ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK

Tolga İNCE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİSAN 2007
ANKARA

Tolga İNCE tarafından hazırlanan ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK konulu bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Cem NAKİBOĞLU
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof.Dr.Yahya BAYKAL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Cem NAKİBOĞLU

Üye : Prof.Dr. M.Cengiz TAPLAMACIOĞLU

Tarih : 27/04/2007

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

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

Tolga İNCE

ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK

(Yüksek Lisans Tezi)

Tolga İNCE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2007

ÖZET

Teknolojinin gelişmesiyle kullanımı artan cihazların, radyo ve televizyon vericilerin, radarların, telsizlerin, mikrodalga fırınların, tıbbi cihazların, cep telefonların ve daha birçoklarının sayesinde, yaşayan hemen herkes sürekli olarak elektromanyetik alan ve dalgalara maruz kalmaktadır. Bu tez çalışmasında özellikle Ankara ilinde radyo ve TV vericileri ile baz istasyonlarının bulunduğu bölgelerde 100 kHz - 3 GHz frekans bölgesinde çalışan EMR 300 cihazıyla ölçümler yapılmış ve Ankara ili üzerinde oluşan ortam hakkında bilgi sahibi olunulmuştur. Ölçümler sonucunda radyo ve TV vericilerinin yoğun olarak bulunduğu bölgelerde elektromanyetik alan değerleri normal yaşam alanlarında ölçülen değerlerden yüksek çıkmıştır. Fakat bu alanlarda yaşayan birçok kişinin olması, nasıl bir ortamda yaşadıkları bilgisine sahip olup olmadıkları sorusunu akla getirmektedir. Çevremizdeki elektromanyetik kirlilik hakkında bilgi sahibi olmamıza yardımcı olan bir program da teze eklenmiştir. Tezimde elektromanyetik alanlara karşı korunma yolları ve alınacak önlemlerden de bahsedilmiştir.

Bilim Kodu : **905.1.034**
Anahtar Kelimeler : **Elektromanyetik Kirlilik**
Sayfa Adedi : **84**
Tez Yöneticisi : **Yrd. Doç. Dr. Cem NAKİBOĞLU**

ELECTROMAGNETIC POLLUTION

(M.Sc. Thesis)

Tolga İNCE

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

April 2007

ABSTRACT

Today, everybody is under the constant exposure of electromagnetic fields and waves, due to the wide range usage of equipments, radio and television transmitters, radars, radios, microwave ovens, medical equipments, cellular phones and many more...Within the framework of this thesis, the measurements were made with an EMR 300 device, that operates within the 100 kHz-3 GHz frequency region, especially in the regions of Ankara, where there is an intense presence of radio and television transmitters and base stations.By this way, it was possible to collect information about the atmosphere over Ankara. As a result of the measurements, in the regions where there is an intense presence of radio and TV transmitters, the electromagnetic field values are much higher than those measured in normal living areas.However, since those regions are highly accomodated areas, it is necessary to ask if they have any knowledge about the environment that they live in. The program which informs us about the elctromagnetic pollution in our environment, is also enclosed within this thesis. What is more, my thesis also covers the ways of protection and precautions against electromagnetic fields.

Science Code : 905.1.034
Key Words : Electromagnetic Pollution
Page Number : 84
Adviser : Asist. Prof. Dr. Cem NAKİBOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. Cem NAKİBOĞLU'na, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım iş arkadaşım Bilim Uzmanı Sedat ONAY'a, TRT Vericiler Dairesi Başkanlığı teknikerlerinden Fehmi GİLDİROĞLU'na, manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili annem Suna İNCE'ye, babam Ahmet İNCE'ye, eşim Esra Nihal İNCE'ye ve oğlum Berke İNCE'ye teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ x

RESİMLERİN LİSTESİ xi

HARİTALARIN LİSTESİ xii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiii

1. GİRİŞ 1

2. ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK VE TANIMLAR 4

2.1. Elektromanyetizma ve Çevre 4

2.2. Elektromanyetik Alan ve Dalga Kavramı 5

2.3. İyonlaştıran ve İyonlaştırmayan Dalgalar 7

2.4. Elektromanyetik Girişim 9

3. ELEKTROMANYETİK ALAN KAYNAKLARI 16

3.1. Kirliliği Oluşturan Elektromanyetik Alanlar 16

3.2. GSM Menşeli RF Kaynakları 17

3.3. Radyo ve TV Vericileri 20

3.4. Diğer Elektromanyetik Alan Kaynakları 20

4. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ 23

4.1. Düşük Frekanslı (ELF) Alanların Etkileri 26

Sayfa

4.2. Radyo Frekans (RF) Alanların Etkisi 27

4.3. Elektromanyetik Alana Maruziyetin Isı Artışına Neden Olması 29

4.4. Elektromanyetik Dalgaların Vücutta Soğurulması 30

4.5. SAR Değerleri 31

5. İNSAN SAĞLIĞI İÇİN SINIR DEĞERLER VE ULUSLARARASI KURULUŞLAR 33

5.1. EMC ile İlgili Kuruluşlar ve Standartlar 35

5.2. Sınır Değerlerinin Tespiti 38

5.1. Türkiye'de Oluşmuş Standartlar ve Sınır Değerleri 39

6. ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMLERİ 41

6.1. Yapılan Ölçümler 41

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 50

KAYNAKLAR 53

EKLER 54
EK-1 Elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri 55
EK-2 TRT'de kullanılan anten konfigürasyonları ve kazançları 56
EK-3 Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri 57
EK-4 Ankara ilindeki TV vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri 60
EK-5 Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program 62
EK-6 Delphi programlama diliyle yazılan programda kullanılan haritalar 79
EK-7 Elektromanyetik dalgaların insan sağlığına etkileri konusunda internet üzerinden ayrıntılı bilgi edinilebilecek adresler 82
EK-8 Uluslararası EMC kuruluşları 83

ÖZGEÇMİŞ 84

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Çevremizde oluşan elektromanyetik kirlilik seviyeleri ve kaynakları ... 21

Çizelge 4.1. Maruz kalınabilecek radyasyon standartları ... 29

Çizelge 4.2. Frekansa göre elektromanyetik alan şiddet değerleri ... 31

Çizelge 5.1. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler ... 34

Çizelge 5.2. Türkiye'de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler ... 35

Çizelge 5.3. IEC, CISPR ve CENELEC standartları ... 37

Çizelge 5.4. Avrupa normu (EN) standart örnekleri ... 37

Çizelge 5.5. Kontrollü etkilenme için sınır değerler ... 39

Çizelge 6.1. Ankara Dikmen Çaldağı EMR 300 ölçüm değerleri ... 44

Çizelge 6.2. Ankara Şentepe TV verici istasyonu EMR 300 ölçüm değerleri ... 45

Çizelge 6.3. Ankara içi EMR 300 ile ölçülen değerler ... 46

Çizelge 1.1. Elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ... 55

Çizelge 2.1. TRT'de kullanılan anten konfigürasyonları ve kazançları ... 56

Çizelge 3.1. Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri ... 57

Çizelge 4.1. Ankara ilindeki TV vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri ... 60

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Bilgisayardan yayılan elektrik ve manyetik alanların dağılımı 6

Şekil 2.2. Elektromanyetik frekans dağılımı 8

Şekil 2.3. Tipik EM girişim kaynakları 10

Şekil 2.4. EMC probleminin üç unsuru 11

Şekil 2.5. EMC probleminin genel görünümü 12

Şekil 2.6. EMC sızıntı ve bağışıklık limitleri 14

Şekil 3.1. Tipik baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı 19

Şekil 4.1. Vücudun manyetik alana maruz bırakılması durumunda vücutta ortaya çıkan akım çevrimleri ve uygulanan manyetik alanı yönüne göre etkilenen bölgeler 26

Şekil 5.1. Uluslararası EMC kuruluşları ve etkileşimleri 36

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 6.1. EMR 300 cihazının görüntüsü 42

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita **Sayfa**

Harita 6.1. Ankara ili ölçüm yapılan yerleri gösteren harita 1 79

Harita 6.2. Ankara ili ölçüm yapılan yerleri gösteren harita 2 80

Harita 6.3. Ankara ili ölçüm yapılan yerleri gösteren harita 3 81

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	**Açıklama**
eV	Electron volt
U	Enerji
E	Elektrik alan şiddeti (V/m)
H	Manyetik alan şiddeti (A/m)
B	Manyetik akı yoğunluğu (Wb/m^2)
S	Güç yoğunluğu (W/m^2)
f	Frekans

Kısaltmalar	**Açıklama**
RF	Radyo frekans
EM	Elektromanyetik
EMI	Elektromanyetik girişim
EMC	Elektromanyetik uyumluluk
ESD	Elektrostatik deşarj
BTS	Baz istasyonu
ERP	Etkin yayılım gücü
SAR	Özgül soğurma oranı (W/kg)
EMF	Elektromanyetik alan
AVRG	Ortalama
Max. Inst.	Maksimum anlık değer
Max. AVRG	Maksimum ortalama
EMR	Elektromanyetik radyasyon
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

Kısaltmalar	Açıklama
ELF	Çok düşük frekans
PCS	Kişisel haberleşme sistemi
ICNIRP	Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu
IEEE	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
FCC	Federal Komünikasyon Komisyonu
CISPR	Uluslararası Telsiz Enterferansları Özel Komitesi
CENELEC	Avrupa Elektroteknik Standartlar Komitesi
EN	Avrupa normu
DCS	Dijital komünikasyon sistemi

1. GİRİŞ

Teknoloji ile yakından ilgilenen birçok kişi WLAN (Kablosuz Yerel Alan Ağları), Bluetooth, MMS (Multimedya Mesaj Servisi), SMS (Kısa Mesaj Servisi), Video Call (Görüntülü Görüşme) gibi ibareleri tanımakta ve birçoğunu da kullanmaktadır. GSM kullanımı ise en yüksek seviyelere ulaşmış durumdadır. Bunlar gibi hayatı kolaylaştıran ve evimizde günlük ihtiyaçlarımız için kullandığımız birçok elektrikli alet (saç kurutma makinesi, mikrodalga fırın, televizyon, radyo, bilgisayar vb.) içinde bulunduğumuz her ortamda var olan EMF'nin (Elektromanyetik Alan) etkilerini artırmaktadır. Örneğin gündelik yaşantımızda karşılaştığımız,

- Yıldırım düşmesinin elektrikli cihazları çalışmaz duruma getirmesi
- Bilgisayarların FM dalga radyo yayınlarını bozması
- Elektrik süpürgesi ve saç kurutma makinelerinin televizyon ve radyolarda cızırtılara neden olması
- Floresan lambalar yandığında monitörlerin kırpışması
- Havaalanı radarlarının diz üstü bilgisayarlardan etkilenmesi
- Cep telefonlarının çalışma durumunda arabaların fren ve klima sistemlerini etkilemesi

gibi olaylar ortamdaki elektromanyetik alanın etkilerinin değişkenlik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Gözle görebildiğimiz etkilerinin bu kadar geniş çaplı etkileşimlere sahip olduğunu bildiğimize göre insan üzerindeki etkilerinin de uzun veya kısa vadede geniş çaplı etkiler yaratacağını tahmin edebiliriz.

Çevre kirliliğinin birçok sebebinin olduğu günümüzde elektromanyetik kirlilik konusunda da fazlasıyla tartışmalara yer verilmektedir. Sayıları hızla artan TV, radyo ve baz istasyonlarının oluşturduğu EMF'ler insan sinir yapısında büyük ölçüde hasarlara yol açabilir. İnsan, uzunluğu 500 000 km olan ve yaklaşık 25 milyar hücreden oluşan çok karmaşık bir sinir ağına sahiptir. Bu karmaşık ağ iletişimi 1-250 mikro volt arası çok küçük gerilimlerle fiziksel fonksiyonların gerçekleşmesini

sağlar. Bu kompleks yapıya dışarıdan gelen herhangi bir elektromanyetik müdahale dolaşım ve sinir sisteminde bozukluklara yol açabilir. Dolaşım sisteminin bozulmasının da bağışıklık sisteminin zayıflamasına yol açacağını ve bu durumun da tıp uzmanları tarafından "kanseri arttıran bir etki!" olarak tanımlandığını düşünürsek tehlike göz ardı edilemeyecek ölçülerdedir.

Yaşantımız içerisinde her alanda elektromanyetik kirliliğe maruz kalıyoruz. İş yerimizde kablolu veya kablosuz ağlar, evimizde radyo, televizyon, bilgisayar, mikrodalga fırın vb. aletler doğanın bize sağladığı dengeli sistemi bozuyor. Hayatımızı kolaylaştıran tüm bu aletler farklı ölçülerde elektromanyetik kirliliğe yol açıyor. Bunu diğer çevre kirlilikleri gibi duyu organlarımızla hissetmemiz ise henüz olanaksızdır. Fakat belirgin olan bir şey vardır ki o da kent yaşamının insanlar üzerinde kırsal alana göre çok daha fazla elektromanyetik etki etmesidir. Kentlerde aynı metrekareye düşen elektrik kullanımının kırsal alanlara göre çok daha fazla olduğu bir gerçek ve bu durumun kanıtıdır. Doğada bulunandan çok daha fazla elektromanyetik etkiye maruz kalan insan ve canlıların buna karşı evrimleşmesi olanaksızdır. Radyasyonun etkileri ise çoğu zaman uzun vadede etki etmiştir. Teknoloji de bir ilaç gibidir, ihtiyaçlarımızı karşılarken yan etkilerini de beraberinde getirir. Bugün radyasyondan etkilenmemek için teknolojiyi kabul etmemek ve kullanmamak mümkün olmadığına göre teknolojinin getirmiş olduğu yan etkileri en aza indirmek en uygun yoldur.

Işıma (radyasyon), enerjinin dalga ya da parçacık biçiminde uzayda yayılması durumudur. Elektromanyetik ışıma ise elektrik ve de manyetik alan dalgalarının uzayda beraber ilerlemesidir. Bu ışımada iki dalga ucu arası mesafeye dalga boyu, bir noktadan 1 saniyede geçen dalga sayısına da frekans denir. Doğanın bozulmamış sisteminde, insanların da yaydığı bir elektromanyetik dalga söz konusudur. Kızılötesi ışıma şeklinde olan bu dalga yayılması, 10~12 Hz dolaylarındadır ve besinlerin yakılması sonucunda elde edilen ısının yaklaşık %60'ının dışarı yansımasından oluşur.

Işımalar dalga boylarıyla ya da frekanslarıyla tanımlanırlar. Frekans ekseni üzerindeki tüm elektromanyetik dalga türlerini bir arada gösteren çizelge elektromanyetik tayf'tır. Elektromanyetik tayfın bir ucunda yüksek enerjili Gamma ışınları, hemen altında yüksek enerjili x-ışınları, tayfın diğer ucunda da "aşırı düşük frekanslı" alanlar yer alır.

Elektromanyetik alan iki bileşenden oluşur:

- Elektrik alan
- Manyetik alan

Elektrik ve manyetik alanların özellikleri birbirlerinden farklı olup, canlı üzerindeki etkileri de farklıdır. Manyetik alanların etki alanlarının daha geniş olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımın nedenlerinden birisi de elektrik alanlarının duvarlardan geçememesi, insan derisinden geçerken şiddetini kaybetmesi, manyetik alanların ise özel birtakım maddeler dışında sınır tanımamasıdır.

2. ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK VE TANIMLAR

İnsanların bazen hurafe diye nitelendirilecek bazen de gerçekleri yansıtan fikir paylaşımları vardır. Konuyla alakalı olarak örneğin insanların aralarında cep telefonunun kalp krizine yol açması, mikrodalga fırının yakınında durmanın iç organları pişirebileceği gibi söylentiler de vardır. Asıl olan bu gibi durumların gerçekliğinin ne kadar olduğu ve ileride insanlığın ne gibi hastalıklarla boğuşmasına sebebiyet verebileceğidir. Şimdilerde gençlerden ziyade henüz gençliğe bile adım atmamış kişilerin cep telefonlarıyla ve diğer elektronik eşyalarla fazlasıyla alakadar olduğu düşünülürse uzun vadedeki etkiler akıl almaz sonuçlar doğurabilir. Çünkü geçmişten beri devam eden bu durum teknolojinin gelişmesiyle beraber korkutucu boyutlara ulaşmıştır.

Ondokuzuncu yüzyıldan beri bilim adamlarının büyük gelişmeler kaydettiği bilinmektedir. Özellikle savaş döneminde birçok icatlar yapılmış ve bu icatlar uygun görülen amaçlarına hizmet verdikten sonra da birtakım değişiklerle günlük hayata uyarlanmış ve de insanoğlunun hayatına büyük kazançlar sağlanmıştır. İletişimin gelişmesi zorunluluğuyla geniş alanlarda bir iletişim ağı kurulmuş, insan enerjisi tüketiminin en aza indirgenmesi amacıyla çok çeşitli elektronik icatlar yapılmıştır. Günümüzde ise son ulaşılan konumda radyo ve televizyon, mikrodalga fırınlar, kızılötesi aygıtlar ve her yeri kuşatmış olan mobil cihazlar fazlasıyla aktif durumdadır. Ve bilinmektedir ki bu hayat kolaylaştırıcı aygıtların her birisinin uzun vadede zararları vardır. Artık teknolojiyi geliştirmek için yapılan araştırmalar kadar teknolojinin olası zararlarından korunmak için de araştırma gerekmektedir.

2.1. Elektromanyetik Alan ve Çevre

Elektromanyetik kirlenme tüm dünyayı saran iletişim hatları, yayın hatları ve tüm elektriksel yapılarda olması muhtemel etkilerden kaynaklanmaktadır. Elektromanyetik çevre, en şiddetli olanlardan AM bandı, FM bandı ve TV bandı, aralıklı veya sürekli çalışmakta olan tüm elektrikli cihazlar, tüm elektronik cihazlar vb. kendi oluşturdukları elektromanyetik alanların toplamına eşittir. Bu alanın

kaynağı olan tüm cihazlar birer verici, insan bedeni ve diğer canlılar da birer alıcı gibi nitelendirilebilir. Aynı bir verici alıcı sisteminde olduğu gibi vericiye yaklaşıldıkça etki alanı güçlenir. Yerleşim birimlerinde kurulan baz istasyonları, TV alıcı istasyonları, radyo istasyonları verici ve alıcıları tahmin edileceği gibi bu etkiyi fazlasıyla arttırmaktadır. Alıcıların da fazlasıyla elektromanyetik alan yarattığı ortadadır, çatılarda toplu kurulan anten sistemleri de bu etkiyi arttırmaktadır.

Ofis ortamlarındaki tehlikeler de çok büyük ölçülerdedir. Metropol bölgelerinde bulunan bazı şirketler bu tehlikeyi gidermek için 1 000 000 000 ABD dolarına yakın harcamalar yapmışlardır.

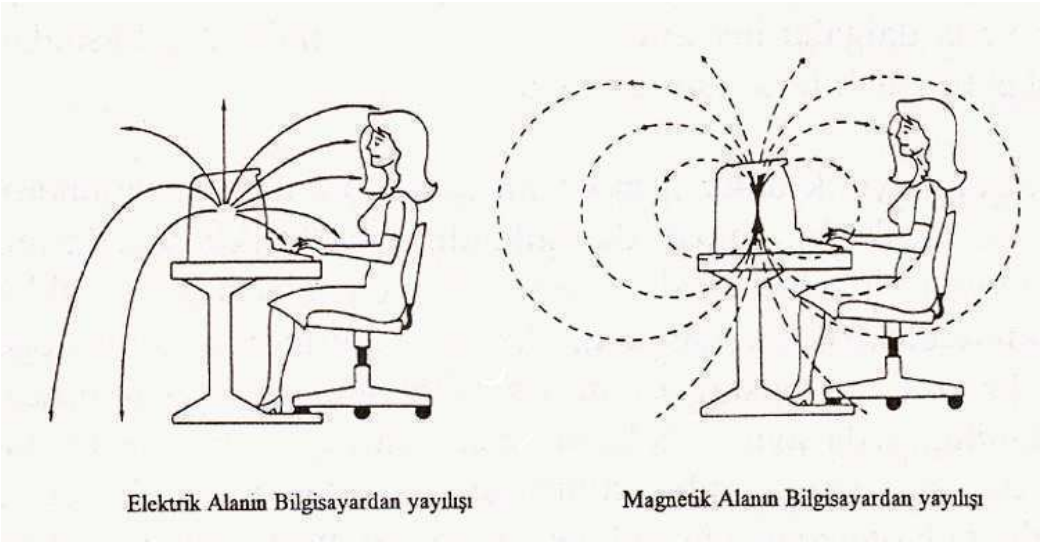
Havaalanlarında radarlardan dolayı çok büyük ölçülerde elektromanyetik alan olmasına karşın kullandığımız cep telefonları direk olarak anten ile temas yüzünden çoğu zaman daha büyük etkilere yol açmaktadır.

Medikal açıdan da elektromanyetik alana maruz kaldığımız durumlar olmaktadır. Örneğin doku tedavilerinde kullanılan araçlar birer elektromanyetik alan kaynağıdır, hatta bu etkiyi direk olarak tedavi yöntemi olarak kullanmaktadır.

2.2. Elektromanyetik Alan ve Dalga Kavramı

Elektromanyetik alanın oluşabilmesi için hareketli bir elektrik yükünün olması gerekmektedir. Elektrik yükünün etrafında oluşan elektrik alan, bu yüklerin hareketi ile oluşan aynı zamanda vektörel nicelik olan manyetik alanla birleşerek elektromanyetik alanı oluşturmaktadır. Şekil 2.1'de, bilgisayar önünde çalışan bir kimsenin maruz kaldığı elektrik ve manyetik alanlar gösterilmiştir. Elektromanyetik alanlar bir çubuk mıknatısın kuzey-güney kutbu gibi durağan (statik) olabileceği gibi, herhangi bir frekans ile salınım yapabilmektedir. Bunlardan evlerdeki elektriksel tesisat ve güç iletim hatlarından yayılan alanlar 50 Hz civarında olup bu frekanslardaki alanlara, çok düşük frekanslı (ELF) alanlar denir. Uydu haberleşmeleri, cep telefonları, mikrodalga fırınları gibi alanlarda kullanılan alanlara da radyo frekanslı alanlar (RF) denir. Bu tür alanlar, nükleer radyasyon farlılığını

gözetmek için iyonize olmayan radyasyon sözcüğü ile de tanımlanır. Yani madde ile etkileşmesinde moleküler seviyesinde kimyasal bağları koparacak miktarda enerjileri yoktur. Ancak hücre seviyesinde biyolojik etkilere neden olabileceği bilinmektedir.



Şekil 2.1. Bilgisayardan yayılan elektrik ve manyetik alanların dağılımı

Elektromanyetik alan kaynağının dalga boyuna bağlı olarak, kaynağa yakın bölgelerde küresel yapıda olmakta, kaynaktan belli bir uzaklıktan itibaren düzlemsel elektromanyetik dalga olarak varsayılmaktadır. Bu varsayım hesap ve analizlerde kolaylık sağlar. Elektromanyetik dalgaları bir çok işin yapılabilmesi için bilerek üretiriz. Örneğin radyo haberleşmesi ya da TV resimlerinin alıcıya ulaşması radyo dalgaları, yani elektromanyetik dalgalar sayesinde olur. Elektrik ve manyetik alan bileşenleri olan elektromanyetik dalgaları kullanarak yapmak istediğimiz bazı şeyler vardır. Fakat aynı zamanda da bunun sağlığımıza olan etkisini göz önüne almak zorundayız. Bu durum sese benzer. Şüphesiz ki ses olmadan birbirimiz ile haberleşmemize olanak yoktur. Fakat ses gürültüye dönüştüğünde, bunun hiç birimizin hoşuna giden bir durum olmadığı bir yana, ayrıca sağlığımız içinde bir tehdide dönüşür. Öylesine ki, belli bir sınırın üzerinde duyma yeteneğimizi bir daha düzelmeyecek şekilde ortadan kaldırabilir. Birbirimizle konuşabilmek, bir müzik parçasını dinleyebilmek için ses zorunlu ise de, insan vücudunun dayanamadığı değerin üzerine çıktığında sağlığımızın bozulmasını istemiyorsak, gerekli önlemleri

almamız gerekir.

Aynı şey elektromanyetik dalgalar içinde geçerlidir. Fakat sese göre bunların en büyük farkı insan vücudunun bu tür elektromanyetik dalgaları algılayacak herhangi bir algılama organının olmamasıdır. Gürültünün sizi rahatsız ettiğini hemen fark edebilirsiniz, ama sizi ne kadar rahatsız ederse etsin yada sağlığınız için çok ciddi bir tehlikeye dönüşse bile, elektromanyetik dalgaları fark etme şansınız yoktur. Elektromanyetik dalgalar her ortamda, evde, iş yerinde, dağ başındaki tatil evinizde bile, karşınıza çıkar.

2.3. İyonlaştıran ve İyonlaştırmayan Dalgalar

Elektromanyetik dalgaların insan sağlığına etkisi penceresinden bakıldığı durumda, dünyada genel kabulün RF spektrumun 300 GHz'den bölünmesi, 300 GHz'in altındaki RF dalgalarının iyonlaştırmayan (non-ionizing) üzerindekilerin de iyonlaştıran (ionizing) olarak tanımlanmasıdır. Spektrumun genel görünümü ve literatürde kullanılan tasnifi Şekil 2.2'de verildiği gibidir.

Elektromanyetik spektrumda;

- 3 Hz - 3 kHz arası çok çok düşük frekans bölgesi
- 3 kHz - 30 kHz arası çok düşük frekans bölgesi
- 10^{12} Hz' lere kadar olan bölge radyo dalgaları diye anılır
- 10^{12} Hz' ler kızıl ötesi ışıma bölgesidir. Bütün nesneler bu frekanslarda ışınım yaparlar. Örneğin vücudumuzdaki ısının yaklaşık %60'ı kızıl ötesi ışınım ile dışarı atılır. Isıl kamera denen cihaz kızıl ötesi frekanslara duyarlı bir alıcıdan başka bir şey değildir.
- Görünür ışık frekansları 10^{14} Hz' lerdir. Bu frekansların üstü iyonlaştırıcı radyasyon bölgesi olup mor berisi, x ve gama ışınları bu bölgededir.



Şekil 2.2. Elektromanyetik frekans dağılımı

İyonlaştıran ve iyonlaştırmayan ayrımının gerisindeki temel yaklaşım şu fiziksel olgudan anlaşılabilir.

Bir atomu iyonlaştırmak için son yörüngesinden bir elektronu kopartacak düzeyde enerji aktarılması gerekmektedir. 12 eV'dan daha yüksek enerjili dalgalar atomu iyonlaştıracak enerjiye sahiptir. ODTR[1] elektromanyetik spektrumda, iyonlaştıran radyasyon kısmını $2{,}425.10^{15}$ Hz'in üzeri olarak kabul etmektedir.

$$U=hf \qquad (2.1)$$

U: enerji

h: Plank sabiti ($h=6{,}63.10^{-34}$ J.s)

f: frekans,Hz

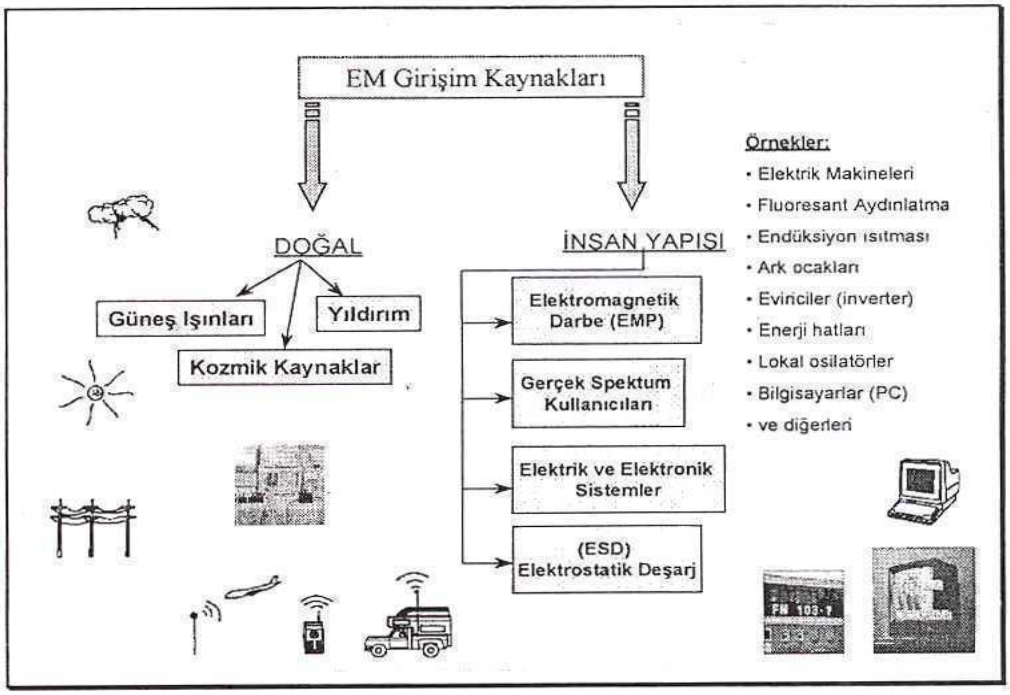
[1] ODTR:İrlanda'nın Telekominikasyon alanındaki düzenleyici otorite. (Office of the Director of Telecommunications Regulations)

2.4. Elektromanyetik Girişim

Radyo, TV gibi tek yönlü haberleşme sistemleri ile telefon, radar gibi iki yönlü sistemler haber işaretlerinin bir yerden başka bir yere elektromanyetik dalgalarla iletilmesi ile gerçeklenir. Genelde her türlü haber işareti yüksek frekanslı bir taşıyıcının sırtına bindirilerek iletilir. Bu işleme modülasyon denir ve taşıyıcı işaretin iletim ortamında daha dayanıklı olması ve aynı anda birçok kişiyi aynı iletim kanallarından görüştürebilmek, haberleştirebilmek amaçlarıyla yapılır.

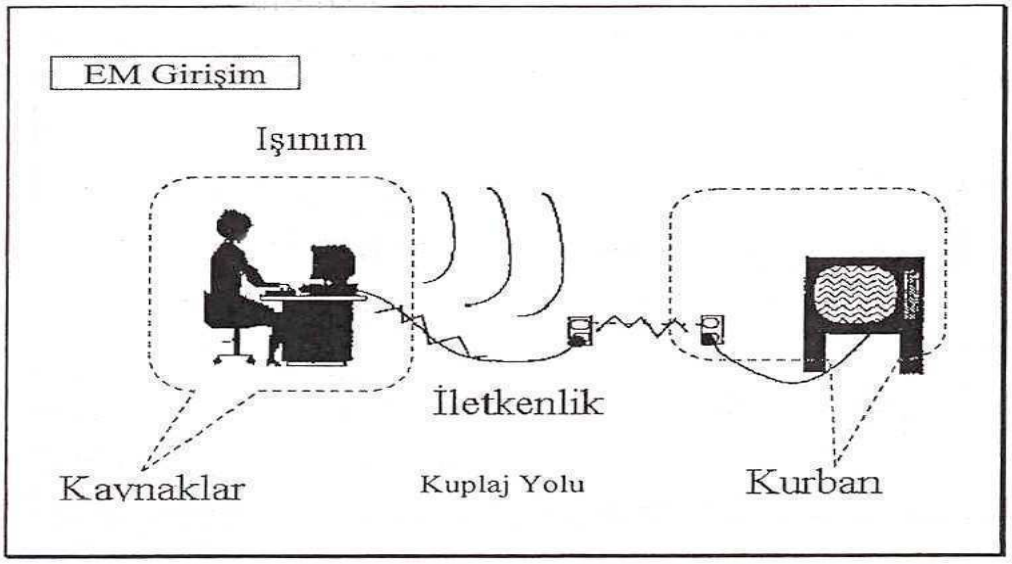
Haber taşıyan EM işaretlerinin başka EM işaretlere karışmasına EMI (Electromagnetic Interference) yani EM girişim adı verilir. Haber işaretine faydalı işaret, bozucu işarete ise istenmeyen işaret adı verilir. Amaca ve ortama göre faydalı ve istenmeyen işaretler değiştirilebilir. Telefon kullanan bir konuşmacının işareti kendisine göre faydalı, ama diğer telefon kullanıcısına göre istenmeyen işarettir. Ya da, bir radar ya da TV istasyonunun işareti her iki işaret içinde istenmeyen bozucu işarettir.

Bozucu EM girişim işaretleri çok değişik olabilir. Bozucu işaretler genliklerine göre (düşük ya da yüksek güçlü), frekans bantlarına göre (dar bantlı sinüzoidal yada darbesel), oluşum sürelerine göre (anlık yada sürekli), işaret şekillerine göre (analog yada sayısal) sınıflandırılabilir. Doğal bozucu işaretler olabileceği gibi (güneş patlamaları, yıldırım düşmesi, kozmik dengesizlikler gibi) insanların neden olduğu yapay bozucu işaretler de (örneğin araç motorları, TV vericileri, enerji hatları, elektrik makineleri, aydınlatma lambaları, endüstriyel uygulamalar gibi) olabilir. Şekil 2.3'de tipik EM kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tipik EM girişim kaynakları

Kaynağı ve niteliği ne olursa olsun bir EM girişim probleminde üç unsur söz konusudur. Şekil 2.4'de bu üç unsur, EM girişim kaynağı EM girişinden etkilenen kurban ve kaynak ile kurban arasındaki iletim (yada kuplaj ortamı), resmedilmiştir. Şekilde, bir kullanıcın bilgisayarından sızan EM enerji girişim kaynağı, bir TV ise kurban olarak gösterilmiştir. Girişim kaynağı ile kurban arasında iki önemli kuplaj yolu görülmektedir. Bunlardan birincisi kaynak ile kurban arasında iletkenlerden oluşmuş bağlantı yolunun neden olduğu iletkenlik yollu girişimdir (conducted interference). Diğeri ise kaynak ile kurban arasında bağlantı olmadan direk atmosfer yoluyla oluşan kuplajdır. Bu girişime de ışınım yollu girişim (radiated interference) adı verilir.



Şekil 2.4. EMC probleminin üç unsuru

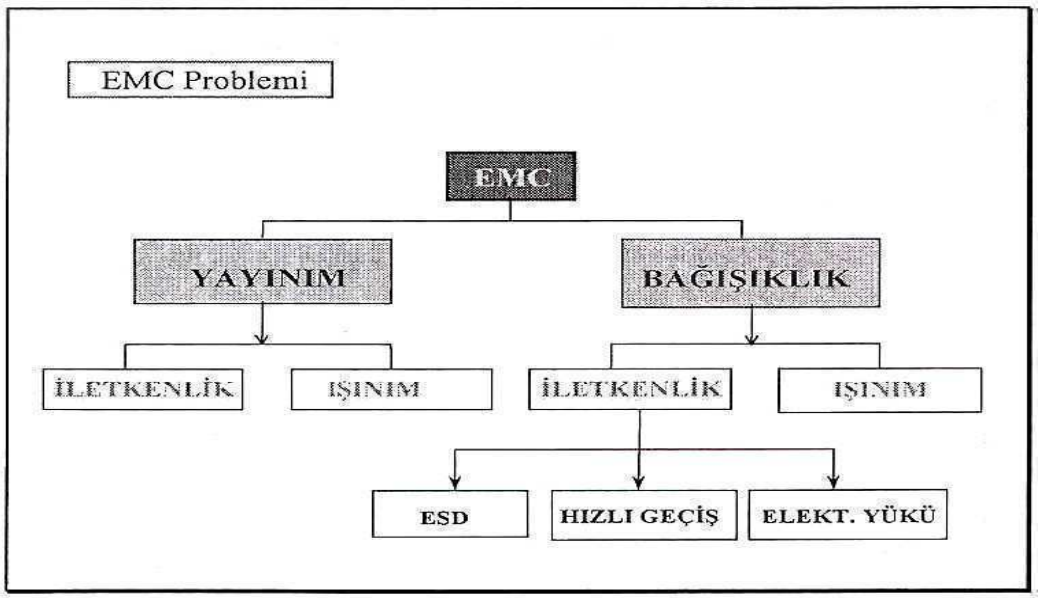
EM girişimin ortadan kaldırılması üç şekilde olabilir.

1. Girişim kaynağı yok edilebilir. Yani, girişimin nedeni bulunup ortadan kaldırılabilir. Örneğin, girişime neden olan bir disket sürücüsü bir bilgisayar içerisinde kötü tasarlanmış bir kart olabilir. Kabloların gereksiz yere uzun tutulması, yada iyi döşenmemiş olması da girişim kaynağı olarak etki yapar. EM sızıntının kaynaklandığı yer saptanarak girişim, uygun karşı önlemlerle yok edilebilir.
2. Kurban sağlamlaştırılabilir. Birçok elektriksel cihaz artık bir arada yaşamak zorunda olduğundan istenmeyen bozucu işaretlere karşı daha dayanıklı cihazlar geliştirilebilir, öyle ki, bozucu işaretlerin olması, cihazdan istenen işlevin gerçeklenmesine engel oluşturmayabilir.
3. Girişim yolları tıkanabilir, yani kaynak ile kurban arasındaki girişim kuplajı engellenebilir. Bu amaçla EM işaretleri yutan, engelleyen düzenlerden yararlanılabilir. Örneğin iletkenlik yollu girişimde ferrit filtrelere bozucu işaretler süzülebilir. Ya da ışınım yollu girişimin önü ekranlama duvarları ile kesilebilir.

EM girişim etkileri çok farklı olabilir. Bu etki TV' de seyircinin göz zevkini bozan hafif bir karlanma olabileceği gibi, tamamen TV'nin çalışamaz duruma gelmesi

şeklinde de ortaya çıkabilir. Bunun ötesinde, bir araç ABS fren sistemini kilitleyerek kazalara neden olabilir. Hatta, nükleer bir silahın elektronik ateşleme sistemini kazara harekete geçirip bir felakete yol açabilir. EM girişimin cihaz-cihaz etkileri yanında insan sağlığını tehdit eden, kansere yol açabilen, uykusuzluk, baş ağrısı, mide bulantısına neden olan etkileri de olabilir.

EMC, elektromanyetik uyumluluk; elektronik sistemlerin öngörülen bir elektromagnetik ortamda, amaçlanan verimlilikle çalışabilmeleri ve işlevlerini yerine getirebilmeleri olarak tanımlanır. Bir uluslararası elektronik kuruluşu olan IEC' nin tanımı ise; bir sistem veya cihazın içinde bulunduğu EM ortamda fonksiyonlarını , bu ortamda telafi edilemez bir EM bozulma yapmaksızın yerine getirebilme yeteneği şeklindedir.



Şekil 2.5. EMC probleminin genel görünümü

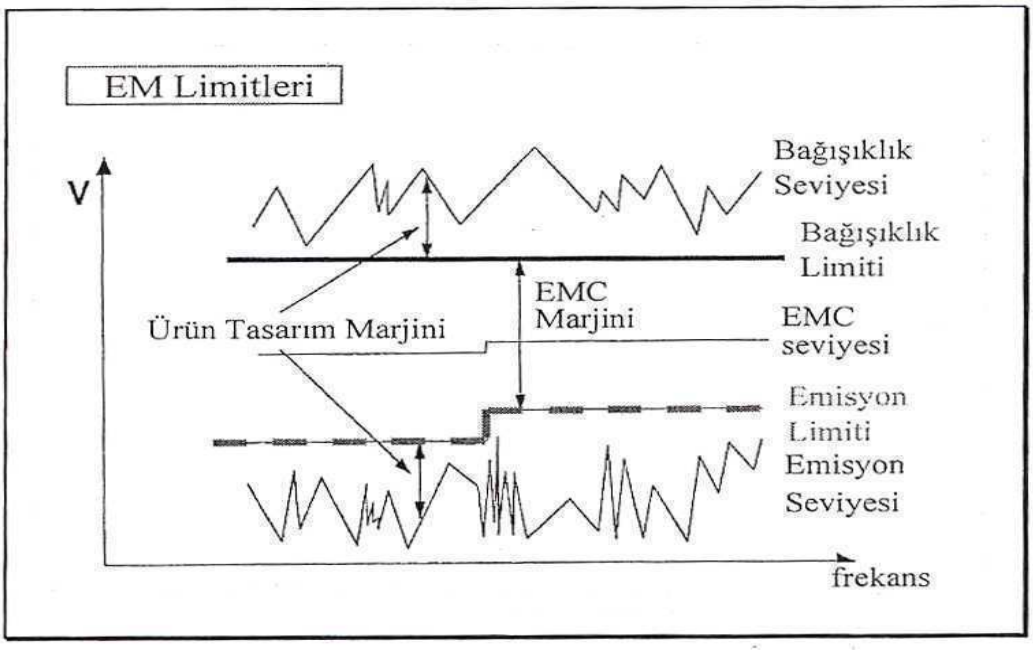
Bir EMC probleminin temel unsurları Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Yayınım (EM Emission) ve bağışıklık (EM Immunity) başlıklarıyla verilenler girişim kaynağı ya da kurban olmasına göre değişir. Girişim kaynağının iki tür yayınımı söz konusudur; iletkenlik yollu yayınım ve ışınım yollu yayılım. Yine kurban için bağışıklık iki yollu

olabilir; iletkenlik yollu girişime karşı bağışıklık ve ışınım yollu girişime karşı bağışıklık. Bağışıklığın tersi alınganlık (susceptibility) da EMC tanımlarında yer almaktadır. Bir cihazın bağışıklığı ne kadar yüksek ise alınganlığı o kadar düşüktür, ya da tersine bir cihaz ne kadar alıngan ise o denli düşük bağışıklık seviyelerine sahiptir.

Uygulamada iletkenlik yollu girişim ile ışınım yollu girişim için 30 MHz frekansı kabaca sınır olarak gösterilir. Yani, iletkenlik yollu girişim için doğru akımdan (direct current, DC) 30 MHz frekansa kadar olan bölge söz konusudur (burada DC kısaltması hem gerilim hem de akım işaretleri için kullanılmaktadır). Çünkü kablolar, metal gövdeler gibi yapılar üzerinden gelen iletkenlik yollu girişim işaretleri 30 MHz frekansının üstünde hızlı olarak söner. İletkenlik yolları genelde 30 MHz'in üstündeki girişim işaretlerini söndürdüğünden bu frekansın üstünde etki beklenmez. Benzer şekilde ısınım yollu girişim de 30 MHz'nin altında etkili değildir. Elektriksel işaret ileten her iletken, kablo, levha vb., yüksek frekanslarda birer anten gibi davranır. Yani, iletimin ötesinde EM ışıma yapar. Işınım yollu girişim için 30 MHz frekansının altı, bu frekanslarda ışınım ihmal edilebilecek boyutlarda olduğundan, göz önüne alınmaz.

Benzer tanımlama bağışıklık için de söz konusudur. 30 MHz frekansının altında iletkenlik yollu girişimlere karşı bağışıklık üstünde ise ışınım yollu girişimlere karşı bağışıklık istenir. Şekil 2.5'te iletkenlik yollu girişimlere karşı bağışıklığın farklı durumları gösterilmiştir. ESD (elektrostatik deşarj) statik yük birikimi ve ani yük boşalmasını göstermektedir. Gündelik yaşamda, özellikle sentetik ortamlarda, buzdolabının ya da arabanın kapısını açarken statik yük boşalmasını hepimiz yaşamışızdır. Ya da ofisimizdeki bilgisayara dokunurken sık sık bunu hissetmişizdir. Araştırmalar, özellikle kuru havada ve sentetik bir halı üzerinde 8-10 adım atarak yürümenin bile 10-15 kV değerinde bir statik yüklenmeye neden olabileceğini göstermiştir. Bu denli yüksek statik elektrik yükü özellikle parmak gibi ucu sivri noktaların metal nesnelere yaklaştırılması ile aniden boşalabilir. Diğer bağışıklık alt başlıkları da darbesel işaretlere ve yüksek değerli akım ya da gerilimlere karşı dayanıklı olmak anlamına gelir.

EMC yayınım ve bağışıklık cihaz – cihaz etkileşimlerinde söz konusudur. Bu durum bozucu işaretlerin şiddeti kadar frekansıyla da ilgidir. Şekil 2.6'da EM limitleri ve yayınım ve bağışıklığın test edilmesi örneği gösterilmiştir. Üstte ise sürekli çizgi ile bağışıklığın alt sınırının frekansla değişimi gösterilmiştir. Zikzak şeklindeki grafikler ise ölçülen yayınım seviyeleri ile test edilen bağışıklık seviyelerini göstermektedir. Belli bir frekansta aradaki farklar ise o ürünün tasarım güvenlik payını verir. Güvenlik payı ne kadar yüksek ise cihaz o denli az istenmeyen sızıntıya neden olur ve o denli yüksek bağışıklık seviyesine sahiptir.



Şekil 2.6. EMC sızıntı ve bağışıklık limitleri

Genelde; EMC yayınım limitleri birkaç µV/m'ler ya da µV'lar mertebesinde iken bağışıklık limitleri genelde kV/m'ler ya da kV'lar mertebesinde olur.

EMC problemiyle baş etmenin en iyi yolu her aşamada tasarım ilkelerini gözden geçirmektir. Yani;

- proje geliştirme
- tasarım
- üretim
- test
- kalite kontrol

aşamalarının tümünde EMC çözüm teknikleri yer almalıdır. Bu aşamalarda değişik seçenekler, potansiyel problemlerin erken çözümünü sağlar. EMC çözümleri ve koşulları zaman zaman performans ve diğer tasarım kriterleri ile çelişebilir. Bu durumda mühendislik planlaması önem kazanır. Amaca ve istenenlere en uygun ve en ekonomik tasarım daima arzu edilen, hedeflenen bir olgudur.

3. ELEKTROMANYETİK ALAN KAYNAKLARI

Elektromanyetik alanlar temel olarak elektrik ve manyetik alanların birlikte oluşturduğu alanlardır. Elektrik ile çalışan tüm cihazlar az ya da çok çevrelerinde elektromanyetik alan oluştururlar.

Elektromanyetik alan kaynakları; radyokomünikasyon alanında doğrudan RF sinyalleri üzerinden haberleşme sağlamak için kullanılan cihazlardan yayılan dalgalar ile birlikte, amacı ortama herhangi bir elektromanyetik dalga yaymak olmayan ancak işleyişi için gerekli enerjinin kullanımı nedeniyle oluşan ve cihaz dışına yayılması önlenemeyen istenmeyen dalgaları yayan tüm cihazları içine alan geniş bir tanım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Görece yüksek çıkış güçlü radyo ve TV vericilerinin yaymış olduğu elektromanyetik alanlardan dolayı, bu vericilerin bulunduğu mahallerde ortamın elektrik alan şiddet değerinin yüksek çıkması beklenmektedir.

3.1. Kirliliği Oluşturan Elektromanyetik Alanlar

Tüm vericiler, alıcılar, yayın istasyonları, uydu antenleri, TV ve radyo alıcı ve vericileri, bilgisayar, televizyon, buzdolabı, mikrodalga fırın, çamaşır makinesi, elektrik süpürgeleri, saç kurutma makineleri, su ısıtıcıları ve tüm elektrikli ev aletleri elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Bizler de görünebilen türden olmayan ışımalar yaymaktayız. Bu ışımayı vücut ısısını sabit tutulurken çok düşük boyutlarda IR ışınlar yayarak yapmaktayız. Fakat teknolojik gelişmeler bu doğal ortamı bozmuştur. Teknolojinin bize sunduğu tüm bu kolaylık getiren aletler uyumu bozmakta ve çevremizi doğal ışıma miktarlarının çok üzerindeki ışıma miktarlarında tutmaktadır. Kullandığımız buzdolapları, saç kurutma makineleri, floresan lambalar ve benzeri elektrikli cihazlar ortalama 1-25 miligaus (mG) arasında değişmektedir. Bunların en fazlasına 25 mG ile saç kurutma makinesi sahiptir. Bugün yaklaşık tüm dünyanın cep telefonu kullandığı bilinmekte ve çok küçük bir sağlık tehdidinin bile fazlasıyla önemsenmesi gerekmektedir. Belçikalı bilim adamları tarafından cep telefonunun

bulunduğu frekans aralığının yaymış olduğu ışıma insan genlerinde bozulmalara yol açmakta olduğu belirtilmiştir. Aynı frekansın farelerde beyin ölümlerine sebebiyet verdiği Washington Üniversitesi tarafından açıklanmıştır. Fakat bu açıklama Wireless Technology Reserch tarafından reddedilmiştir. Motorola araştırma bölümü çalışanı ünlü biyofizikçi Rose Adey'de araştırmalannı bu gibi sonuçlara vardırmış ve Motorola bunu kabul etmemiştir. Ardından Rose Adey'in firma ile ilişiği son bulmuştur. Avrupa'da beyin hastalıklarında son yıllarda yaklaşık %35 lik artışlar olmuştur.

Cep telefonu ve tüm bu elektromanyetik alan yayan cihazlar insanın bağışıklık sisteminde sorunlara yol açmaktadır. Bu durumda kanser gibi çözümleri bulunamamış hastalıklara sebebiyet vermektedir.

En son çalışmalar; 2 Watt'lık GSM cep telefonunu 35 dakika süre ile kullanılan bir kişinin kan basıncında 5-10 mm-Hg'lik yükselme olduğunu, bunun bir sağlık sorunu oluşturmamakla birlikte radyo dalgalarının belli bir yoğunlukta olduğu takdirde katarakt, deri yanığı, derin yanık, sıcak çarpması gibi biyolojik etkilerinin olabileceği belirtilmektedir.

3.2. GSM Menşeli RF Kaynakları

Son yıllarda sayıları hızla artan GSM hücresel haberleşme sistemi 900 MHz ve 1800 MHz'de kapsama ve trafik yükü beklentileri bakımından istenen kullanım etkinliğinin sağlanabilmesi bakımından çok sayıda GSM Baz İstasyonu (Base Transmitting Station - BTS) ile işletilmekte ve bu da ortamda özellikle de yerleşim alanları içinde yoğun bir elektromanyetik alan oluşumuna sebep olmaktadır.

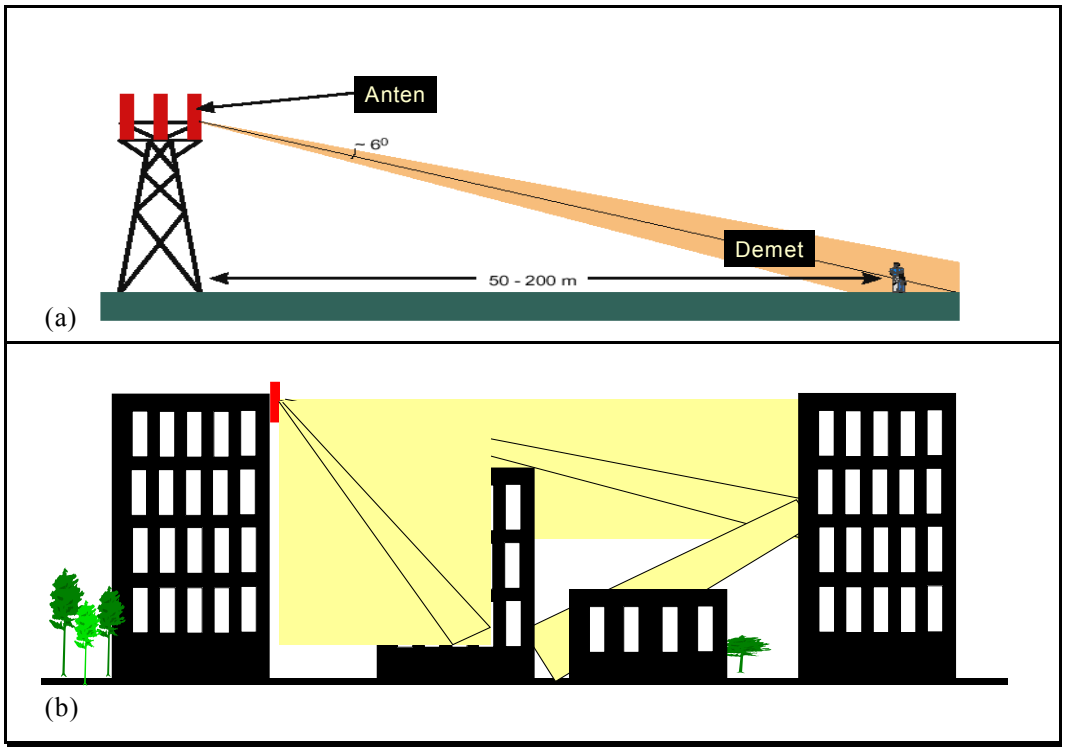
Artan abone talebi ve çeşitlenen hizmetler nedeni ile hücresel sistemler içinde RF yayan nitelikteki birim ve sistemlerin sayıları yerleşim alanları içi ve yakınında her geçen gün artmakta, bunun sonucunda ortamda elektromanyetik alan kaynakları ve yoğunluk oluşumuna sebep olmaktadır.

GSM hücresel sistemde kapsama alanına göre makro, mikro ve piko olmak üzere üç tip BTS donanımı bulunmaktadır.

Bu cihazlardan ortama yayılan güç; cihaz çıkış gücü olarak 2-10 Watt arasında değişmekte olup, ana yayılım yönünde ise P_{erp}=400 W'a kadar çıkmaktadır.

Kullanıcı sayısı arttıkça çevremizde baz istasyonlarının sayısının artması kaçınılmazdır.

- Baz istasyonları tipik olarak 10-30 m yüksekliğindeki kulelere yerleştirilir. Genelde her kulede 120°'lik yatay açıyı kapsayan üç anten bulunur. Her anten düşeyde tipik olarak 5-6°'lik hüzmeye sahiptir. Bu hüzme yataydan biraz aşağı yöneltilerek kuleye en yakın 50 m' de yere değer. Her anten birkaç konuşma kanalına (tipik olarak 2-4, en fazla 16) sahiptir. Bir kule ile 30-40 km'lik yarı çaplı bir alanın kapsanabilmesi için her kanal ortalama 40-60 W çıkış gücüne ve antenler 15-18 dB kazanca sahiptir. 60 W güç ile 10 m yüksekliğindeki bir kuleden 50 m ötede ölçülecek alan şiddeti 4-6 V/m civarında olacaktır. Bu değer çevredeki yakın binalardan ya da balkonlardan yansıma durumunda artabilir.
- Yapılan ölçmeler, çok anormal bir baz istasyonu yerleşimi seçilmediği sürece, ölçülecek elektrik alan değerin 5-10 V/m' nin üstüne çıkmayacağını göstermektedir. Ancak, yanlış yer seçimi ve hatalı yerleşim ile verilen sınır değerlerinin aşılması söz konusu olabilir. Ayrıca, Şekil 3.1'de gösterildiği gibi, anten hüzmesinin yönü ve yansımalar durumu oldukça değiştirebilmektedir.
- Cep telefonlarında durum daha ciddidir. Ortalama 2 W çıkış gücüne sahip 900 MHz'de çalışan bir cep telefonundan 2,2 cm ötede 400 V/m şiddetinde elektrik alan değeri ölçülmüştür. Bu değer 1800 MHz ve 1 W çıkış gücü ile 200 V/m' dır. Yani, beynimizin dibinde ölçülen değer baz istasyonlarının neden olduğu etki yanında on kattan daha fazla olabilmektedir



Şekil 3.1. Tipik baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı

GSM şebekelerinin yaygınlaşması ve yeni hatların devreye sokulması, her yerde baz istasyonlarının kurulmaya başlaması son günlerde EM kirlilik tartışmalarını ön plana çıkarmıştır. Bu tartışma sadece ülkemizde değil bütün dünyada ateşli bir şekilde sürmektedir. Tartışmanın bilimsel temellere oturtulması, kavramların ve büyüklüklerin netleşmesi yaşanmaya başlanan kaosu bir ölçüde önleyecek ve olayların sağlıklı gelişimini sağlayacaktır. Ortalıkta üniversitelerce ve diğer bilim kurumlarınca verilen ve bazısı yanlış hesap ve ölçülere dayanan çelişkili raporlar dolaşmaktadır. Yapılan ölçülerin bir kısmında ortamdaki elektrik alan şiddetinden çok kullanılan ölçü düzeninin kablo kayıplarının ölçüldüğü ve bunun farkında bile olunmadığına rastlanmaktadır. GSM şirketleri, belli bir yerde, örneğin yerden 35 m yüksekte ve şehir dışında bir kule şeklinde baz istasyonu tesisi için aldıkları raporu meskun mahalde ve bir binanın ikinci katında (yerden 3-4 m yüksekte) cepheye kurdukları bir başka tesis için örnek gösterebilmektedirler. Basında bilimsel kaynak göstermeden yazılar yayınlanmakta ve bu durum halk arasında söylentilerin artmasına neden olabilmektedir. Örneğin "karşı apartmanın çatısına baz istasyonu

kuruldu, acaba AIDS olur muyum?" diye ilgisiz, abartılı kaygılara bile rastlanır olmaktadır.

Türkiye' de bugün 8 milyon civarında cep telefonu abonesi olduğu sanılmaktadır. Sadece bu yıl Türkiye'de 3000'den fazla yeni baz istasyonu kurulacağı beklenmektedir. Çevre Bakanlığı bunlara bir düzenleme getirmek üzere genelgesini henüz yayınlamıştır. Bu genelge ile valiliklere sorumluluk, TÜBİTAK ve üniversitelere de denetleme ve ölçme yetkisi vermektedir. Sağlık Bakanlığı konu üzerinde uzun süredir çalışmalarını sürdürmektedir. TSE (Türk Standartları Enstitüsü) yıllardır standartların düzenlenmesi çalışmalarına eğilmektedir.

3.3. Radyo ve TV Vericileri

Çıkış güçleri itibarı ile 88-108 MHz aralığında yayın yapan FM Radyo vericileri, 174-230 MHz frekans aralığındaki VHF ve 470-860 MHz frekans aralığındaki UHF TV vericilerinin genellikle yerleşim yerleri yakınında, büyük şehirlerde ise kaçınılmaz şekilde yerleşim alanı içinde kalması ve 100 W ile başlayan ve 50 kW'a kadar ulaşan çıkış güçlerine sahip olması nedeni ile önem arz etmektedir.

Bir yerleşim alanında aynı anda birden çok sayıda radyo ve TV yayını olduğu, yerleşimlerin topoğrafik yapısı nedeni ile tek emisyon noktasından kapsanamadığı durumlarda emisyon noktaları ile verici adetlerinin arttığı dikkate alındığında önemli bir alan kaynağı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ankara ilinde Şentepe ve Dikmen'de kurulu bulunan mevcut radyo ve TV vericileri EK-3 ve EK-4 te verilmektedir.

3.4. Diğer Elektromanyetik Alan Kaynakları

Ortamda elektromanyetik alan girdisi oluşturan diğer cihaz ve sistemlerden belli başlıları aşağıda verilmektedir.

Bunların etkileri daha çok lokal alandadır ve kullanıldıkları yer itibarı ile bina içi ortamlar için yapılan değerlendirmelerde önemli olmakla beraber açık alanda nispeten azdır.

Bulundukları/geçtikleri bölgeler için dikkate alınması gerekli olmaktadır.

a) Enerji Nakil Hatları (ENH) ve trafo istasyonları,
b) Elektrikli trenler,
c) TV ve bilgisayarlarda kullanılan Katod Işını Tüplü (Cathode Ray Tube – CRT) ekranlar,
d) Endüstride kullanılan indüksiyon fırınları ve kaynak makineleri,
e) Tedavide kullanılan elektrikli/elektronik tıbbi cihazlar,
f) Evlerimizde kullanılan her türlü elektrikli ev aletleri (ütüler, mikrodalga fırınlar, kablosuz telefonlar, elektrikli battaniyeler, buzdolapları, vs.),
g) Sanayide RF frekansında çalışan çeşitli sistemler

Yukarıda bahsedilen, elektromanyetik alan oluşturan cihaz ve sistemlerin çevrelerinde oluşturdukları elektromanyetik kirlilik seviyeleri ve kaynakları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çevremizde oluşan elektromanyetik kirlilik seviyeleri ve kaynakları

A. Elektrik Alan İçin	
Cihaz İsmi	Oluşan Max. Elektrik Alan (V/m)
Yıldırım esnasında oluşan doğal elektrik alanı	20 000
380 kV'luk iletim hattı	6000
110 kV'luk iletim hattı	2000
10 kV'luk iletim hattı	500
Elektrikli battaniye	500
Doğal elektrik alanı	500
Elektrik ütüsü	200
Elektrikli tıraş makinesi	100
Saç kurutma makinesi	50
Ev içindeki elektrik kabloları	5

B. Manyetik Alan İçin	
Cihaz İsmi	Oluşan Max. Manyetik Alan (A/m)
Fırınlar ve saç kurutma makineleri	2000
Elektrikli tıraş makinesi	1000
Matkap	500
Elektrikli süpürge ve tost makinesi	100
Yer kürenin doğal manyetik alanı (statik)	30
380 kV'luk iletim hattı	30
110 kV'luk iletim hattı	15
10 kV'luk iletim hattı	10
Ev içindeki elektrik kabloları	5

4. ELEKTROMANYETİK ALANLARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ

EM dalgaların tüm spektrumumun canlılara etkisi olduğu bilinmektedir. Ancak bu etki mekanizmasının spektrumun her bölgesi için aynı olmadığı, farklı etkileşimlerinin bulunduğu da bilinmektedir. 2500 Angstrom'den daha düşük dalga boylu ışıma etkisi moleküllerde iyonizasyona sebep olur. Bu nedenle söz konusu ışıma bandı iyonlaştıran ışıma olarak tanımlanır. İyonlaştıran ışıma, atom ve moleküllerden elektron koparabilen radyasyonlardır. Bu kopmanın mümkün olabilmesi için gerekli bir minimum kuantum enerjisi vardır. İnsan vücudunun çoğunun sudan oluşması sebebiyle, minimum enerji seviyesi, su moleküllerine göre belirlenmektedir. Değişik frekanslar bunun için 12 eV ile 35 eV arasında değişen değerler vermektedir. Bu kıyaslama için gerçek değer önemli değildir. 12 eV, ultraviyole spektrumundaki $1{,}03 \times 10^{-7}$ m' lik dalga boyuna karşılık gelmektedir.

Bununla birlikte, radyo vericilerinde kullanılan yüksek besleme gerilimleri X-ışınları şeklinde iyonlaştıran radyasyona sebebiyet vermektedir. Kesinlikle bilinmelidir ki, RF enerjisi, iyonlaştıran radyasyonu kapsamaz, fakat daha çok her iki enerji tipide (iyonlaştıran, iyonlaştırmayan) kullanılan aletlerde mevcuttur ve RF mühendis ve teknisyenleri tehlikelerin farkında olmalıdırlar. Bir çok ülkede, tehlikeli yönlerinden dolayı, iyonlaştıran radyasyon, sınırlayıcı önlemler altına alınmıştır.

İyonlaştırmayan ışıma bandı düşük frekanslarından radyo frekanslarına kadar uzanır. (0-300 GHz arası) Bunlara karşı gelen dalga boylarının enerjileri molekülleri iyonlaştırmaya yetmez. İyonlaştırmayan radyasyon olarak da tanımlanan elektromanyetik radyasyon, enerjinin boşlukta elektrik ve manyetik alanlar biçiminde yayılmasıdır. Bu grup içerisinde X-ışınlarından başka radyo dalgaları, ısı, ışık, kızıl ve mor ve ötesi ışınları ile gamma ışınları sayılabilir.

İyonlaştırmayan ışıma kaynakları radar, radyo ve TV vericileri, baz istasyonları ve diğer çeşitli cihazlardır. İyonlaştırmayan ışımaya uzun süreli maruziyetin canlılarda kalıcı etkiler oluşturabileceği bilinmektedir. En önemli etki dokularda ısı artışına neden olmasıdır.

Üzerinden akım geçen bir iletkenin çevresinde oluşturduğu elektrik alanı V/m birimi ile belirlenir. Tıraş makinelerinde bu değer 30 V/m iken yüksek gerilim kablosunun altında 800 V/m'ye çıkabilmektedir. Bir kişinin sürekli 2000-3000 V/m arası elektromanyetik (EM) alana maruz kalmasının tehlikeli sonuçlar doğuracağı bilinmekte olup, bu alanda sayısız araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalar; kan kanseri riskinin artmasını, kan tablosunun değişmesini, baş ağrısı ve dönmesini EM ışımaya bağlamaktadır. Her saniyede 2,5 milyar EM titreşim üreten mikro dalga fırın kullanımı sakıncalı olup, fırın yanında duran bir kişinin kalp atışlarını değiştirmektedir.

Aşağıda, değişik düzeylerde elektromanyetik kirlilik yaratan ve günlük yaşamda sıklıkla kullanılan çeşitli işaretlerin frekansları verilmiştir.

Şebeke Gerilimi: 50-60 Hz
GM Radyolar: 1 MHz
FM Radyolar: 88-108 MHz
Mikrodalga Fırınlar: 2450 MHz
Kişisel Haberleşme Sistemleri (PCS): 1800-2200 MHz
Hücresel Telefonlar: 860-900 MHz
Kordonsuz Telefonlar: 46-60 MHz
Halk Bandı Telsizler: 27 MHz
Kamusal Amaçlı Telsizler: 45-500 MHz
X-ışınları: >1 GHz

Çalışmalar; çok yüksek frekanslı (EHF) (X-ışınları düzeyindeki) bir işaretin EM partiküllerinin, yeterli enerji ile "Kimyasal Bağlarına Ayrılma" (iyonizasyon) özelliğine sahip olduğunu ve X-ışınlarının bu özelliğinin, hücrelerin genetik özelliğine zarar verdiğini, potansiyel olarak kansere ve doğum kusurlarına neden olabildiğini göstermektedir.

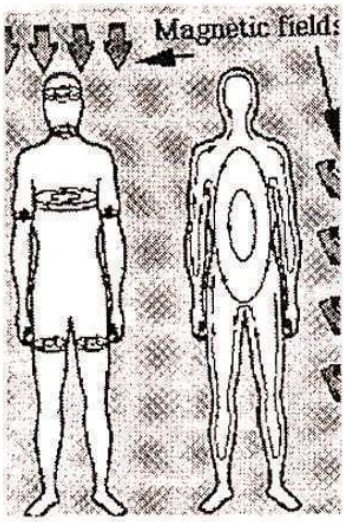
İnsan vücudu, yakınında bulunan enerji hatları ya da elektrik aletleri üzerinden geçen akımların ortaya koyduğu kuvvetlere bir tepki olarak; hareket eden serbest elektrik

yükleri ihtiva etmektedir. İnsan vücudundaki bu akımları 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 çeker ya da iterler. Vücut içindeki sıvılar iyi birer iletken olduğu için vücutta bulunan elektrik yükleri de bu elektrik kuvvetinin etkisi ile vücut yüzeyine doğru hareket eder. Enerji hatları üzerindeki elektrik yükü her saniye düzenli olarak değişmekte olduğundan, insan vücudunda oluşan yükler de aynı değişime uğramaktadır. İlk anda vücudun üst kısmında oluşan negatif elektrik yükleri bir sonradaki aşamada vücudun alt bölümüne geçerler. Bu nedenle güç-frekanslı elektrik alanları, vücut yüzeyinde oluşturduğu elektrik yükleri gibi vücut içinde de akımlar oluşturmaktadır.

Manyetik alanların elektrik alanlar ile yakın bir ilişkisi bulunmaktadır. Bu ilişki tam anlamı ile ilk kez 19. yüzyılda fizikçi James Clark Maxwell tarafından açıklanmıştır. Maxwell, yaptığı diğer şeylerin yanı sıra, değişken manyetik alanların elektrik alanlar oluşturduğunu göstermiştir. Manyetik olarak oluşturulan akımlar ilmik şeklinde halkalar halinde akmakta olduğu için bazen "anafor" ya da "çevrinti" akımlar olarak da anılmaktadır. Manyetik indüksiyonun yapısı gereği, manyetik alanların vücut içinde oluşturduğu akımlar vücut çevresi yakınında maksimum, vücut merkezinde ise minimum düzeydedir. Manyetik alanların insan sağlığı ile ilişkisi ancak son zamanlarda ortaya çıktığı için insan ve hayvanlarda manyetik olarak oluşturulan akımların ayrıntılı olarak sınıflandırılmasını içeren bilgiler elektrik indüksiyonla ilgili mevcut bilgiler ile karşılaştırıldığında oldukça azdır. Elimizde manyetik indüksiyonlarla ilgili ayrıntılı bir bilgi olmayışı verilen herhangi bir kaynağın oluşturduğu elektrik ve manyetik alanların oluşturduğu vücut akımlarının birbiri ile karşılaştırılabilmesini oldukça güçleştirmektedir. Şekil 4.1'de manyetik alana maruz bırakılan bir insan vücudunda oluşan alan çevrimleri ve bu alanların alan yönüne göre değişimleri gösterilmektedir.

Herhangi bir elektromanyetik kaynağının oluşturduğu vücudun yüzey elektrik yükleri ve vücut içi akımlarının büyüklüğü, bir çok faktöre bağlıdır. Kaynaktaki elektrik yükleri ve akımların büyüklüğü, vücudun kaynağa olan uzaklığı, alanı perdeleyen, ya da daha yoğunlaştıran diğer objelerin varlığı, vücudun duruş, biçim ve

yönü bu faktörlerden sayılabilir. Bu nedenle herhangi bir alanın meydana çıkardığı vücut yüzeyindeki yükler ve akımlar farklı canlılara göre farklılık göstermektedir.



Manyetik Alan Yönü	Vücudun Etkilenen Bölgesi
Baştan ayak ucuna	Kalp önü
Önden arkaya	Kalp yanı
Yandan	Kalp önü (Karın yukarısındaki sinirler)

Şekil 4.1. Vücudun manyetik alana maruz bırakılması durumunda vücutta ortaya çıkan akım çevrimleri ve uygulanan manyetik alanı yönüne göre etkilenen bölgeler

4.1. Düşük Frekanslı (ELF) Alanların Etkileri

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 elektromanyetik alanların etkilerinin araştırılması çalışmalarına yol açmıştır.

Yüksek gerilim hatlarının civarında, hattan olan uzaklığa ve hattın gerilimine bağlı olarak değişik seviyelerde elektrik ve manyetik alanlar oluşur. Yüksek gerilim hatları civarında yağmurlu günlerde şemsiye ile dolaşan kimselerde şemsiyenin metalik sapında rahatsızlık etkisi oluşturan seviyelerde akım indüklendiği bilinmektedir.

Taşıma hatları civarında manyetik alan değerleri 10-40 mikro Tesla(T) (1 T= 1000 Gauss) arasında değişir. Hattan 100 metre uzaklıkta manyetik alan 1 mikro T gibi

çok küçük değere düşer. Küçük bir elektrik motorunun ürettiği mikro T'lik değerle karşılaştırıldığında, bunun hayli düşük bir seviye olduğu görülür.

Endüstriyel çevrelerde oluşan manyetik alanlar taşıma hatlarına göre 10-100 kat daha büyüktür. Son yıllarda yerleşim bölgelerinde manyetik alan artışı ile ilgili olarak kanser olaylarındaki artışın paralellik gösterdiği ve bilhassa çocuklarda lösemi hastalığı ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür.

Saç kurutma makinesi, elektrikli matkap, tıraş makinesi, renkli televizyon gibi cihazların 30 cm ötesindeki manyetik alan değeri 0,1-2,5 mT arasında değişir. Elektrik alan değeri ise 250 V/m gibi hayli yüksek mertebeye ulaşır. Cihazlardan uzaklaştıkça bu değerler hayli hızlı düşüş gösterir. Örneğin evlerde bulunan cihazlar, gücüne bağlı olarak, bir metreden sonra çok ufak elektrik ve manyetik değerlerde radyasyon yayarlar .

4.2. Radyo Frekans (RF) Alanların Etkisi

Radyo frekanslı elektromanyetik donanımların giderek artan bir oranda kullanılması gerek bu konuda mesleki çalışanlar açısından ve gerekse halk sağlığı açısından RF radyasyonuna (RFR) maruziyetin muhtemel zararlarının incelenmesi çalışmalarının önem kazanmasına sebep olmuştur. Örneğin FM radyo-televizyon verici istasyonlarının bakımının genellikle yayın kesilmeden yapılması nedeniyle, bakım personeli 40 kW güçlü bir verici için 800 V/m şiddetinde alana maruz kalır. RF ve alanları insan vücudunda en önemli etkiyi vücudun dış yüzeylerinde olmaları nedeniyle göz ve üreme organları üzerinde yaparlar. Ancak vücut yüzeyine çok yakın olmakla beraber iletken özelliklere sahip olan sinirler ve kardivasküler sistemler üzerine de etkide bulunurlar.

Biyolojik malzemede RF enerji soğurulmasının 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 kalmalar sonucunda kaslarda yüksek sıcaklık

artışına neden olduğu anlaşılmıştır. İç organlar ve kan üzerinde de sıcaklık artışı görülür. 40-100 mW/cm^2 yoğunluklu alanlar uygulandığında kan damarları ciddi zarar görmekte ve bu nedenle iç organlarda kanamalar oluşabilmektedir. Bazı organların aşırı ısınmaksızın zarar görmeleri mümkündür. Bu olay özellikle boyut rezonansı olarak isimlendirilen olay sonunda, organizmanın bazı bölümlerinde açıkça ortaya çıkar. Eğer elektromanyetik ışımaya maruz kalan organın bazı parçalarının boyutu dalga boyu ile mukayese edilebilir büyüklükte ise bu bölgede duran dalga oluşabilmekte ve bazı noktalarda çok yoğun enerji yutulması olabilmektedir. Ayrıca vücudun çeşitli bölgelerine ameliyatla yerleştirilmiş metaller RF enerjinin yoğunlaşmasına neden olabilmektedir.

Yapılan epidemiolojik çalışmalar yüksek gerilim hatları ve elektrikli aletlerin (0-300 Hz) kanser riskini artırdığını göstermektedir. 0-300 Hz frekanslı alanlardan iletkenlik özellikleri nedeniyle en çok etkilenen dokular beyin sıvısı ve kan, ikincil derecede etkilenen dokular ise göz, göz sıvısı, tiroit, kas, gastrointestinal sistem, prostat ve testis dokularıdır.

Radyo frekanslarında, partiküllerin enerjisi, kimyasal bağlara ayrılamayacak kadar küçük olduğundan, bu frekanslar iyonize olamazlar. Nonionizing RF'lar ile iyonize X-ışınlarının biyolojik etkileri farklı ve birbiri ile benzeşmezdir.

Hücresel telefon ve PCS baz istasyonları antenlerince üretilen ve halkın maruz kaldığı radyo dalgaları konusunda standartlar oluşturan ve standartlarına en çok başvurulan 3 örgüt vardır.

1. ANSI (IEEE): Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
2. ICNIRP: Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu
3. NCRP: Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi

RF standartları "Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu" cinsinden ifade edilir ve mW/cm^2 ölçü birimi kullanılır. Halkın maruz kalabileceği radyasyon sınırlarının ölçümünde, 30 dakikalık kısa süreli periyotlar üzerinden ortalama güç yoğunlukları uygulanır.

Çoklu antenlerin olduğu yerlerde bütün antenler tarafından üretilen toplam güç esas alınır. Radyo dalgalarının biyolojik etkileri, absorbe edilen güç oranına bağlıdır. Bu enerji absorbe oranı, Özgül Soğurma Oranı (Specific Absorption Rate) SAR olarak adlandırılır ve W/kg cinsinden ölçülür. Bütün vücudun SAR ortalaması, maruz kalınan bu güç yoğunluğundan hesaplanabilir. Hücresel frekanslar için güç yoğunluğu standartları, PCS frekansları için olan değerden daha sıkıdır. Çünkü insan vücudu 860 MHz'de, 1800 MHz'dekinden daha fazla radyasyon alır. Aşağıdaki tabloda maruz kalınabilecek radyasyon standartları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Maruz kalınabilecek radyasyon standartları

Standart/Ülke/Kuruluş/Frekans Aralığı	800-900 MHz (Cep Tel.)	1800-2000 MHz (PCS Baz.)
BD FCC/NCRP	0,57 mW/cm^2	1,00 mW/cm^2
Avustralya (100 kHz-300 GHz)	0,45 mW/cm^2	0,90 mW/cm^2
Yeni Zelanda	0,45 mW/cm^2	0,90 mW/cm^2
Kanada (10 kHz-300 GHz)	0,57 mW/cm^2	1,00 mW/cm^2
İngiltere	0,57 mW/cm^2	1,00 mW/cm^2
ICNIRP	0,40 mW/cm^2	0,90 mW/cm^2

4.3. Elektromanyetik Alana Maruziyetin Isı Artışına Neden Olması

Elektromanyetik dalgaların çeşitli cihazlara ve insanlara etkisinin araştırılmasında, elektromanyetik dalganın bu ortamlarda nasıl davrandığının bilinmesi etkin rol oynayacaktır.

İyonlaştırmayan yani haberleşme amacıyla kullanılan 300 GHz'in altındaki elektromanyetik dalgalarda; her ne kadar bilimsel çalışma bolluğu bulunsa da halihazırda bilimsel geçerliliği olan temel etki mekanizması olarak, vücutta ısı artışına sebep verdiği olgusu kanıtlanmış durumdadır. Maruziyetin dozuna (elektromanyetik alan şiddeti ve bu şiddetteki elektromanyetik ışımaya sürekli maruz kalınan süre) bağlı olarak vücut ısısı, RF dalga soğurumu nedeniyle artmaktadır.

Isı etkisi, soğurulan RF dalgaların frekans alan şiddetine bağlı olarak hücre moleküllerini titreştirmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Frekans ve alan şiddeti arttıkça molekül titreşimi de artacağından daha fazla ısı ortaya çıkacaktır. Ortamdaki elektrik alan değeri arttıkça soğurulan enerji de artacaktır. Elektrik alan ile enerji arasında ki bağıntı Eş. 4.1 ile verilmektedir.

$$U=\frac{1}{2}(\varepsilon E^2 + \mu H^2) \ [J/m^3] \qquad (4.1)$$

ε : dielektrik sabiti [Farad / m]

μ : manyetik geçirgenlik [Henry / m]

4.4. Elektromanyetik Dalgaların Vücutta Soğurulması

Elektromanyetik dalganın iletken bir ortam içine girerek ilerlemesi "nüfuz etme" (penetration) olarak adlandırılmakta ve bunun ölçüsü genellikle “δ” ile gösterilen "nüfuz etme derinliği" (penetration depth) olarak tanımlanmaktadır. Nüfuz etme derinliği frekansa, ortamın iletkenliğine ve manyetik geçirgenliğine bağlıdır.

$$\delta= 1/\sqrt{ f\pi\mu\sigma } \ [m] \qquad (4.2)$$

δ : Nüfuz Etme Derinliği [m]

σ : Ortamın iletkenliği [S/m]

μ : Manyetik Geçirgenlik [$4\pi.10^{-7}$]

f : Frekans [Hz]

İnsan vücudu elektromanyetik dalgaya karşı bir anten gibi davrandığından belirli bir dalga boyunda daha fazla enerji soğurmakta, örneğin kişinin boyu elektromanyetik dalganın yarı büyüklüğünde olduğunda, rezonans frekansına tekabül etmesi nedeniyle enerji soğurumu en yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Bu yüzden

yetişkin insanlar için Çizelge 4.2 ile verilen şekilde 10 MHz-400 MHz arası elektrik alan sınır değerleri daha düşük tutulmuştur.

Çizelge 4.2. Frekansa göre elektromanyetik alan şiddet değerleri

Frekans aralığı	E-Elektrik alan şiddeti [V/m]	H-Manyetik alan şiddeti [A/m]	B 10^{-6} [Wb/m²]	S [W/m²]
3-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1-10 MHz	87/f½	0,73/f	0,92/f	-
10-400 MHz	28	0,0073	0,0092	2
400-2000 MHz	1,375 f½	0,0037 f½	0,0046 f½	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,15	10

Elektromanyetik dalganın insanlara nasıl bir etki yaptığının gerektiği gibi belirlenebilmesi için doğrudan vücudun içinde alan şiddetinin ölçülmesi gerekmektedir. Fiziksel olarak bu mümkün olmadığından vücut iletkenliğini ihtiva eden maddelerden oluşan kimyasal malzemeler üzerinde çalışmalar yapılmakta, modeller oluşturulmakta ve bilgisayar simülasyonlarıyla vücut içinde olması muhtemel elektrik alan değerleri kestirilmekte veya hesap edilmektedir. İnsan vücudu da tıpkı iletken bir madde gibi davrandığından ve vücudun farklı organlarının iletkenliği farklı olduğundan, elektromanyetik dalganın, soğurulması da organdan organa değişiklik göstermektedir.

4.5. SAR Değerleri

Canlı vücudunun elektromanyetik dalgadan soğurduğu enerji "Özgül Soğurma Oranı" (Specific Absorption Rate-SAR) ile verilmektir. Özgül Soğurma Oranı ortalama bir insan vücudunun soğuracağı kg başına enerji miktarını temsil etmektedir.

SAR değerinin ölçülmesi oldukça kompleks olmakla birlikte hesaplanması basitçe aşağıdaki formülle mümkün olmaktadır.

$$SAR=\sigma E^2/\rho \ [W/kg] \quad (4.3)$$

σ : İletkenlik [S/m]
E : Elektik alan [V/m]
ρ : Yoğunluk [kg/m]

SAR değeri doğrudan ölçülemeyen bir parametre olduğundan uygulamada ya doğrudan elektrik alanının ya da elektrik alana dönüşümü mümkün olan güç akı yoğunluğu (Power Flux Density) veya manyetik alan değerlerinden birinin ölçülmesi yeterli olmaktadır.

Burada güç akı yoğunluğu, elektromanyetik dalganın akış yönüne dik birim yüzeyden geçen enerji akısını göstermektedir ve aşağıdaki formül ile verilmektedir .

$$S=EB/\mu \ [W/m^2] \quad (4.4)$$

Güç akı yoğunluğu ortamın empedansı ve elektrik alan şiddetine aşağıdaki gibi bağlıdır.

$$S=E^2/377 \quad (4.5)$$

Yapılan araştırmalarda ortalama ağırlıkta bir insanın vücut sıcaklığının 1º C artması için, SAR= 4 W/kg değerinde bir maruziyetin gerektiği bulunmuş ve bu ısı artışı ölçüsü üzerinden sınır değerlerin belirlenmesi yoluna girmiştir

5. İNSAN SAĞLIĞI İÇİN SINIR DEĞERLER VE ULUSLARARASI KURULUŞLAR

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri konusunda birçok ülkede oluşturulan standart ve sınır değerlerin yanı sıra uluslararası standartlar ve sınır değerler de vardır.

Uluslararası alanda ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Uluslararası İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi) tarafından belirlenen sınır değerler birçok Avrupa ülkesinde ve dünyanın farklı ülkelerinde en yaygın kabul gören değerler arasındadır. ICNIRP, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Dünya Çalışma Örgütü (ILO) tarafından resmen tanınan bağımsız bir araştırma kuruluşudur. ICNIRP Kılavuzu'nda (ICNIRP Guidelines) yer alan çalışmalar üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile işbirliği yapılarak, çok sayıda mühendis, biyolog, fizikçi, epidemiolojist ve ilgili başka bilim adamlarından oluşan disiplinler arası bir ekip tarafından yürütülmüştür.

Amerika Birleşik Devletleri'nde bu sınır değerler FCC (Federal Communications Commission – Federal Komünikasyon Komisyonu) tarafından belirlenmekte ve bu sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) ve ANSI (American National Standarts Institute – Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) tarafından oluşturulan standart değerler temel olarak alınmaktadır. IEEE/ANSI standartları da sınır değerlerin belirlenmesinde yaygın olarak kabul gören ve temel alınan değerlerdir.

Elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri konusunda oluşturulmuş sınır değerler frekansa göre değişiklik gösterir. Örneğin baz istasyonlarının çalışma frekanslarını içine alan 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan sınır değerler elektrik alan şiddeti için $1{,}375f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)); manyetik alan şiddeti için $0{,}0037f^{1/2}$ A/m ve elektromanyetik güç yoğunluğu için $f/200$ W/m^2 ifadeleriyle verilmiştir. Bu ifadelerle verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir.

Bunun yanında IEEE ve FCC standartlarında yer alan güç yoğunluğu üst sınırı 300-1500 MHz frekans aralığında $f/150$ W/m^2, 1500-100 000 MHz frekans aralığında 10,0 W/m^2 olarak verilmiş olup, bu ifadelerle verilen sınır değerler otuz dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir.

Buna göre genel yaşam alanlarında, GSM 900 ve DCS 1800 sistemleri için kontrolsüz etkilenme için sınır değerler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

900 MHz için sınır değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	41,25 V/m	-
Manyetik Alan Şiddeti	0,111 A/m	-
Güç Yoğunluğu	4,5 W/m^2	6,0 W/m^2

1800 MHz için sınır değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	58,33 V/m	-
Manyetik Alan Şiddeti	0,157 A/m	-
Güç Yoğunluğu	9,0 W/m^2	10,0 W/m^2

Yukarıda verilen sınır değerlerin dışında;

İngiltere'de sınır değerler, 900 MHz'te 5,7 W/m^2 (46,4 V/m) ve 1800 MHz'te 10,0 W/m^2 (61,4 V/m)'dir.

İsviçre, genel olarak ICNIRP standardını kabul etmekle birlikte tek bir baz istasyonu anteni için sınır değeri 900 MHz'te 0,042 W/m^2 (4,0 V/m) ve 1800 MHz'te 0,095 W/m^2 (6,0 V/m) olarak belirlemiştir.

İtalya, günde 4 saatin altında maruz kalınan durumlar için sınır değer olarak 1,0 W/m^2 (19,4 V/m), 4 saatin üstü için 0,1 W/m^2 (6,1 V/m) olarak belirlemiştir. Ayrıca, İtalya'da yerel yönetimlere bu sınır değerleri düşürme yetkisi de verilmiştir.

Rusya'da sınır değerler, 900 MHz'te 0,024 W/m^2 (3,0 V/m)'dir.

Çin'de sınır değerler ise, 900 MHz'te 0,066 W/m^2 (5,0 V/m)'dir.

Telekomünikasyon Kurumu tarafından 12.07.2001 tarihli resmi gazetede yayınlanan "10 KHz-60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik" ile Türkiye'de geçerli olan sınır değerleri belirlenmiştir. Bu yönetmelikte yer alan sınır değerlerin belirlenmesinde ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan sınır değerler esas olarak alınmış olup, buna ek olarak her baz istasyonu için ayrıca sınırlama getirilmiştir. Buna göre tek bir cihaz için 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için Telekomünikasyon Kurumu'nun yönetmeliğinde yer alan sınır değerler, elektrik alan şiddeti için $0{,}341f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)), manyetik alan şiddeti için $0{,}0009f^{1/2}$ A/m ve güç yoğunluğu için f/3200 W/m^2 ifadeleriyle verilmiştir. Verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir. Bu ifadeler kullanılarak Türkiye'de 900 MHz ve 1800 MHz'de kontrolsüz etkilenme için uyulması gereken sınır değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

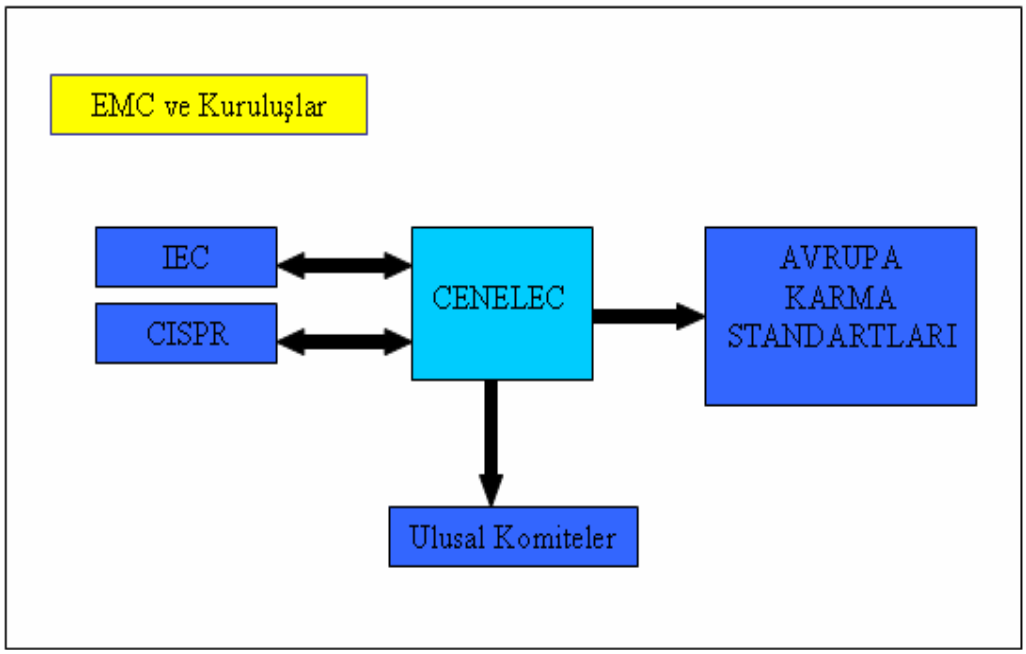
Çizelge 5.2. Türkiye'de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

Frekans	900 MHz		1800 MHz	
	Tek bir cihaz için sınır değer	Ortamın toplam sınır değeri	Tek bir cihaz için sınır değer	Ortamın toplam sınır değeri
Elektrik Alan Şiddeti	10,23 V/m	41,25 V/m	14,47 V/m	58,34 V/m
Manyetik Alan Şiddeti	0,027 A/m	0,111 A/m	0,038 A/m	0,157 A/m
Güç Yoğunluğu	0.28 W/m^2	4,5 W/m^2	0.56 W/m^2	9,0 W/m^2

5.1. EMC ile İlgili Kuruluşlar ve Standartlar

Elektromanyetik uyumluluk üzerine profesyonelce uğraşan, ülkelerin, teknik kurum

ve kurulların aynı dili konuşmalarını sağlayan, teknik gereksinimleri karşılamak üzere organizasyonlara giden önemli kuruluşlar Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Bunlar IEC, CISPR ve CENELEC' tir. EK-8'de bu kuruluşların görevleri anlatılmıştır.



Şekil 5.1. Uluslararası EMC kuruluşları ve etkileşimleri

EMC, cihaz – cihaz etkileşimini göz önüne alır. Elektronik cihazların bir arada, birbirini rahatsız etmeden ve birbirinden en az etkilenerek çalışabilmesi için gerekli düzenlemelerle ilgilenir. Örneğin, evlerde kullanılan buzdolabı, çamaşır makinesi gibi yüksek akım çeken cihazların çalışabilmeleri için şehir şebekesinden enerji çekerken şehir şebekesine gürültü aktarmaması için üreticinin alması gereken önlemleri ayrıntılı olarak sıralar. Ya da, televizyon üreticisine ürününün ne tür etkilere karşı dayanıklı olması gerektiğini belirtir. Ya da, kişisel bir bilgisayardan çevreye istenmeyen sızıntının frekansa ve uzaklığa göre en fazla ne olması gerektiğini belirler. Standartları belirleyen başlıca üç uluslararası kuruluş vardır. Bunlar; IEC (International Electrotechnical Committe), CISPR (Comite International Special des Perturbations RadioElectriques), CENELEC (Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique) olup ilk ikisi dünya, üçüncüsü Avrupa temellidir. Bu kuruluşlar ve onların belirlediği teknik uzman kadrolarca hazırlanan bu belgeler

değişik standartlar olarak kodlanır. Örneğin Çizelge 5.3'de bu üç kuruluşun hazırladığı standartlara ayrılan kodlar gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. IEC, CISPR ve CENELEC standartları

CENELEC standartları	EN 50 000 + X	Örneğin EN 50 081
CISPR standartları	EN 55 000 + X	Örneğin EN 55 013
IEC standartları	EN 60 000 + X	Örneğin EN 60 555

Hazırlanan bu belgeler uluslararası ya da ulusal standartlar olarak benimsenir ve cihazlar bu standartlara göre denetlenir. Çizelge 5.4'de CENELEC tarafından hazırlanan ve AB standartları olarak benimsenen tipik birkaç standart ve ilgi alanları verilmiştir.

Çizelge 5.4. Avrupa normu (EN) standart örnekleri

Referans	Uyumlu Standartların Başlığı	
EN 50 081-1:1992	EMC; Genel yayılım standardı	Bölüm 1: Ticari, hafif endüstri
EN 50 081-2:1993	EMC; Genel yayılım standardı	Bölüm 2: Endüstriyel çevre
EN 50 082-1:1997	EMC; Genel bağışıklık standardı	Bölüm 1: Ticari, hafif endüstri
EN 50 082-2:1995	EMC; Genel bağışıklık standardı	Bölüm 1: Endüstriyel çevre

Avrupa birliği (AB) yasal EMC düzenleme çalışmalarını 1992'de başlatmış ve 4 yıllık geçiş sürecinden sonra 1996'da zorunlu hale getirmiştir. Artık AB pazarına girecek her ürün EM uyumluluk, CE (Conformity Europe) markası taşımak zorundadır. Bunun anlamı o ürünün bağlı olduğu EN tipi standartlarca belirlenen tüm koşulları sağladığının belgelenmesi ve üretici firmanın bunu garanti etmesidir.

İnsan sağlığı ile ilgili EM etkilere ait limitleri belirleyen uluslararası kuruluşlardan önemli ikisi International Non-Ionizing Radiation Comittee (INIRC) ve International Radiation Protection Agency (IRPA)'dır. Bu kuruluşların belirlediği iki tip limit vardır; temel limitler ve türetilmiş limitler. Temel limit olarak "ortalama insanda vücut sıcaklığını 1º arttıracak EM enerji yutulmasının zararlı olduğu" düşüncesinden yola çıkılmıştır. Bunun sonucu ortalama kan dolaşımında 4 W/kg değeri bulunmuştur. Yani, kilogram başına dokuların yutabileceği en yüksek güç 4 W' tır. İş yerleri için 10 kat, genel ve meskun yerler için ise 50 kat güvenlik payları alınarak temel limitler

- fabrika, atölye gibi iş yerleri için → 0,4 W/kg SAR
- genel yerler için → 0,08 W/kg SAR

olarak belirlenmiştir. Yani bu limitler sadece dokularda yutulan ve ısıya dönüşen güçle ilgilidir. Fizyolojik, kimyasal, biyolojik hatta psikolojik etkileri göz önüne almamaktadır. Temel limitlerden yola çıkarak türetilen limitler ise frekansa göre ortamlardaki en yüksek alan şiddetlerini belirlemektedir.

5.2. Sınır Değerlerinin Tespiti

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

GSM 900 ve DCS 1800 sistemleri için kontrollü etkilenme için sınır değerler Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Kontrollü etkilenme için sınır değerler

900 MHz için sınır değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	90,0 V/m	-
Manyetik Alan Şiddeti	0,24 A/m	-
Güç Yoğunluğu	22,5 W/m^2	30,0 W/m^2

1800 MHz için sınır değerler	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	127,28 V/m	-
Manyetik Alan Şiddeti	0,34 A/m	-
Güç Yoğunluğu	45,0 W/m^2	50,0 W/m^2

5.3. Türkiye'de Oluşmuş Standartlar ve Sınır Değerleri

Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 1996'da TS ENV 501666-2 Sayı ve "İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması – Yüksek Frekanslar (10 kHz- 300 GHz)" başlıklı bir standart yayımlamıştır. Ayrıca TC Çevre Bakanlığı'nın 11 Mayıs 2000 tarihli genelgesi bulunmaktadır. Son olarak, Telekomünikasyon Kurumu tarafından 12.7.2001 tarihli resmi gazetede yayınlanan "10 kHz-60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik" ile Türkiye'de geçerli olan sınır değerleri belirlenmiştir. Bu yönetmelikte yer alan sınır değerlerin belirlenmesinde ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan sınır değerler esas olarak alınmış olup, buna ek olarak her baz istasyonu için ayrıca sınırlama getirilmiştir. Buna göre tek bir cihaz için 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için Telekomünikasyon Kurumu'nun yönetmeliğinde yer alan sınır değerler, elektrik alan şiddeti için $0{,}341f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)), manyetik alan şiddeti için $0{,}0009f^{1/2}$ A/m ve güç yoğunluğu için f/800 W/m^2 ifadeleriyle verilmiştir. Verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde

edilecek ortalama değerler içindir. Bu ifadeler kullanılarak Türkiye'de 900 MHz ve 1800 MHz'de uyulması gereken sınır değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

6. ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMLERİ

Elektromanyetik alan ölçümleri, temel olarak elektromanyetik dalganın elektrik alan şiddeti veya manyetik alan şiddeti bileşimlerinin ölçümünden ibarettir. Elektromanyetik dalganın elektrik ve manyetik alan bileşenleri uzak alanda düzlem dalga karakteristiği gösterdiğinden birbirine kolayca dönüşebilmektedirler. Yakın alan mesafesi Eş. 6.1'de verilmiştir.

$$2D^2 / \lambda \qquad (6.1)$$

D=Anten boyutu
λ=Dalga boyu

Bu değerden uzak olan noktalarda yapılan ölçümlerde, sadece elektrik alan bileşenin ölçülmesi yeterlidir. Elektromanyetik dalganın uzak alanda Eş. 6.2 kullanılarak manyetik alan şiddeti H (A/m) hesap edilebilir.

$$E/H=377\ \Omega \qquad (6.2)$$

6.1. Yapılan Ölçümler

100 kHz-3 GHz frekans bandındaki RF dalgalarının ortamda oluşturduğu toplam bileşke elektrik alan şiddetinin belirlenebilmesi için, geniş bantta ölçüm yapabilen EMR-300 cihazı kullanılmıştır. Cihazın elektrik alan için 27 MHz-60 GHz ve 100 kHz-3 GHz frekans bantlarında çalışan probları ve manyetik alan için 3 kHz-3MHz frekans bandında çalışan probu mevcuttur.

Ölçüm yapılırken her ölçü noktasında en az 6 dakika bekletilmesi ve cihazın ölçüm sırasında sabit tutulması gerekmektedir.



Resim 6.1. EMR 300 cihazının görüntüsü

Probun hızlı hareket ettirilmesi ekranda çok yüksek alan şiddeti değerlerinin görülmesine yol açar, bu durumun nedeni elektrostatik yüklerdir. Cihaz bu etkiyi azaltacak şekilde tasarlanmıştır ancak yinede prob çok hızlı hareket ettiğinde ekranda birkaç V/m ölçülmüş gibi değerler görülür. Bu da bizim yanlış ölçü yapmamıza sebep olur.

Ölçüm sırasında cihazın sabit tutulması dışında “Max. Inst.”, “AVRG” veya “Max AVRG” modlarını kullanmadan önce, saklı maksimum değerlerin ve ortalama değerlerin, SHIFT ve RESET tuşlarına aynı anda basılarak ekranın temizlenmesi gerekmektedir.

Cihaz ilk açıldığında, kendini test edip sinyal sesi verdikten sonra proba uygun olan şiddetinin anlık değerini ölçüp vermektedir. Cihaz, hiçbir tuşa basılmadıkça, anlık değerleri ölçmeye devam etmektedir.

Bilinmeyen bir alanın karakteristiğini saptamak için veya elektromanyetik radyasyon bulunan bir bölgeye girerken cihazın oryantasyona alışması için:

- Ölçüm yapacak kişinin üzerindeki her türlü sinyal kaynağı olabilecek cihazlar (cep telefonu, telsiz, vb.) kapatılır.
- Cihaz kol mesafesinde tutulur.
- Alan içinde farklı noktalarda ortamın genel özelliği olan yerlerde çok sayıda ölçüm yapılır.

Ankara ilinde elektromanyetik kirlilik seviyesini belirlemek için ölçümlerin değerleri, hazırlanan ölçüm değerleri Çizelge 6.1, Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'e işlenmiştir.

Ortamın elektromanyetik kirlilik seviyesinin belirlenmesi için kullanılan cihazın frekans aralığı çok geniş spektruma sahip olduğundan, RF dalga yayan sistemlerin dışında, ortamda ki elektrik alan oluşturan kaynakların etkisi de ölçülmüş olmaktadır.

Oldukça geniş bir alana dağılmış olan radyo ve TV vericileri yerleşim yerlerinin engebeli olmasından dolayı bina çatılarından fazla yükseklikte olmayan direklere kuruldukları gözlenmiştir.

Zamanla, boş olan arsalar, düzensiz yapılanma nedeniyle (gecekondu yapılaşması) verici istasyonları ile evlerin iç içe olduğu ve son derece sağlıksız bir ortam yarattığı gözlenmiştir.

Çizelge 6.1. Ankara Dikmen Çaldağı EMR 300 ölçüm değerleri

Anten (sektör)	Antene olan uzaklık (metre)	Ölçülen manyetik alan şiddeti (A/m)	Ölçülen elektrik alan şiddeti (V/m)		Ölçülen güç yoğunluğu (W/m²)	Ölçüm yapılan saat	Anten tipi	Anten kazancı
			Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı				
1	10	0,025		7,06	0,011	10:30	Pano	9,7
1	15	0,026		7,57	0,009	10:40	Pano	9,7
1	25	0,027		9,06	0,184	10:50	Pano	9,7
2	10	0,023		9,50	0,127	11:00	Pano	9,7
2	15	0,038		8,00	0,109	11:10	Pano	9,7
2	20	0,027		7,56	0,086	11:15	Pano	9,7
3	10	0,023		8,06	0,193	11:25	Pano	9,7
3	15	0,024		8,06	0,106	11:35	Pano	9,7
3	20	0,025		7,58	0,092	11:45	Pano	9,7

Çizelge 6.2. Ankara Şentepe TV verici istasyonu EMR 300 ölçüm değerleri

Anten (sektör)	Antene olan uzaklık (metre)	Ölçülen manyetik alan şiddeti (A/m)	Ölçülen elektrik alan şiddeti (V/m)		Ölçülen güç yoğunluğu (W/m²)	Ölçüm yapılan saat	Anten tipi	Anten kazancı (dBi)
			Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı				
1	70	0,0293		10,87	0,3108	18:00	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
1	80	0,0206		9,96	0,1732	18:10	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
1	90	0,0139		6,78	0,0749	18:20	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
2	70	0,0142		5,33	0,0765	18:25	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
2	80	0,0142		5,36	0,0756	18:30	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
2	90	0,0357		12,12	0,4803	18:35	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
3	70	0,0106		6,33	0,0409	18:40	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
3	80	0,0102		5,62	0,0407	18:45	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
3	90	0,0183		6,90	0,1256	18:50	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
4	70	0,0117		4,23	0,0496	19:00	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
4	80	0,0114		4,35	0,0502	19:10	FM/VHF/UHF	5/12/1,2
4	90	0,0113		4,52	0,0537	19:15	FM/VHF/UHF	5/12/1,2

Çizelge 6.3. Ankara içi EMR 300 ile ölçülen değerler

Ölçülen yer	Ölçülen manyetik alan şiddeti (A/m)	Ölçülen elektrik alan şiddeti (V/m)		Ölçülen güç yoğunluğu (W/m²)
		Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı	
OR-AN	0,0006	-	0,22	0,0001
Meclis lojmanları	0,0006	-	0,24	0,0002
TRT	0,0021	-	0,78	0,0016
Turan Güneş Bulvarı.	0,0024	-	0,90	0,0021
Birlik mah.	0,0023	-	0,88	0,0021
Atakule	0,0008	-	0,32	0,0003
100.yıl kavşağı	0,0011	-	0,40	0,0004
Çukurambar	0,0005	-	0,20	0,0001
Beşevler	0,0012	-	0,45	0,0005
TBMM Büro	0,0006	-	0,24	0,0002
TBMM Dışı	0,0011	-	0,43	0,0005
Sıhhiye	0,0005	-	0,18	0,0001

Çizelge 6.3. (Devam) Ankara içi EMR 300 ile ölçülen değerler

Ölçülen yer	Ölçülen manyetik alan şiddeti (A/m)	Ölçülen elektrik alan şiddeti (V/m)		Ölçülen güç yoğunluğu (W/m²)
		Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı	
AŞTİ iç	0,0006	-	0,22	0,0001
AŞTİ dış	0,0025	-	0,96	0,0024
Kocatepe	0,0015	-	0,56	0,0008
Mesnevi Sokak	0,0003	-	0,12	0,0000
Yukarı Ayrancı	0,0007	-	0,26	0,0002
Gençlik Parkı	0,0007	-	0,25	0,0002
Hipodrom	0,0007	-	0,26	0,0002
ODTÜ	0,0006	-	0,22	0,0001
İlker	0,0084	-	3,17	0,0267
Sokullu	0,0006	-	0,21	0,0001
A.O.Ç. kavşağı	0,0016	-	0,60	0,0010
Dikmen 1	0,0225	-	8,50	0,1916

Çizelge 6.3. (Devam) Ankara içi EMR 300 ile ölçülen değerler

Ölçülen yer	Ölçülen manyetik alan şiddeti (A/m)	Ölçülen elektrik alan şiddeti (V/m)		Ölçülen güç yoğunluğu (W/m²)
		Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı	
Dikmen 2	0,0255	-	9,63	0,2460
Dikmen 3	0,0424	-	16,00	0,6790
Dikmen 4	0,0531	-	20,00	1,0610
Dikmen 5	0,0637	-	24,00	1,5279
Dikmen 6	0,0690	-	26,00	1,7931
Lalegül	0,0010	-	0,38	0,0004
Demetevler	0,0009	-	0,35	0,0003
Şentepe 1	0,0199	-	7,50	0,1492
Şentepe 2	0,0231	-	8,69	0,2003
Şentepe 3	0,0278	-	10,49	0,2919
Ziraat mah.	0,0005	-	0,18	0,0001
GATA	0,0007	-	0,28	0,0002

Çizelge 6.3. (Devam) Ankara içi EMR 300 ile ölçülen değerler

Ölçülen yer	Ölçülen manyetik alan şiddeti (A/m)	Ölçülen elektrik alan şiddeti (V/m)		Ölçülen güç yoğunluğu (W/m²)
		Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı	
Etlik	0,0007	-	0,25	0,0002
GATA	0,0007	-	0,28	0,0002
Keçiören Meteorloji	0,0007	-	0,28	0,0002
Akköprü	0,0007	-	0,27	0,0002
Altınpark	0,0016	-	0,62	0,0010
Pursaklar	0,0003	-	0,12	0,00004
Esenboğa	0,0009	-	0,35	0,0003
X-Ray cihazı yanı	0,0066	-	2,50	0,0166
Siteler	0,0007	-	0,25	0,0002
Yakacık	0,0006	-	0,22	0,0001

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Modern dünyada elektromanyetik alan ve dalgaların etkisinden tamamen kaçmak mümkün değildir. Ancak bu alanların miktarı ve insanların bu alanların altında geçirdikleri zaman ve bunların zararlarından en az etkilenmeleri için birçok durumda yüksek maliyetler söz konusu olmadan da büyük ölçüde halledilebilir.

Ankara'da vericilerin bulunduğu bölgelerde yapılan ölçümler sırasında, vericilerin yakınında yaşayan halkın maruz kaldığı elektrik alanı değerlerinden (Çizelge 6.3.) haberdar olmadıkları gözlenmiştir. Ayrıca tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda, elektrik alan ve elektromanyetik kirlilik ölçümü yapan kuruluşların sayısının fazla olmadıkları ve bu tip ölüm yapan kuruluşların ise halkı bilgilendirme ve bilinçlendirme görevlerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Dikmen ve Şentepe'de yapılan gözlemlerde çok sayıda anten direğinin, vericinin, GSM lerin ayrı ayrı alanlarda kuruldukları ve buralarda hem çevre kirliliğine hem de elektromanyetik kirliliğe sebebiyet verdikleri görülmüştür.Bütün bu elde edilen veriler ışığında:

- İnsanların kendi durumlarını değerlendirebilmeleri ve kendilerini koruyacak basit önlemleri alabilmeleri için bilgilendirici broşürler ve kitapçıklar temin edilebilir.
- Etkin ve anlamlı koruma için uygun ölçüm aletlerinin bulunması ve ölçüm yapan kurum veya şirketlerin arttırılması ve halkı bilgilendirme zorunluluğunun getirilmesi gereklidir.
- Enerji nakil ve dağıtım hatları, radarlar, radyo-tevizyon ve cep telefonu yer antenleri ve benzerlerinin insanların yaşadığı yerlerde oluşturabileceği alan şiddeti ve güç miktarlarına ilişkin kurallar belirlenmeli ve zorlayıcı tedbirlerle uygulanmalıdır.
- Bilgisayar dahil elektrikli ve elektronik aletlerin kullanıldığı iş yerlerinde uygun koşulların yaratılması için kurallar belirlenmelidir.
- Bu alanlara girmek zorunda olanlar (orada çalışanlar), bu alanların nereler olduğunu ve bu alanlara girerken ne gibi önlemler almaları gerektiğini bilmelidirler. (Genelde bu alanlar antenden yaklaşık 6 m'ye kadar olan uzaklıklardır.)

- Denetimli radyasyon standardını aşan alanlar var ise, çalışanların bu alanların nereler olduğunu ve bu alanlara girerken vericileri susturabileceklerini (shut-down) bildiklerinden emin olunmalıdır.
- Yaşanılan ortam, elektrik alandan arındırılabilmesi için, radyo ve TV vericilerinin, daha yüksek anten direklerinden ve yerleşim alanlarından uzak yerlerde kurulmalıdır. Böylece yayın yapmaları durumunda kirlilik miktarı azalacaktır.
- Ortak anten kulesine geçiş yapılması halinde ortamın mevcut görüntü kirliliğinin yanı sıra elektromanyetik kirlilik açısından da daha az elektrik alana maruz kalması teorik olarak da mümkündür.
- Tüm bu alanların ortadan kaldırılabilmesi için, elektromanyetik kirlilik hakkında yeterli kanuni ve teknik düzenlemelerin etkili olarak kullanılması gerekir. TBMM'de çıkacak bir yasa ile alınacak düzenlemeler zorlayıcı olacaktır.
- Yayın kuruluşlarının disipline edilmeleri, RTÜK ve Türk Telekomünikasyon gibi uygulayıcı kurumların, toplumu da bilinçlendirecek şekilde Sağlık Bakanlığı, belediyeler ve ilgili kurumlarca kapsamlı bir çalışma yapmaları gereklidir.
- Radyasyon yayan, günlük yaşantımızın vazgeçilmez araç ve gereçlerinin kullanımının mahsurları, üretici tarafından tüketicinin bilgilendirilmesi gerekir.
- Cihaz üzerinde, radyasyon ve elektrik alan oluşturduğuna dair uyarıcı yazılar görünür bir şekilde bulundurulması gerekir.
- Cep telefonu gibi elektrik alanı oluşturan cihazların tüketilmesine yönelik reklamlar yerine, sigaraların üzerilerinde belirtildiği gibi, zararlarını belirten uyarı yazılarının konulması gereklidir.
- TV ve radyo verici istasyonlarının bulundukları yerlerin iskana açılmaması veya vericilerin kurulacak yerlerin yerleşim bölgelerinden uzak alanlara kurulması gereklidir.
- Üzerinde hücresel telefon veya baz istasyonu antenleri bulunan bir binanın üst katında yaşamak, diğer katlarda yaşanmasından daha tehlikeli değildir. Çünkü ne yüksek ne de düşük kazançlı antenler kendi eksenleri doğrultusunda ışıma yapmazlar.
- Bir binanın çatısı RF enerjiyi büyük ölçüde absorbe eder ve yaklaşık olarak işaret şiddetini 5-10 kat azaltır. Çatı betonarme veya metal ise bu azalma daha da

artar. Yapı tasarımlarında bu bilgi göz önüne alınmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Özdemir, A. R., "Ankara, İstanbul ve İzmir şehirlerinde elektromanyetik kirlilik haritasının hazırlanması ve elektromanyetik kirliliğin azaltılması yönünde öneriler", Uzmanlık Tezi, ***Telekomünikasyon Kurumu,*** Ankara, 3-6, 17-21 (2003).

2. Sevgi, L., "EM girişim ortamı", Elektromanyetik Kirlilik, ***TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası,*** İstanbul, 18-41 (2000).

3. Yılmaz, Elif, July., ***Bilim ve Teknik,*** 28-34 (2001).

4. Şeker, S., Çerezci, O., "Radyasyon Kuşatması", ***Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi***, İstanbul, 1-30 (2000).

5. İpek, N., "Elektromanyetik Kirlilik", ***Elektrik Mühendisliği***, 44: 46-49 (2006).

6. İnternet : Doğuş Üniversitesi "Elektromanyetik kirlilik, cep telefonları ve baz istasyonları" http://www3.dogus.edu.tr/lsevgi/LS_PROF/EMC_YAZI/emc_emoist.pdf (2000).

7. Denizhan, Y., "Çığır Açacak Bir Buluş: "Elektromanyetik Kirlilik Yaratmayan İletişim", ***Endüstri & Otomasyon,*** 1, 44-47 (2003).

8. İnternet : Gazi Üniversitesi Noniyonizan Radyasyondan Korunma Merkezi "Cep Telefonları SAR Değerleri" http://www.gnrk.gazi.edu.tr/sar.htm (2007).

9. Şeker, S., Çerezci, O., "Radyasyon Kuşatması", ***Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi***, İstanbul,1-26 (2000).

10. İnternet : TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi "Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı" http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf (2001)

11. "10 kHz-60 GHz Frekans Bandında Çalışan ve Ortamda İstem Dışı Elektromanyetik Alan Maruziyetine Neden Olan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarının Kuruluş Yeri, Montajı, Elektrik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik", ***Telekomünikasyon Kurumu,*** (2001).

12. "İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması-Yüksek Frekanslar (10 kHz-300 GHz)", ***Türk Standartları Enstitüsü,*** TS ENV 50166-2, (1996).

13. Freeden, J., "EMR-20/-30 EMR-200/-300 Radiation Meters Operating Manual 12/01.11 ed.", ***Narda Safety Test Solutions***, Pfullingen, 1-85, (2001).

EKLER

Çizelge 1.1. Elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri

Frekans aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)		H-alan şiddeti (A/m)		B-Manyetik akı yoğunluğu (μT)		Eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu (W/m^2)	
	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri
0.010 - 0.15	22	87	1,3	5	1,5	6,25	-	-
0.15 - 1	22	87	0,18/f	0,73/f	0,23/f	0,92/f	-	-
1 - 10	$22/f^{1/2}$	$87/f^{1/2}$	0,18/f	0,73/f	0,23/f	0,92/f	-	-
10 - 400	7	28	0,02	0,073	0,023	0,092	0,125	2
400 - 2000	$0,341f^{1/2}$	$1,375f^{1/2}$	$0,0009f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$0,001\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	f/3200	f/200
2000 - 60000	15	61	0,04	0,16	0,05	0,2	0,625	10

f : frekans (MHz)

EK-2 TRT’de kullanılan anten konfigürasyonları ve kazançları

Çizelge 2.1. TRT’de kullanılan anten konfigürasyonları ve kazançları

ANTEN KONFİGÜRASYONU	VHF		UHF
YÖN X PANO SAYISI	2DİPOL	4DİPOL	4DİPOL
1X1	7,5	14	11
2X1	4,3	9	8,5
3X1	2,5	7,6	6,7
4X1	1,5	6,1	5,5
1X2	10,5	13	14
2X2	7,3	11,8	11,5
3X2	5,5	10,4	9,7
4X2	4,3	8,9	8,5
1X3	12,2	15,7	15,7
2X3	9	13,7	1,2
3X3	7,2	12,3	11,4
4X3	6	10,8	10,2
1X4	13,5	17	17
2X4	10,3	14,5	14,5
3X4	8,5	13,3	12,7
4X4	7,3	11,8	11,5

EK-3 Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

Çizelge 3.1. Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

SIRA NO	RADYO ADI	FREKANSI (mhZ)	VERİCİ YERİ	ÇIKIŞ GÜCÜ (w)	ANTEN KAZANCI (Db)
1	SHOW RADYO	88.3	DİKMEN	3000	2
2	DOST FM	88.4	DİKMEN	1400	4.44
3	RADYO BEK	88.8	Y.MAHALLE	5000	11
4	RADYO 7	89.2	DİKMEN	5000	0.3
5	BURÇ FM	89.5	DİKMEN	1000	4.5
6	DÜNYA RADYO	89.8	Y.MAHALLE	1000	8.47
7	GİMSA RADYO	90.0	DİKMEN	1000	12.15
8	SÜPER FM	90.2	DİKMEN	5000	8.15
9	HEDEF RADYO	90.5	Y.MAHALLE	1000	3
10	RADYO DENGE	90.8	DİKMEN	250	8.16
11	RADYO BİZ	91.8	Y.MAHALLE	1000	3.7
12	SES RADYO	92.1	DİKMEN	1200	2.7
13	RADYO VİZYON	92.4	DİKMEN	250	3.7
14	RADYO VİVA	92.7	DİKMEN	5000	4.5
15	BAYRAK FM	93.1	DİKMEN	950	4.44
16	RADYO BİRLİK	93.6	Y.MAHALLE	5000	11
17	MAKRO FM	93.9	DİKMEN	1000	6.1
18	MAVİ RADYO	94.2	DİKMEN	5000	4
19	RADYO FOREKS	94.8	DİKMEN	5000	3
20	MELTEM RADYO	95.0	DİKMEN	4000	3.7
21	BAŞKENT RADYO	95.3	Y.MAHALLE	10000	11.93
22	RADYO ATILIM	96.3	DİKMEN	1000	2
23	METRO FM	96.0	DİKMEN	1000	6
24	RADYO KLAS	96.9	DİKMEN	1000	4.5

EK-3 (Devam) Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

Çizelge 3.1. (Devam) Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

25	TATLISES FM	97.2	DİKMEN	250	8.16
26	RADYO SHEMA	97.4	DİKMEN	10000	10.15
27	BEST FM	97.7	DİKMEN	5000	4.2
28	RADYO ART FM	98.0	DİKMEN	3000	2
29	SİZİN RADYONUZ	98.4	DİKMEN	5000	6.7
30	RADYO X	98.6	DİKMEN	250	2
31	RADIO CAPITAL	98.8	Y.MAHALLE	2500	6.3
32	KISS FM	99.1	DİKMEN	1000	6
33	POWER FM	99.5	DİKMEN	10000	3.12
34	RADYO ANADOLU	99.7	Y.MAHALLE	5000	13.43
35	RADYO 5	100.0	DİKMEN	5000	4.2
36	RADYO MEGASİTE	100.8	Y.MAHALLE	5000	6.1
37	KRAL FM	101.8	DİKMEN	6000	8
38	TRT RD-3	101.1	DİKMEN	4500	3.7
39	RADYO ODTÜ	102.4	DİKMEN	250-500	5.15-8.16
40	RADYO ARİFAN	102.8	Y.MAHALLE	1000	1.99
41	TRT RD-4	103.1	DİKMEN	5000	3
42	RADYO D	103.4	Y.MAHALLE	1500	3.7
43	TGRT FM	103.7	Y.MAHALLE	1000	1
44	NTV RADYO	104.0	Y.MAHALLE	10000	11.93
45	MORAL FM	104.4	DİKMEN	1250	11.92
46	ALEM FM	104.7	DİKMEN	7167-3583	15.67-12.66
47	TRT RD-2	104.9	DİKMEN	2000	10
48	RADIO MYDONOSE	105.3	Y.MAHALLE	5000	11
49	MAYDONOSE TURK	105.6	Y.MAHALLE	1000	1.99
50	RADYO ANKARA	106.0	DİKMEN	4000	4.5
51	POWER FM	106.5	DİKMEN	1000	4.5

EK-3 (Devam) Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

Çizelge 3.1. (Devam) Ankara ilindeki radyo vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

52	EKİN RADYO	106.7	DİKMEN	5000	4
53	AKRA FM	106.9	DİKMEN	5000	4.2
54	TRT RD-1	107.1	Y.MAHALLE	2000	1
55	ÖZGÜR RADYO	107.4	DİKMEN	5000	11

Çizelge 4.1. Ankara ilindeki TV vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

TV ADI	KANAL	(MHz)	VERİCİ YERİ	ÇIKIŞ (w)	(dB)	ANT.YÜK.
SES TV	VHF-5	175.25	DİKMEN	1000	8	50
KANAL 7	VHF-6	182.25	DİKMEN	333-167	13,65-16,16	70
TRT-1	VHF-7	189.25	Y.MAHALLE	5000	1,5	48
GİMSA TV	VHF-8	196.25	Y.MAHALLE	200	1	40
TRT-1	VHF-11	217.25	DİKMEN	1000	2.5	43
CNN TÜRK	UHF-22	479.25	HÜSEYİNGAZİ	50	18,92-14,15	45-25
STAR TV	UHF-22	479.25	DİKMEN	313-188	20,54-18,32	77
TRT-3	UHF-2	495.25	Y.MAHALLE	1000	8,5	62
KANAL 6	UHF-25	503.25	DİKMEN	500	13.55	30
STAR TV	UHF-26	511.25	ALTINDAĞ	50-25	16,56-13,55	35
TRT-4	UHF-27	519.25	Y.MAHALLE	1000	8,5	62
SHOW TV	UHF-28	527.25	DİKMEN	1000	10,5	25
TGRT	UHF-30	543.25	DİKMEN	3125-2500-1250	20,14-19,17-16,16	75
TRT-INT	UHF-31	551.25	Y.MAHALLE	1000	8,5	62
FLASH TV	UHF-32	559.25	DİKMEN	333-250-83	20,17-14,15	30
STAR TV	UHF-33	567.25	Y.MAHALLE	2500	20,17	80
SHOW TV	UHF-35	583.25	Y.MAHALLE	1000	15,3	100
KANAL 6	UHF-36	591.25	HÜSEYİNGAZİ	500-375-125	20,17-18,92-14,15	60
CINE 5	UHF-41	631.25	DİKMEN	1000	10,5	25
KANAL 6	UHF-42	639.25	Y.MAHALLE	666-333	13,15-16,16	20
TGRT	UHF-43	647.25	Y.MAHALLE	375-250-125	17,92-16,16-13,15	45
TRT- 3	UHF-44	655.25	DİKMEN	1000	9,7	47
STV	UHF-46	671.25	DİKMEN	2500	17,15	70
TRT-2	UHF-47	679.25	DİKMEN	1000	9,7	47

Çizelge 4.1. (Devam) Ankara ilindeki TV vericilerinin bulunduğu yerler, frekansları ve çıkış güçleri

STAR MAX	UHF-48	687.25	DİKMEN	313-188	284951,7	77
ATV	UHF-49	695.25	Y.MAHALLE	3077-769	22,68-46,66	100
ATV	UHF-51	711.25	DİKMEN	250	23,18	80
CNN TÜRK	UHF-53	727.25	DİKMEN	250	20,14-17,92	50
KANAL D	UHF-54	735.25	Y.MAHALLE	2500	19,17	80
CNN TÜRK	UHF-57	759.25	Y.MAHALLE	2500	19,17	80
FLASH TV	UHF-58	767.25	Y.MAHALLE	400-100	20,17-14,15	30
KANAL A	UHF-59	775.25	Y.MAHALLE	5000	10	60
NTV	UHF-60	783.25	DİKMEN	3750-1250	20,93-16,16	50
BAŞKENT TV	UHF-62	799.25	Y.MAHALLE	10000	14	100
CINE 5	UHF-62	799.25	Y.MAHALLE	1000	15,3	100
STV	UHF-66	831.25	Y.MAHALLE	250	17,15	20
NTV	UHF-67	839.25	Y.MAHALLE	1250	19,17	105

EK-5 Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

Bu program ile, Ankara içi yaptığımız ölçümlerin yerlerini harita üzerinde işaretleyerek, ölçülen elektrik alan şiddeti değerine göre bir daire çizdiriyoruz. Böylece tüm ölçümleri haritaya işaretleyince, Ankara'nın belli bir kısmında elektromanyetik kirlilik hakkında genel bir fikrimiz oluşuyor.

```
unit uMain;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, ExtDlgs, Buttons, ExtCtrls, StdCtrls, Spin, Grids, Grad, JPEG;

const
  N = 2500;

type
  TfrmMain = class(TForm)
    OpenPictureDialog: TOpenPictureDialog;
    panelUst: TPanel;
    cmdOpenMap: TSpeedButton;
    GroupBox1: TGroupBox;
    lblSol: TLabel;
    lblUst: TLabel;
    lblRenk2: TLabel;
    Xo: TSpinEdit;
    Yo: TSpinEdit;
    ColorDialog: TColorDialog;
    lblHaritaFName: TLabel;
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
 cmdEkle: TSpeedButton;
    cmdClearAllData: TSpeedButton;
    Gradient1: TGradient;
    StringGrid1: TStringGrid;
    cmdOpenData: TSpeedButton;
    cmdSaveData: TSpeedButton;
    SaveDialog: TSaveDialog;
    ListBox1: TListBox;
    OpenDialog: TOpenDialog;
    lblDatFName: TLabel;
    lblKoordinat: TLabel;
    ScrollBox1: TScrollBox;
    imgHarita: TImage;
    renk1: TEdit;
    renk2: TEdit;
    cmdSil: TSpeedButton;
    Label1: TLabel;
    yaricap: TEdit;
    Label2: TLabel;
    cmdSaveFormAsImage: TSpeedButton;
    procedure cmdOpenMapClick(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure renk1Click(Sender: TObject);
    procedure cmdEkleClick(Sender: TObject);
    procedure imgHaritaMouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
      Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
    procedure cmdClearAllDataClick(Sender: TObject);
    procedure renk2Click(Sender: TObject);
    procedure StringGrid1SetEditText(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
 const Value: String);
    procedure cmdSaveDataClick(Sender: TObject);
    procedure cmdOpenDataClick(Sender: TObject);
    procedure imgHaritaMouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,
      Y: Integer);
    procedure Gradient1MouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
      Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
    procedure Gradient1MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,
      Y: Integer);
    procedure Gradient1MouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
      Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
    procedure cmdSilClick(Sender: TObject);
    procedure cmdSaveFormAsImageClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

  TDagilim = record
    sol, ust, yaricap: integer;
    renk: TColor;
  end;

const
  SNAP = 1;
  K1 = 5;
  K2 = 30;
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
var
  frmMain: TfrmMain;
  d: array[1..N] of TGradient;
  modEkle, modSil, tasi: Boolean;
  offx, offy: integer;

  i: integer;

implementation

{$R *.dfm}

function InvertColor(AColor: TColor): TColor;
var
  r, g, b: byte;
begin
  r := 255 - GetRValue(AColor);
  g := 255 - GetGValue(AColor);
  b := 255 - GetBValue(AColor);
  result := RGB(r, g, b);
end;

function HexToInt(AHexVal: string): LongInt;
var
  i, n, v: LongInt;
begin
  n := 0;
  for i:=1 to Length(AHexVal) do
  begin
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
v := Pos(UpCase(AHexVal[i]), '0123456789ABCDEF') - 1;
   n := (n * 16) + v;
   //ShowMessage(IntToStr(v) + ' ' + IntToStr(n));
 end;

 Result := n;
end;



procedure TfrmMain.cmdOpenMapClick(Sender: TObject);
begin
 if not OpenPictureDialog.Execute then exit;

 imgHarita.Picture := nil;
 imgHarita.Picture.LoadFromFile(OpenPictureDialog.FileName);
 lblHaritaFName.Caption := ExtractFileName(OpenPictureDialog.FileName);

 cmdEkle.Down := false;
 cmdEkleClick(sender);

(*  for i:=1 to N do
 if Assigned(d[i]) then
   FreeAndNil(d[i]);

 i := 0;
*)
end;

procedure TfrmMain.FormCreate(Sender: TObject);
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
begin
  DoubleBuffered := true;
  ScrollBox1.DoubleBuffered := true;

  if FileExists('h1.bmp') then
  begin
    imgHarita.Picture.LoadFromFile('h1.bmp');
    lblHaritaFName.Caption := 'h1.bmp';
  end;

  StringGrid1.Cells[0, 0] := '#';
  StringGrid1.Cells[1, 0] := 'Yer';
  StringGrid1.Cells[2, 0] := 'Xo';
  StringGrid1.Cells[3, 0] := 'Yo';
  StringGrid1.Cells[4, 0] := 'D';
  StringGrid1.Cells[5, 0] := 'R1';
  StringGrid1.Cells[6, 0] := 'R2';

  renk1.Text := IntToHex(renk1.Color, 8);
  renk1.Font.Color := InvertColor(renk1.Color);
  renk2.Text := IntToHex(renk2.Color, 8);
  renk2.Font.Color := InvertColor(renk2.Color);


end;

procedure TfrmMain.renk1Click(Sender: TObject);
begin
  if not ColorDialog.Execute then exit;
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
  renk1.Color := ColorDialog.Color;
  Gradient1.EndColor := renk1.Color;
  renk1.Text := IntToHex(renk1.Color, 8);
  renk1.Font.Color := InvertColor(renk1.Color);
end;

procedure TfrmMain.cmdEkleClick(Sender: TObject);
begin
  modEkle := cmdEkle.Down;
  if modEkle then
    Screen.Cursor := crCross
  else
    Screen.Cursor := crDefault;
end;

procedure TfrmMain.imgHaritaMouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
  if Button <> mbLeft then exit;
  if not modEkle then exit;

//  Caption := Format('%d %d', [X, Y]);

  i := i + 1;

  if i>=N then i:=1;

  d[i] := TGradient.Create(self);
  d[i].Name := 'gr' + IntToStr(i);
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
 d[i].Parent := ScrollBox1;
  d[i].Tag := i;

  d[i].OnMouseDown := Gradient1MouseDown;
  d[i].OnMouseMove := Gradient1MouseMove;
  d[i].OnMouseUp := Gradient1MouseUp;

  Xo.Value := X;
  Yo.Value := Y;
  d[i].Left := X - Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2) div 2 +
imgHarita.Left;
  d[i].Top := Y - Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2) div 2 +
imgHarita.Top;

  d[i].Width := Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2);
  d[i].Height := Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2);

  d[i].Style := gsEllipse;
  d[i].EndColor := renk1.Color;
  d[i].StartColor := renk2.Color;
  d[i].Visible := true;

  StringGrid1.Cells[0, i] := IntToStr(i);
  StringGrid1.Cells[1, i] := '(yer)';
  StringGrid1.Cells[2, i] := IntToStr(X);
  StringGrid1.Cells[3, i] := IntToStr(Y);
  StringGrid1.Cells[4, i] := Trim(yaricap.Text);
  StringGrid1.Cells[5, i] := IntToHex(renk1.Color, 8);
  StringGrid1.Cells[6, i] := IntToHex(renk2.Color, 8);
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
end;

procedure TfrmMain.cmdClearAllDataClick(Sender: TObject);
begin
 if MessageDlg('Silinsin mi?', mtConfirmation, [mbYes, mbNo], 0) = mrNo then
exit;

 for i:=1 to N do
 begin
  if Assigned(d[i]) then
   FreeAndNil(d[i]);
 end;
 i := 1;

 for i:=1 to N do
 begin
  StringGrid1.Cells[0, i] := '';
  StringGrid1.Cells[1, i] := '';
  StringGrid1.Cells[2, i] := '';
  StringGrid1.Cells[3, i] := '';
  StringGrid1.Cells[4, i] := '';
  StringGrid1.Cells[5, i] := '';
  StringGrid1.Cells[6, i] := '';
 end;

 ListBox1.Clear;

 OpenDialog.FileName := '';
 SaveDialog.FileName := '';
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
  lblDatFName.Caption := '';

end;

procedure TfrmMain.renk2Click(Sender: TObject);
begin
  if not ColorDialog.Execute then exit;
  renk2.Color := ColorDialog.Color;
  Gradient1.StartColor := renk2.Color;
  renk2.Text := IntToHex(renk2.Color, 8);
  renk2.Font.Color := InvertColor(renk2.Color);
end;

procedure TfrmMain.StringGrid1SetEditText(Sender: TObject;
  ACol, ARow: Integer; const Value: string);
begin
  if Trim(Value) = '' then exit;
  if Length(Trim(Value)) > 3 then exit;
//  if StrToInt(Value) = 0 then exit;

  yaricap.Text := FloatToStr((d[ARow].Width - K2 ) / K1);

  Xo.Value := d[ARow].Left + Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2)
div 2 - imgHarita.Left;
  Yo.Value := d[ARow].Top + Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2)
div 2 - imgHarita.Top;

  renk1.Color := d[ARow].EndColor;
  renk2.Color := d[ARow].StartColor;
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
 if ACol=2 then
 begin
   d[ARow].Left := StrToInt(Value) - Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) +
K2) div 2 + imgHarita.Left;
 end;

 if ACol=3 then
 begin
   d[ARow].Top := StrToInt(Value) - Round(K1 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) +
K2) div 2 + imgHarita.Top;
 end;

 if ACol=4 then
 begin
   d[ARow].Width := Round(K1 * StrToFloat(Trim(Value)) + K2);
   d[ARow].Height := Round(K1 * StrToFloat(Trim(Value)) + K2);
 end;

(*  if ACol=5 then
 begin
   d[ARow].StartColor := TColor(StrToInt(Value));
 end;

 if ACol=6 then
 begin
   d[ARow].EndColor := TColor(StrToInt(Value));
 end;
*)
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
end;

procedure TfrmMain.cmdSaveDataClick(Sender: TObject);
var
  k: integer;
begin
  if not SaveDialog.Execute then exit;

  cmdEkle.Down := false;
  cmdEkleClick(sender);

  ListBox1.Clear;
  for k:=1 to N do
  begin
    ListBox1.Items.Add(StringGrid1.Rows[k].DelimitedText);
  end;
  ListBox1.Items.SaveToFile(SaveDialog.FileName);
end;

procedure TfrmMain.cmdOpenDataClick(Sender: TObject);
var
  k: integer;
begin
  if not OpenDialog.Execute then exit;

  ListBox1.Items.LoadFromFile(OpenDialog.FileName);
  SaveDialog.FileName := OpenDialog.FileName;
  lblDatFName.Caption := ExtractFileName(OpenDialog.FileName);
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
cmdEkle.Down := false;
 cmdEkleClick(sender);
 cmdSil.Down := false;
 cmdSilClick(sender);

 for k:=1 to N do
 begin
  StringGrid1.Rows[k].DelimitedText := ListBox1.Items[k-1];
 end;

 for k:=1 to N do
  if Assigned(d[k]) then FreeAndNil(d[k]);

 i:= 0;

 for k:=1 to N do
 begin
  if Trim(StringGrid1.Cells[0, k]) = '' then break;
  i := i + 1;

  d[i] := TGradient.Create(self);
  d[i].Name := 'gr' + IntToStr(i);
  d[i].Parent := ScrollBox1;
  d[i].Tag := k;

  d[i].OnMouseDown := Gradient1MouseDown;
  d[i].OnMouseMove := Gradient1MouseMove;
  d[i].OnMouseUp := Gradient1MouseUp;
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
    Xo.Value := StrToInt(Trim(StringGrid1.Cells[2, k]));
    Yo.Value := StrToInt(Trim(StringGrid1.Cells[3, k]));
    yaricap.Text := Trim(StringGrid1.Cells[4, k]);

    d[i].Left := StrToInt(Trim(StringGrid1.Cells[2, k])) - Round(K1 *
StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2) div 2 + imgHarita.Left;
    d[i].Top := StrToInt(Trim(StringGrid1.Cells[3, k])) - Round(K1 *
StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2) div 2 + imgHarita.Top;
    d[i].Width := Round(10 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2);
    d[i].Height := Round(10 * StrToFloat(Trim(yaricap.Text)) + K2);
    d[i].Style := gsEllipse;

    renk1.Color := HexToInt(Trim(StringGrid1.Cells[5, k]));
    renk2.Color := HexToInt(Trim(StringGrid1.Cells[6, k]));
    d[i].EndColor := renk1.Color;
    d[i].StartColor := renk2.Color;
    d[i].Visible := true;
  end;

end;

procedure TfrmMain.imgHaritaMouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState;
  X, Y: Integer);
begin
  lblKoordinat.Caption := Format('X: %d, Y: %d', [X, Y]);
end;

procedure TfrmMain.Gradient1MouseDown(Sender: TObject;
  Button: TMouseButton; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
begin
  if Button <> mbLeft then exit;

  tasi := true;
  offx := x;
  offy := y;

end;

procedure TfrmMain.Gradient1MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState;
  X, Y: Integer);
begin
  if tasi then
  begin
    (sender as TGradient).Left :=  SNAP * Round( ( (sender as TGradient).Left + (x -
offx)) / SNAP);
    (sender as TGradient).Top :=  SNAP * Round( ( (sender as TGradient).Top + (y -
offy)) / SNAP);
  end;

end;

procedure TfrmMain.Gradient1MouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
var
  k: integer;
begin
  if tasi then
  begin
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
  k := (sender as TGradient).Tag;
  StringGrid1.Row := k;
  StringGrid1.Col := 4;  // density
  StringGrid1.SetFocus;

  Xo.Value := StrToInt(Trim(StringGrid1.Cells[2, k]));
  Yo.Value := StrToInt(Trim(StringGrid1.Cells[3, k]));
  yaricap.Text := Trim(StringGrid1.Cells[4, k]);
  renk1.Color := HexToInt(Trim(StringGrid1.Cells[5, k]));
  renk2.Color := HexToInt(Trim(StringGrid1.Cells[6, k]));

  StringGrid1.Cells[2, k] := IntToStr( d[k].Left + d[k].Width div 2 - imgHarita.Left
);
  StringGrid1.Cells[3, k] := IntToStr( d[k].Top + d[k].Height div 2 - imgHarita.Top
);
  tasi := false;
 end;

 if modSil then
 begin
  k := (sender as TGradient).Tag;
  if Assigned(d[k]) then
   FreeAndNil(d[k]);
  StringGrid1.Cells[0, k] := '';
  StringGrid1.Cells[1, k] := '';
  StringGrid1.Cells[2, k] := '';
  StringGrid1.Cells[3, k] := '';
  StringGrid1.Cells[4, k] := '';
```

EK-5 (Devam) Ankara'da ölçülen elektrik alan değerlerinin, harita üzerinde gösteren, Delphi programlama diliyle yazılan program

```
    StringGrid1.Cells[5, k] := '';
    StringGrid1.Cells[6, k] := '';

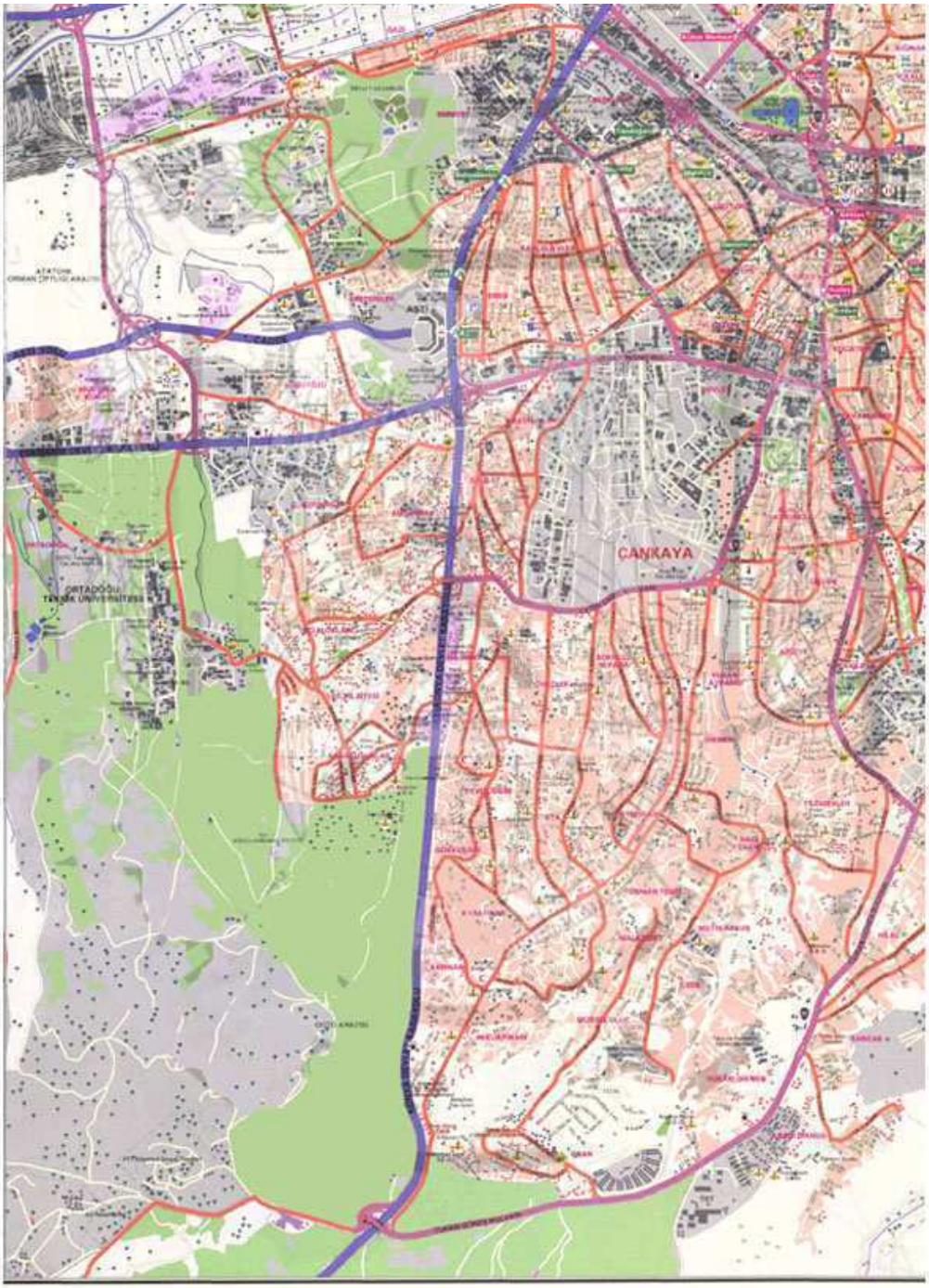
    i := k - 1;
    cmdSil.Down := false;
    cmdSilClick(sender);
  end;
end;

procedure TfrmMain.cmdSilClick(Sender: TObject);
begin
  modSil := cmdSil.Down;
  if modSil then
    Screen.Cursor := crNo
  else
    Screen.Cursor := crDefault;

end;

procedure TfrmMain.cmdSaveFormAsImageClick(Sender: TObject);
var
  MyJpeg: TJPEGImage;
begin
  MyJpeg := TJPEGImage.Create;
  MyJpeg.Assign((GetFormImage as TBitmap));
  MyJpeg.SaveToFile('screen.jpg');
  MyJpeg.Free;
end;
end.
```

EK-6 Delphi programlama diliyle yazılan programda kullanılan haritalar



Harita 6.1. Ankara ili ölçüm yapılan yerleri gösteren harita 1

EK-6 (Devam) Delphi programlama diliyle yazılan programda kullanılan haritalar



Harita 6.2. Ankara ili ölçüm yapılan yerleri gösteren harita 2

EK-6 (Devam) Delphi programlama diliyle yazılan programda kullanılan haritalar



Harita 6.3. Ankara ili ölçüm yapılan yerleri gösteren harita 3

EK-7 Elektromanyetik dalgaların insan sağlığına etkileri konusunda internet üzerinden ayrıntılı bilgi edinilebilecek adresler

American Radio Relay League:	www.arrl.org
American National Standards Institute:	www.ansi.org
Bioelectromagnetics Society:	www.bioelectromagnetics.org
COST 244 (Europe):	www.radio.fer.hr/cost244
DOD:	www.brooks.af.mil/AFRL
European Bioelectromagnetics Assc.:	www.ebea.org
Electromagnetic Energy Assc.:	www.elecenergy.com
Federal Communications Commission:	www.fcc.gov/oet/rfsafety
FEB - The Swedish Association for the Electro Sensitive:	www.feb.se
ICNIRP (Europe):	www.icnirp.de
ICNIRP Guidelines:	www.icnirp.de/Documents/Emfgdl.PDF
IEEE (America):	www.ieee.org
International Microwave Power Inst.:	www.impi.org
Microwave News:	www.microwavenews.com
J.Moulder, Med.Coll.of Wisc.:	ww.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html
National Council on Radiation Protection & Measurements:	www.ncrp.com
NJ Dept Radiation Protection:	www.state.nj.us/dep/rpp
Richard Tell Associates:	www.radhaz.com
US OSHA:	www.osha-slc.gov/SLTC
World Health Organization EMF Project:	www.who.ch/peh-emf
Electromagnetic Fields and Public Health Cautionary Policies:	www.who.int/peh-emf/publications/factspress/EMF-Precaution.htm
Electromagnetic Fields and Public Health:	www.who.int/int-fs/en/fact193.html

EK-8 Uluslararası EMC kuruluşları

- IEC (International Electrotechnical Commission)

IEC 1906 yılında kurulmuştur ve sanayileşmiş 50'ye yakın ülkenin ulusal elektroteknik kurullarından oluşmuştur (İrlanda hariç Avrupa ülkeleri üyedir). ISO (International Standardisation Organisation) Uluslararası Standartlaşma Kurulu'nun elektrik ve elektronik koludur. Bazı özel konular dışında elektrik, elektronik ve haberleşme sistemlerindeki standartları organize eder.

- CISPR (Comite International Special des Perturbations Radioelectriques)

CISPR 1936'da kurulmuştur. İlk amacı ışınım kaynaklı EMC problemleridir. Şu anda çalışma alanları IEC ile duruma getirilmiştir. Ana amacı radyo ve TV yayınlarının haberleşme cihazlarından korunumudur. Çalışmaların sonuçları CISPR yayınları olarak duyurulur. Yayınım ölçmeleri konusunda referansları oluşturur.

- CENELEC (Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique)

CENELEC, 1973 yılında kurulmuştur. CENELEC'in amaçları, çevrenin korunması da dahil elektrik, elektronik ve ilgili teknolojiler alanlarında ürün kalitesi ve güvenliği ile hizmet kalitesi ve güvenliğinin iyileştirilmesine öncülük etmek, üyeleri ve ilgili tarafların elektroteknik sanayinin, işbirliği yapılan kuruluşların ve sosyal ve ekonomik ortakların menfaatlerine hizmet etmek, misyonuna ulaşabilmesi için IEC'yi desteklemektir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: İNCE, Tolga
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 18.03.1974 Manisa
Medeni hali	: Evli
Telefon	: 0 (312) 490 79 75
Faks	: 0 (312) 490 77 43
e-mail	: tolga.ince@trt.net.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üni./Elektrik-Elektronik Müh. Böl.	2006
Lisans	Gazi Üni./Elektrik-Elektronik Müh. Böl.	2006
Lise	Manisa Fatih Anadolu Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998-2006	TRT Genel Müdürlüğü	Başmühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Gezi, Bilgisayar teknolojileri, Basketbol, Sinema