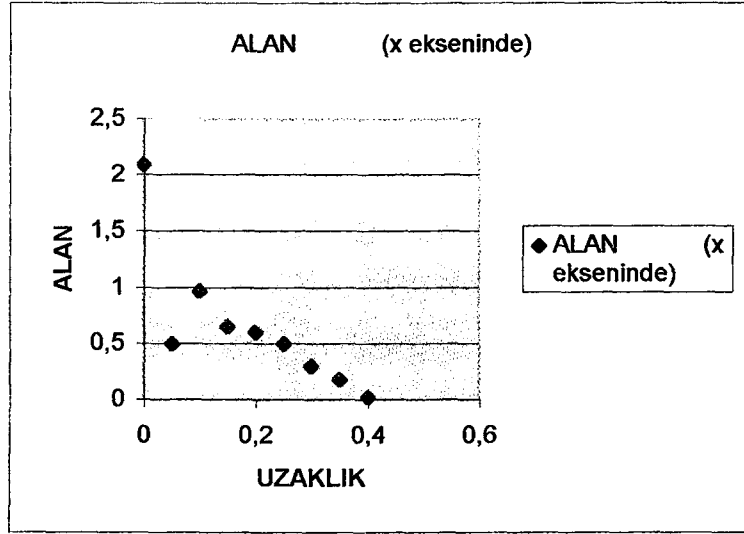
0	3,2
0,05	2,06
0,1	1,36
0,15	1,24
0,2	1,13
0,25	1,02
0,3	0,98
0,35	0,8
0,4	0,78



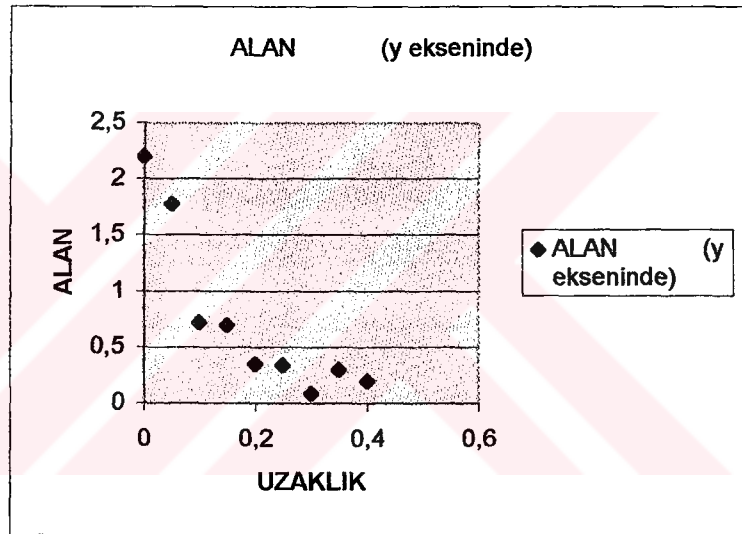
Şekil 11.22 Fırın (V/m) cinsinden x,y,z eksenleri doğrultusunda değerleri

11.3.13 72 Ekran TV (A/m) cinsinden değeri

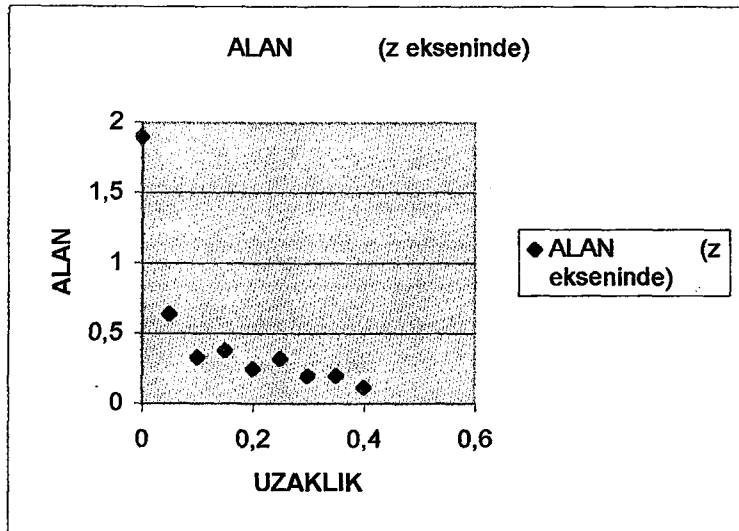
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	2,1
0,05	0,5
0,1	0,97
0,15	0,65
0,2	0,6
0,25	0,5
0,3	0,3
0,35	0,18
0,4	0,0248



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	2,2
0,05	1,78
0,1	0,72
0,15	0,7
0,2	0,35
0,25	0,34
0,3	0,09
0,35	0,3
0,4	0,2



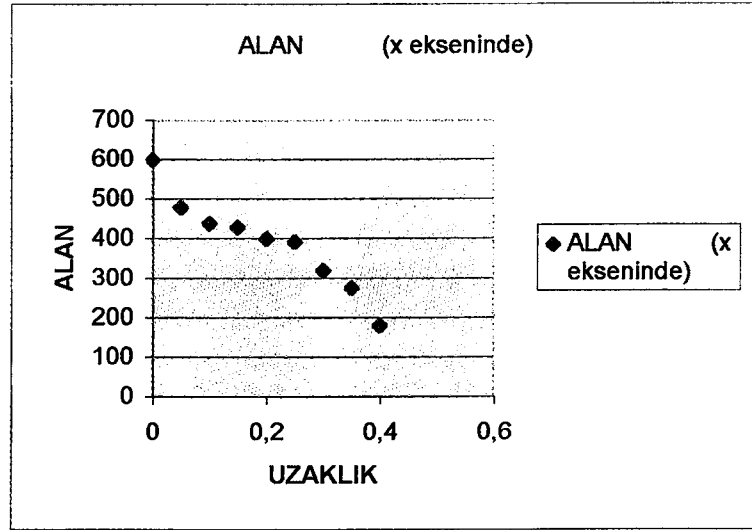
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	1,9
0,05	0,64
0,1	0,33
0,15	0,38
0,2	0,25
0,25	0,32
0,3	0,2
0,35	0,2
0,4	0,12



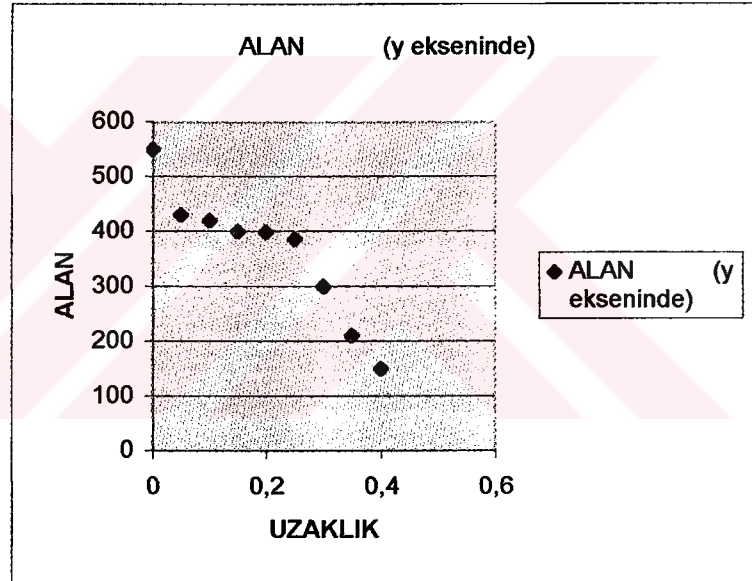
Şekil 11.23 72 Ekran TV (A/m) cinsinden x,y,z eksenleri doğrultusunda değerleri

11.3.14 72 Ekran TV (V/m) cinsinden değeri

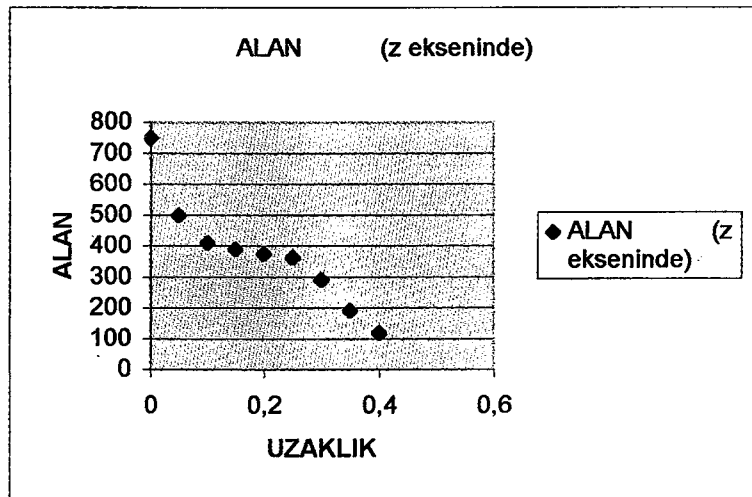
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	600
0,05	480
0,1	440
0,15	430
0,2	400
0,25	392
0,3	320
0,35	275
0,4	180



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	550
0,05	430
0,1	420
0,15	400
0,2	399
0,25	387
0,3	300
0,35	210
0,4	150



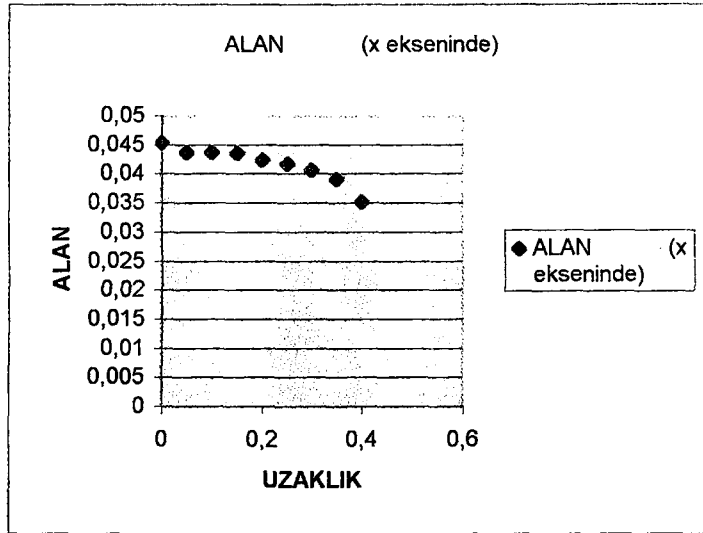
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	750
0,05	500
0,1	410
0,15	390
0,2	375
0,25	362
0,3	290
0,35	192
0,4	120



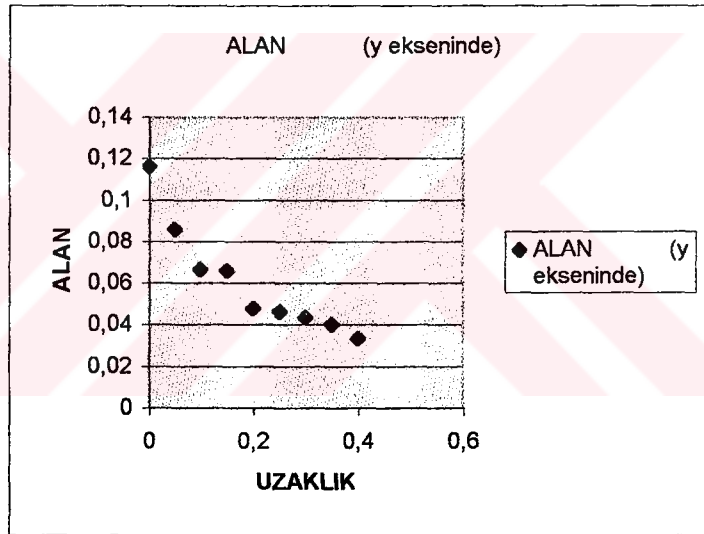
Şekil 11.24 72 Ekran TV (V/m) cinsinden x,y,z doğrultularında değerleri

11.3.15 Termosifon (A/m) cinsinden değeri

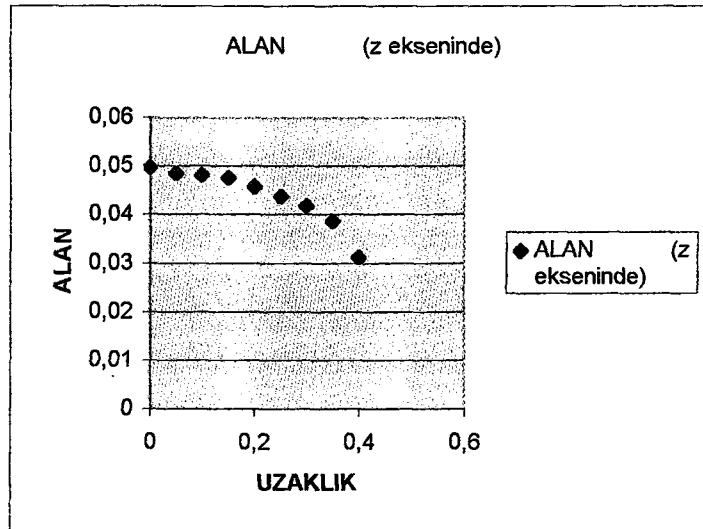
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	0,0454
0,05	0,0438
0,1	0,0438
0,15	0,0437
0,2	0,0425
0,25	0,0418
0,3	0,0407
0,35	0,0392
0,4	0,0352



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	0,1163
0,05	0,0862
0,1	0,0668
0,15	0,0662
0,2	0,0482
0,25	0,0465
0,3	0,0438
0,35	0,0405
0,4	0,0338



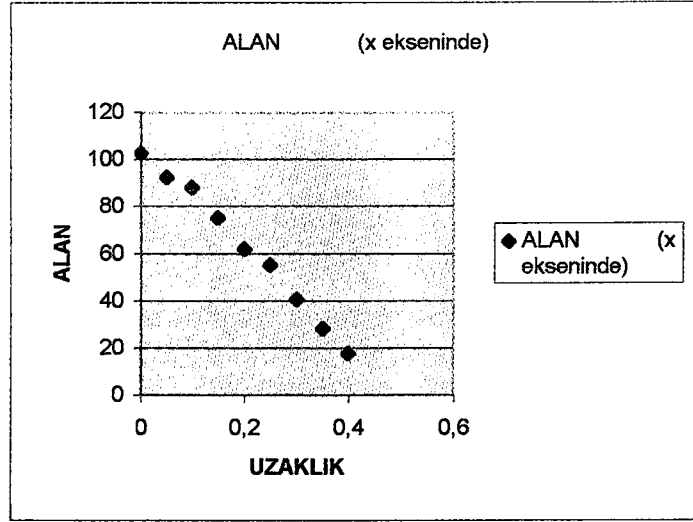
UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	0,0497
0,05	0,0486
0,1	0,0482
0,15	0,0476
0,2	0,0458
0,25	0,0438
0,3	0,0419
0,35	0,0387
0,4	0,0313



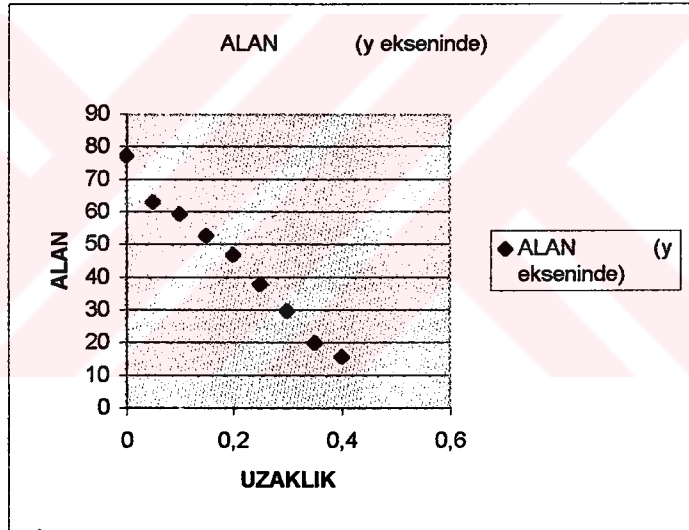
Şekil 11.25 Termosifon (A/m) cinsinden x,y,z eksenleri doğrultusunda değerleri

11.3.16 Termosifon (V/m) cinsinden değeri

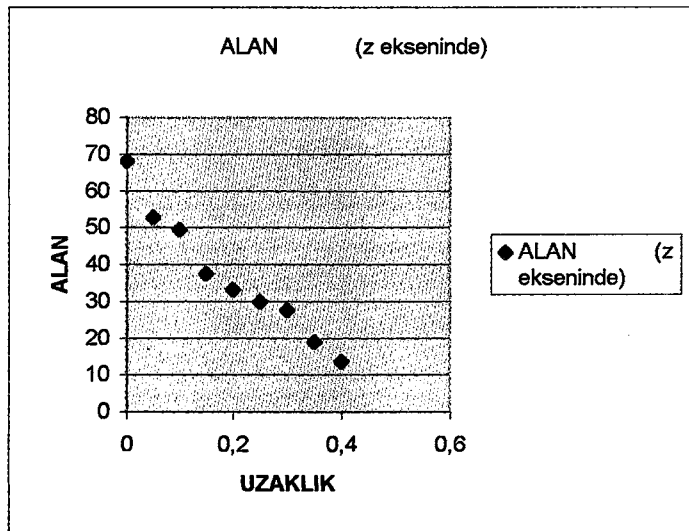
UZAKLIK (metre)	ALAN (x ekseninde)
0	102,8
0,05	92,5
0,1	88,2
0,15	75,2
0,2	62
0,25	55,3
0,3	40,7
0,35	28,2
0,4	17,8



UZAKLIK (metre)	ALAN (y ekseninde)
0	77,4
0,05	63,2
0,1	59,5
0,15	52,8
0,2	47
0,25	38
0,3	29,8
0,35	20
0,4	15,7



UZAKLIK (metre)	ALAN (z ekseninde)
0	68,3
0,05	52,8
0,1	49,5
0,15	37,5
0,2	33,3
0,25	30
0,3	27,7
0,35	19,1
0,4	13,6



Şekil 11.26 Termosifon (V/m) cinsinden x,y,z doğrultularında değerleri

ODA BOŞ
İKEN

24.4 mA/m

0,7v/m

ODADA TV VE RADYO VAR İKEN

26.2 mA/m

0.87V/m

BALKONDA 44.3mA/m 0.92V/m

Ölçümler oda ve balkonun tam orta noktasında yapılmıştır. Balkonda ölçülen değer, oda boş iken ölçülen değerden oldukça fazladır. Bunun sebebi ise, ölçüm yapılan evin PTT'nin yakınında olması ve binanın çatısında çok sayıda güç kaynağının bulunmasıdır. Bu nedenle ölçümlerde büyük farklılıklar gözlenmiştir. Elektrik alan ölçümlerindeki karmaşık değerler ölçüm aletine iki insan boyu yüksekten izlemek yerine elimizde tutmak zorunda kalmamızdır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Günlük hayatta elektrikli ev araçlarının kullanımı toplumlarının gelir seviyesine bağlı olarak gittikçe artmaktadır. Bu aletlerin çalışması sırasında yakınındaki canlılar aletlerden kaynaklanan elektromanyetik alan etkisinde kaldığı bilinmektedir. Elektrik akımı ile çalışan her araç veya ona enerji taşıyan kablolar çevresinde manyetik alan oluşturur. Bu alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.

Deneysel kısımda yapılan ölçümler sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir. Maksimum manyetik alan şiddetleri ;birinci olarak Ankastre fırında 6,56 A/m (teorikte 4 A/m, $x=0$). İkinci olarak da 37 Ekran TV 2,2 A/m dir. Maksimum elektrik alan şiddetleri; birinci olarak 72 Ekran TV 750 V/m. İkinci olarak 37 Ekran TV 400V/m ($x=0$) dir. TV arasındaki elektrik alan şiddetleri farklılığı ekran büyüklüğünden kaynaklanmaktadır; ekran büyüklüğü arttıkça alan değerinin arttığını görüyoruz.

Deneysel kısımdaki tüm grafiklerden anlaşılabileceği gibi buzdolabının manyetik alan değeri 0,0662 A/m, 9,2 V/m'dir . Teorik verilerdeki manyetik alan değeri (0,08 A/m- 0,8 A/m) arasındadır.Elektrik alan değeri 60 V/m'dir. Teorik ve deneysel ölçüler arasındaki farklılıklar sistemde varolan elektrik donanım ve mutfakta hemen yanı başındaki fırın, mikrodalga fırın ve bulaşık makinasından kaynaklanmaktadır.Elektrik ölçümler sadece karşılaştırma amacıyla yapılmıştır. Aleti elimizde tutmamız,vücudumuzun iyi bir iletken olması nedeniyle sonuçları etkilemektedir.

HI -3616 fiber optik kontrol parçasının olmaması ölçümdeki hatalara neden olmuştur. HI-3616 alete plastik bir fiber kablo ile bağlıdır. Yani veriler ışık paslarıyla aktarılmaktadır. Banyoda elektrik alet olarak çamaşır makinası ve şofben bulunmaktadır. Her iki alet açık olduğunda manyetik alan artmaktadır. Bunun nedeni ana kablolardaki akımı, iç devreler ve her iki aletteki ısıtıcılardır.

Elektrik ve magnetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileri dünyanın pek çok ülkesinde birçok araştırmacı tarafından yıllardır incelenmektedir. Yapılan bu araştırmalar sonucunda elektromagnetik alanların etkilerine dair bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Son on yılda yapılan yoğun araştırmalar sonucu elektromagnetik alanların 100 kansere yol açan bir faktör olduğu ispatlanmamıştır. Ayrıca çocuklar da görülen lösemi ve diğer kanser oluşumlarında da etkili olduğuna dair yeterince tutarlı veri bulunmamıştır.

1. Moleküller ve kimyasal bağları bozacak kadar kuvvetli olmadığı anlaşılan elektromagnetik alanların hücrelerin büyüme ve normal olarak çoğalmalarına etki yapip yapmadığı ise hala araştırılmaktadır.
2. Yapılan araştırmalarda elektromagnetik alanların kusurlu doğumlara veya üreme problemlerine neden olduğuna dair yeterli bulgular elde edilememiştir.
3. Elektromagnetik alanların sinir sistemi üzerinde de kesin etkileri olduğuna dair bir sonuç çıkarılmamıştır.
4. Bazı araştırmalara göre elektromagnetik alanların hücre zarındaki kalsiyum akışını etkileyerek adale kasılmasına, yumurta kısırlaşmasına, hücre bölünmesine ve büyümesine etki yaparak kansere neden olmaktadır. E.M alanlar ayrıca sinyalleriyle hücreleri etkileyerek normal büyüme yeteneklerini bozmaktadır.
5. Elektromagnetik alanların belli sağlık problemlerine neden olduğuna dair kesin bulgular olmamasına rağmen kemik yapısında ve hormonlar üzerinde etkili olduğunu gösteren ciddi veriler vardır.
6. Çok düşük frekanslı (ELF) alanların dört önemli yönden etkilerinden şüphe edilmektedir.
 - a) Hücreler arası aktiviteyi etkilemek
 - b) Hormon salgısı etkilemek
 - c) Vücudun koruma sistemini etkilemek
 - d) Embriyolarda anormal gelişmelere neden olmak
7. RF dalgalarının bilinen potansiyel biyolojik etkileri şu başlıklarda toplanabilir.
 - a) Tek bir hücre veya hücre sistemlerini etkiler.
 - b) Genetik düzen ve gelişmeyi etkiler.
 - c) Gelişmiş organ ,doku veya hücre sistemlerini etkiler.
 - d) Metabolizma ve düzenleme sistemlerini etkiler.
 - e) Moleküller sistemleri etkiler. Bu etki ısınmadan dolayı görülen değişiklikler olup, genellikle elektromanyetik enerji soğurulmasının yüksek olduğu durumda ortaya çıkar.

8. EMA'nın kadınlarda östrojen salgısını artırdığını, östrojen'in meme kanseri yapabileceğini ve erkeklerde testosteron düzeyini azalttığını ,bunun ise prostat veya erbezi kanserine neden olabileceği literatürde ifade edilmiştir.
9. Filtre ve ekran kullanmak gibi yöntemler, katot ışın tüpü, monitör ve televizyonların yaydığı düşük frekanslı manyetik alanları önlemede başarısızdır. Manyetik alanların yayılmasına insan vücudu, örtü, duvar gibi şeyler engel olamaz. Video ve bilgisayar monitörlerinden yayılan RF enerjisinin hamile kadınlarda düşük yapma oranı ve gözler üzerinde zararlı etki oluşturma ihtimali maruziyet süresine bağlı olarak artırmaktadır.



KAYNAKLAR

Algül, B., (1988) , “Radyo Frekanslar’da Elektromagnetik Çevre Kirliliği ve Canlılar Üzerinde Etkileri”, Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dinçer,H.,(2000), “Elektromanyetik Işınımların İnsan Sağlığına Etkisi”, Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi, 406:24-26

Griffiths,D., (1996), Elektromagnetik Teori

Gürkan, S., (1988), Cep Telefonlarının Biyolojik Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü

HI-3604 ELF Survey Meter User’s Manual Holaday Industries, Inc

IRPA/INIRC Guide Lines, “Health Physics”, 58: 113-122

IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) Transactions on Power Delivery., (1991), Measurements of Power Frequency Magnetic Fields Away From Power Lines , vol.6 , no :2

Sevgi, L., (2000), Elektromanyetik Kirlilik, Cep Telefonları ve Baz İstasyonları, Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi, 406:40

Özaktaş, H., (2000), “Elektromanyetik Kirlilik” Bilim Teknik Dergisi, 386: 69-71

Pehlivan, F. (1989), Biyofizik Pelin Ofset Matbası, Ankara.

Şeker, S. ve Çerezci, O., (1997), Çevremizdeki Radyasyon ve Korunma Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Şeker, S. ve Çerezci, O., (1991), Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik standartları ve Koruma Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul

Şeker, S. ve Çerezci, o., (1994), “Radyo Frekans Alanlarının Etkisi”, Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Mühendisliği Yayınları, İstanbul

Türkoğlu, Ö., (1999), “Cep Telefonu Kullanımı ve Sağlık”, Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi, 15:18-24

Tulgar, T., (1994), Experimental and Modelig Study of Electromagnetic Pollution in a Typical Turkish house, Master of science, İTÜ, Electrical and Electronics Engineering

<http://www.mew.edu/gere/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>

<http://www.mew.edu/gere/cop/static-fields/cancer-FAQ/ Q and A. html>

EKLER

EK 1

MANYETİK ALAN

Biot – Savart Yasası

Akımın Genel Tanımı

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

şeklinde verilir.

$\vec{I}$, çizgisel akım yoğunluğu, $\vec{K}$, yüzeysel akım yoğunluğu ve $\vec{J}$ hacimsel akım yoğunluğu olmak üzere;

$$\begin{aligned} \vec{I} &= \lambda \vec{V} & \lambda &= \text{çizgisel yük yoğunluğu} \\ \vec{K} &= \sigma \vec{V} & \sigma &= \text{yüzeysel yük yoğunluğu} \\ \vec{J} &= \rho \vec{V} & \rho &= \text{hacimsel yük yoğunluğu} \\ \vec{V} &= \text{Yoğunlukların akış hızı} \\ \vec{I} &= \text{Yüzey akım yoğunluğu} \\ \vec{K} &= \text{Yüzey akım yoğunluğu} \\ \vec{J} &= \text{Hacimsel akım yoğunluğu} \end{aligned}$$

Bir S yüzeyinden geçen akım

$$I = \int \vec{J} \cdot d\vec{a} \quad d\vec{a} = \text{yüzey elemanı} \quad (2)$$

ile verilir.

Verilen iki denkleme diverjans teoremi uygulandığında

$$\oint_S \vec{J} \cdot d\vec{a} = \int_V (\vec{V} \cdot \vec{J}) \cdot dv \quad (3)$$

denklemini elde edilir.

Burada yüzeyi geçen yükün hacimsel yük dağılımında bir azalmaya neden olacağı bilinmektedir.

(3) denklemini bu bilgiyle birleştirildiğinde

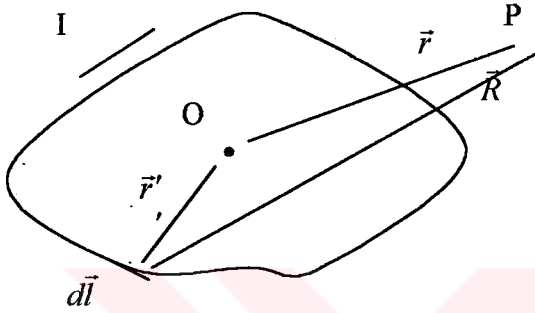
$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (4)$$

süreklilik denklemini elde edilir. Kararlı akım geçen bir telde telin her noktasından aynı akım geçtiğinden $\frac{\partial q}{\partial t} = 0$ olur ve (4) denklemini

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0 \quad (5)$$

halini alır. Şekil Ek 1.1 ile tanımlanmış bir tel çerçeveden akan akım için telin manyetik alanı Biot-Savart yasası ile (6) formülünde verilmiştir. ($\hat{R} = \frac{\vec{R}}{|\vec{R}|}$)

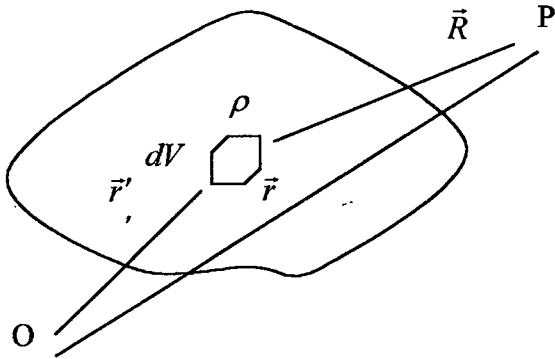
$$\vec{B}(P) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\vec{I} \times \vec{R}}{R^2} d\vec{l} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int \frac{d\vec{l} \times \hat{R}}{R^2} \quad (6)$$



Şekil Ek 1.1 Akım geçen bir telin etrafındaki P noktası

ELEKTRİK ALAN

Hacimsel bir yük dağılımının bir P noktasındaki elektrik alanı Şekil Ek.1.2'e göre



Şekil Ek 1.2 Hacimsel yük yoğunluğu civarındaki bir P noktası

$$\vec{E}(P) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{\text{hacim (V)}} \frac{\hat{R}}{R^2} \rho \cdot dV \quad (7)$$

ile verilmektedir.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 02.09.1973

Doğum Yeri İstanbul

Lise 1988-1991

İstanbul Beşiktaş Kız Lisesi

Lisans 1992-1997

Yıldız Teknik Üniversitesi

Fen –Edebiyat Fakültesi

Yüksek Lisans 1997-2001

Yıldız Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum 1998-Devam ediyor

Özel BJK Koleji Fen Bilgisi Öğretmeni

