

T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

**BİR İŞYERİNDE ELEKTROMANYETİK ALAN
ÖLÇÜMÜ YAPILMASI VE SONUÇLARININ İŞ SAĞLIĞI
VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nihan Merve SARIKAHYA

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA - 2014

T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

**BİR İŞYERİNDE ELEKTROMANYETİK ALAN
ÖLÇÜMÜ YAPILMASI VE SONUÇLARININ İŞ SAĞLIĞI
VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nihan Merve SARIKAHYA

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

Tez Danışmanı
Nasip Gül ERÇOBAN

ANKARA – 2014

T.C.
Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
İş sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

O N A Y

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Nihan Merve SARIKAHYA'nın, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Sayın Nasip Gül ERÇOBAN danışmanlığında, tez başlığı "Bir İşyerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılması ve Sonuçlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi" olarak teslim edilen bu tezin tez savunma sınavı .../.../2014 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından "**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**" olarak kabul edilmiştir.

Müsteşar Yardımcısı
Dr. Serhat AYRIM
JÜRİ BAŞKANI

İSGGM Genel Müdürü
Kasım ÖZER
ÜYE

İSGGM Genel Müd. Yrd.
İsmail GERİM
ÜYE

İSGGM Genel Müd. Yrd.
Dr. Rana GÜVEN
ÜYE

Öğretim Görevlisi
Doç. Dr. Yasin Dursun SARI
ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen kişilere ait olduğunu onaylarım.

Kasım ÖZER
İSGGM Genel Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İŞ Sağlığı ve Güvenliği Genel M¼d¼rl¼đ¼'nde g¼reve baŐladıđım 24 Aralık 2010 tarihinden itibaren uzman yardımcısı olarak, ¼ç yıllık çalışma hayatımı tamamlamamın ardından “Bir İŞyerinde Elektromanyetik Alan ¼lç¼m¼ Yapılması ve Sonuçlarının İŞ Sağlığı ve Güvenliği Y¼n¼nden Değerlendirilmesi” konulu tez çalıŐmamı sunmaktayım.

Uzmanlık tezimi hazırlamamda ve çalışma hayatımda desteklerini esirgemeyen başta Genel M¼d¼r¼m Sayın Kasım ¼ZER olmak ¼zere, İŞ Sağlığı ve Güvenliği Genel M¼d¼r Yardımcısı Sayın İsmail Gerim, İŞ Sağlığı ve Güvenliği Genel M¼d¼r Yardımcısı Sayın Ahmet ÇETİN, İŞ Sağlığı ve Güvenliği Genel M¼d¼r Yardımcısı Sayın Dr. Rana G¼VEN, Piyasa G¼zetimi Daire BaŐkanım Sayın Sedat YENİD¼NYA, deneyim ve bilgileriyle tez çalıŐmama katkıda bulunan tez danışmanım Nasip G¼l ERÇOBAN ile çalışma arkadaşlarıma teŐekkür¼ bir borç bilirim.

Son olarak, beni bug¼nlere getiren başta rahmetli babam Av. Hasan AKG¼L olmak ¼zere çok değerli aileme ve bu s¼reçte her zaman yanımda olan kıymetli eŐim Mehmet SARIKAHYA'ya çok teşekkür ederim.

ÖZET

SARIKAHYA, Nihan Merve, Bir İşyerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılması ve Sonuçlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara, 2014

Günümüzde teknolojinin gelişmesine paralel olarak artan telsiz, mikrodalga fırın, cep telefonu, internet gibi cihazlar nedeniyle sürekli olarak elektromanyetik alana maruz kalınmaktadır. Bu tez çalışmasında teorik olarak, elektromanyetik alan ve temel kavramlar, elektromanyetik alan kaynakları, elektromanyetik alanın sağlık etkileri, bu konudaki ulusal ve uluslararası kuruluşlara ait sınır değerler ve elektromanyetik alandan korunma yöntemleri açıklanmıştır. Öncelikle yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, telsiz telefonlar ve WLAN'ın 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye'de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Daha sonra Ankara'da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar itibarıyla bu hassas bölgenin yönetmelikle belirlenen sınır değerlere uygunluğunu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik alan, Elektromanyetik alan maruziyeti, Radyo frekans, İş Sağlığı ve Güvenliği

ABSTRACT

SARIKAHYA, Nihan Merve, The Electromagnetic Field Measurement of a Workplace and Evaluating of the Results About Occupational Health and Safety, Ministry of Labour and Social Security, Directorate General of Occupational Health and Safety, Thesis Occupational Health and Safety Expertise, Ankara, 2014

Nowadays, due to developing technology in the world, human is exposed to the electromagnetic fields increasingly by using dect phones, microwave oven, mobile phones and internet. In this thesis, theoretically, electromagnetic field and basic definitions, electromagnetic fields sources, the health effects of electromagnetic fields, the limit values of national and international institutions and the protection from electromagnetic fields are described. Firstly, widely used mobile phones, microwave ovens, DECT phones and WLAN 's electromagnetic field's amplitude are measured at different distances eg. 1cm, 10 cm, 30 cm, 1m and compared to limit values of electromagnetic field amplitude in Turkey. Then, the amplitude of the electromagnetic field is measured in a school in Ankara and the results of this measurement compared to the limit values in the relevant regulations.

Keywords: Electromagnetic field, Exposition of Electromagnetic fields, ,Radio Frequency,Occupational Health and Safety

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	III
TEŞEKKÜR	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER	VII
SİMGE VE KISALTMALAR	X
GİRİŞ VE AMAÇ	1
GENEL BİLGİLER	3
ELEKTROMANYETİK VE TEMEL KAVRAMLAR	3
Alan	3
Elektrik Alan	3
Manyetik Alan	5
Radyasyon.....	7
Elektromanyetik Alan	8
Elektromanyetik Spektrum	9
İyonlaştırıcı EM Dalgalar	11
İyonlaştırmayan EM Dalgalar	11
SAR (Specific Absorption Rate)	12
Elektromanyetik Girişim (Electromagnetic Interference, EMI)	13
Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility, EMC)	14
EM ALAN KAYNAKLARI	16
GSM Menşeli RF Kaynakları	19
Radyo ve TV Vericileri.....	20
Diğer Elektromanyetik Alan Kaynakları	21

ELEKTROMANYETİK ALANIN SAĞLIK ETKİLERİ	23
Epidemiyolojik Çalışmalar.....	23
Sağlık Etkileri.....	25
EMA'nın Göz Üzerine Etkileri	26
EMA ve Kanser	27
EMA'nın Endokrin Sistemine Etkileri	27
EMA'nın Dolaşım Sistemine Olan Etkileri	28
EMA'nın Üreme Sistemine Olan Etkileri	28
EMA'nın DNA Yapısına Olan Etkileri	29
EMA'nın Sinir Sistemine Olan Etkileri.....	29
Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri.....	30
İNSAN SAĞLIĞI İÇİN SINIR DEĞERLER VE ULUSLARARASI KURULUŞLAR	32
Türkiye'de Oluşmuş Standartlar ve Sınır Değerleri	38
Elektromanyetik Alan Şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşlarına Olan Etkileri ve Dünya Uygulamaları .	44
Uluslararası EMF Projesi	58
GEREÇ ve YÖNTEMLER	60
BULGULAR	62
ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMÜ UYGULAMA PROJESİ.....	65
ÖLÇÜMLERDE KULLANILAN CİHAZ ÖZELLİKLERİ	66
MESAFEYE BAĞLI YAPILAN ÖLÇÜM SONUÇLARI	67
Telsiz (DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunication) Telefonlar	67
WLAN – Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri	73
Cep Telefonları	77
3G (3 rd Generation)	82
Mikrodalga Fırın	84
Ankara'da Bir Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları	88
TARTIŞMA.....	89

SONUÇLAR	92
KAYNAKLAR	97
RESİMLERİN LİSTESİ.....	101
RESİMLER LİSTESİ	101
TABLOLAR LİSTESİ	102
ÖZGEÇMİŞ	103

SİMGE VE KISALTMALAR

- **ABD** :Amerika Birleşik Devletleri
- **BTK** :Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
- **CENELEC** :AvrupaElektroteknik Standardizasyon Komitesi
- **ÇSGB** :Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
- **DECT** :Telsiz Telefon
- **EEAE** :Yunan Atomik Enerji Komisyonu
- **ELF** :Düşük Frekans Elektromanyetik Alan
- **EMA** :Eletromanyetik Alan
- **EMC** : Elektromanyetik Uyumluluk
- **EMF** :Electromagnetic Field
- **EMI** :Elektromanyetik Girişim
- **EMS** :Elektromanyetik Spektrum
- **F** :Frekans
- **IARC** :Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü
- **ICNRP** :Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi
- **IEEE** :Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
- **ILO** :Uluslararası Çalışma Örgütü
- **İSGGM** :İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
- **NCRP** :Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi
- **RF** :Radyo Frekansı
- **SAR** :Özgül Soğurma Hızı
- **WHO** :Dünya Sağlık Örgütü
- **WLAN** :Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri

GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde endüstrileşme ve teknolojinin gelişimine bağlı olarak elektrik enerjisinin kullanımı ve elektriğe olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bütün elektrikli cihazlar, gerilim ve akım miktarına bağlı olarak, yani güçleri oranında çeşitli frekans bandlarında elektromanyetik alan meydana getirirler. Elektromanyetik alan kaynağı olarak, televizyon, radyo, elektrikli tıraş makinesi, elektrikli battaniye, bilgisayar monitörü, fotokopi makinesi, mikrodalga fırınlar, kablosuz telefonlar, mutfak robotu gibi günlük hayatta kullanılan daha birçok cihaz örnek olarak verilebilir. Bunun sonucunda insanlar, hayvanlar ve bitkiler kısacası tüm çevre elektromanyetik alanın etkisi altında kalmaktadır. Elektromanyetik kirlilik diğer çevre kirliliklerinin aksine gözle görülmez ve etkileri hemen ortaya çıkmaz. Bu nedenle elektromanyetik kirlilik konusuna yeterli önem verilmemekte ve göz ardı edilmektedir. Ancak herkes yayılan farklı frekanslardaki elektromanyetik alanlara maruz kalmakta ve bu durum her geçen gün daha da artmaktadır.

Bu çalışma insan sağlığını potansiyel bir biçimde olumsuz etkileyen yüksek frekanslarda elektromanyetik alanlarla ilgilidir. Örneğin; hayatı oldukça kolaylaştıran teknolojik gelişmelerin en son ürünlerinden biri olan ve ülkemizde de geniş bir kullanıcı kitlesi bulunan cep telefonları, sürekli elektromanyetik alan yayan araçlardır. Cep telefonları çevreye çıplak gözle göremediğimiz, duyularla fark edemediğimiz elektromanyetik kirlilik oluşturmaktadırlar.

Çevrede oluşan elektromanyetik alanların sınır değerleri araştırılarak bazı güvenlik standartları oluşturulmuştur. ICNRP'nin standartları Türkiye'de kabul edilmiştir. Bu tez kapsamında öncelikle yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, dect telefonlar ve WLAN'ın 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan

şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Daha sonra Ankara’da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan lęmlerde elde edilen sonuçlar itibariyle bu hassas bölgenin yönetmelikle belirlenen sınır değerlere uygunluğunu tespit edilmiştir.

GENEL BİLGİLER

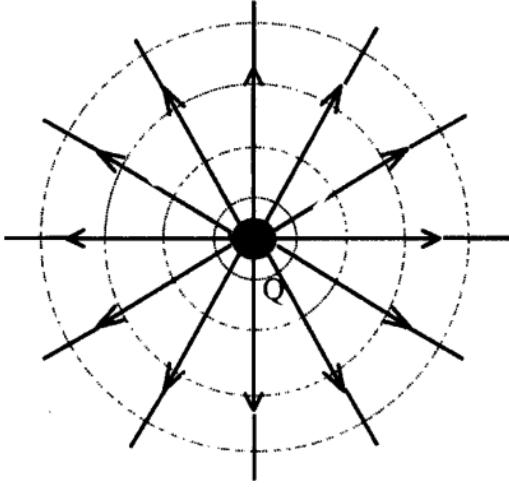
ELEKTROMANYETİK VE TEMEL KAVRAMLAR

Alan

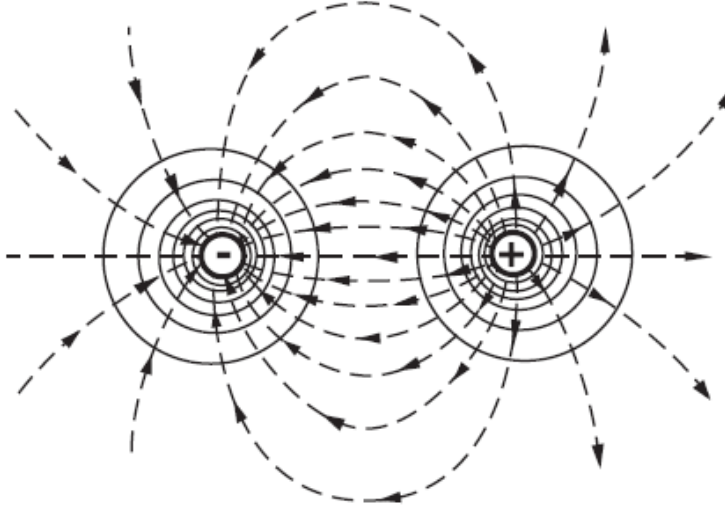
Belirli bir bölgedeki yükler tarafından yüklerin etraflarında oluşan, yüklerin birbirlerine olan etkilerini ve bu etkilerin yönünü açıklamak için ortaya konan kavrama alan denir. Alan, yüklerin hareketine bağlı olarak, yüklerin karakterine ve yükten uzaklığına bağlı olarak değişir. Bir yükün diğer bir yüke etki etmesi için ya fiziksel bir temas olur ya da yükler, alanlarının ortak etkileşimi ile aralarında bir itme yada çekme kuvveti uygularlar.

Elektrik Alan

Elektrik yüklü bir cismin, elektrik yüklü başka bir cisme uyguladığı çekme veya itme kuvveti uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğundan azalarak sonsuza kadar devam eder. Dolayısıyla belli bir bölgenin dışında etki ölçülemeyecek kadar az olur. O halde bir yükün etkisini gösterdiği bölgeye o yükün elektrik alanı denir. Elektrik alan büyüklüğü ve doğrultusu olan vektörel bir büyüklüktür. Elektrik alanı meydana getiren elektrik yüklerinin varlığıdır. Her elektrik yükü bir elektrik alan oluşturur. Bir cihazın beslenme gerilimi yükseldikçe elektrik alan değeri de yükselir. Elektrik alanın birimi V/m'dir. Elektrik alan şiddeti, kaynağa olan uzaklıkla ters orantılıdır.



Resim 1. Pozitif Q Yükünün Oluşturduğu Elektrik Alan



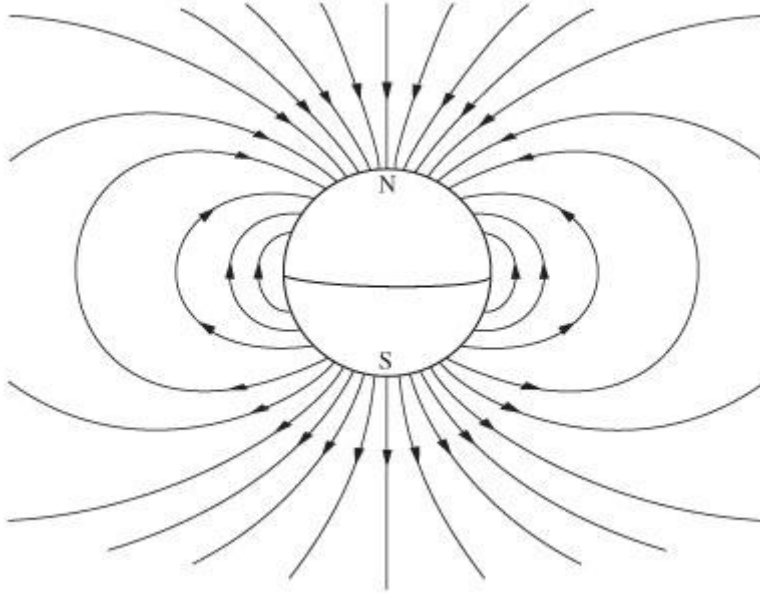
Resim 2. Elektrik Alan Çizgileri

Pozitif Q nokta yükünün oluşturduğu elektrik alanın yönü Resim 1’de gösterilmiştir. Yük dağılımlarının uzayın değişik noktalarında oluşturduğu elektrik alanın yönelimini ve yoğunluğunu elektrik alan çizgileri ifade eder. Elektrik alan çizgileri, pozitif yük dağılımında başlayıp negatif bir yük dağılımında son bulurlar. Bir bölgedeki alan yoğunluğu ile alan çizgilerinin birbirine yakınlığı orantılıdır. Herhangi bir noktadaki elektrik alanın yönü, o noktada elektrik alan çizgisine çizilen teğetin doğrultusudur. Uzayda sadece pozitif yük var ise elektrik

alan çizgileri sonsuzda son bulur. Eğer negatif yük varsa elektrik alan çizgileri sonsuzda meydana gelir. Uzayda herhangi bir noktadan birden fazla elektrik alan çizgisi geçemez. Dolayısıyla elektrik alan çizgileri kesişmeyen çizgilerdir. Şekil 2’de iki zıt kutuplu yük için elektrik alan çizgileri artıdan çıkıp eksiye son bulur.

Manyetik Alan

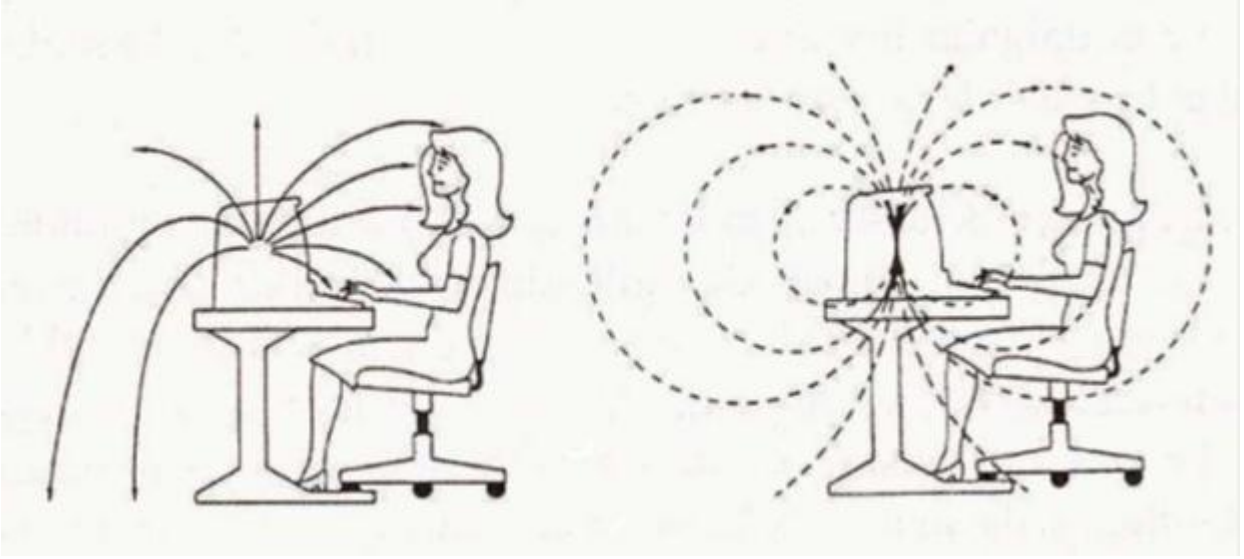
Elektrik yükleri yer değiştiğinde manyetik alan oluşur. Manyetik alan ölçü birimi ise Gauss (G)’tur. Manyetik akı bir yüzeyden geçen manyetik alan çizgileri sayısının bir ölçüsüdür. Manyetik akı yoğunluğu birimi Tesla (T)’dir. Akım ile manyetik alan birbiri ile orantılıdır. Manyetik alan şiddeti mesafe ile azalır. Örneğin, mıknatıslar manyetik alan oluşturur. Manyetik alan çizgileri her zaman kapalıdır ama Resim 3’te de görüldüğü gibibazı durumlarda manyetik alan çizgilerini sanki N kutuplu bir uçtan çıkan ve S kutuplu bir uca doğru hareket eden çizgiler olarak düşünülebilir.



Resim 3. Manyetik Alan Çizgileri

Tablo 1. Elektrik Alan ile Manyetik alanın karşılaştırılması

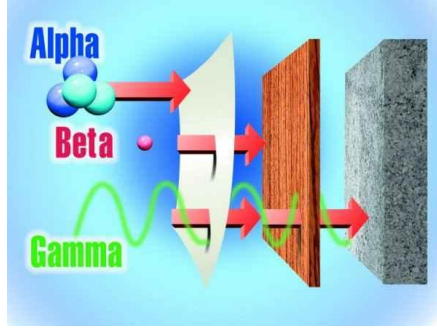
ELEKTRİK ALAN	MANYETİK ALAN
1-Elektrik alan şiddeti, voltaj ile doğru orantılıdır.	1-Manyetik alan şiddeti, akım ile doğru orantılıdır.
2-Ölçü birimi (V/m)'dir	2- Ölçü birimi (A/m) veya Tesla'dır
3-Cihazların acma kapama düğmeleri kapalı konumda iken bile elektrik alan oluşur.	3-Manyetik alan oluşumu için ortamda elektrik akımı oluşması gerekir. Yani cihazın açık konumda olması gereklidir.
4-Elektrik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.	4-Manyetik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.
5-Bina yapı malzemelerinin büyük çoğunluğu elektrik alan için yalıtım etkisi yapabilir	5-Manyetik alan şiddetini azaltan malzeme sayısı son derece sınırlıdır.
6-Elektrik alanlar duvarlardan geçemez; hatta insan derisinden bile geçerken şiddeti çok düşer.	6-Manyetik alanlar, özel olarak üretilmiş kimi maddeler dışında, hemen hiçbir engel tanımaz.
7-Elektrik alanlar insan bedeninin yüzeyinde zayıf akımlar oluşturur.	7-Manyetik alanlarsa Resim 4'te de görüldüğü gibi bedenin içine girerek bu tür zayıf akımların iç organlarda bile oluşmasına yol açarlar. Gerçekte değişken manyetik alanlar, çevrelerinde bulunan tüm iletkenlerde (insan bedenini de bir iletken olarak düşünebiliriz)akım oluştururlar. Bu akımların yönü manyetik alana diktir.



Resim 4. Elektrik Alan – Manyetik Alan Bilgisayar İlişkisi

Radyasyon

Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerjinin emisyonu veya aktarımıdır. Bilindiği gibi maddenin temel yapısını atomlar meydana getirir. Atom ise proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek ile bunun çevresinde dönmekte olan elektronlardan oluşmaktadır. Eğer, herhangi bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı, proton sayısına göre oldukça fazla ise bu maddeler kararsız bir yapı göstermekte ve çekirdeğindeki nötronlar dönüşerek β^- (negatron) yayarlar. Eğer protonlar, nötronlardan fazla ise protonlar dönüşerek β^+ (positron) yayarlar. Resim 5’te de görüldüğü gibi atom çekirdeğinden ayrılan nötronlar ve protonlar kararlı olmayan atom çekirdeği gama(γ) ışını yayar. Ağır çekirdekler alfa(α) ışını (helyum çekirdekleri) yayabilir veya fizyon reaksiyona maruz kalabilirler. Bu tepkimelere maruz kalarak parçalanan maddelere ‘radyoaktif madde’, çevreye yayılan alfa, beta ve gama gibi ışınlar ise ‘radyasyon’ adı verilmektedir.



Resim 5. Alfa, Beta ve Gama Işınları

Elektromanyetik Alan

Elektromanyetik alan, elektrik yüklü cisimlerin çevrelerinde yarattıkları ve diğer yüklü cisimler üzerinde kuvvet uygulayan bir etkidir. Elektromanyetik alanlar elektrik ve manyetik alanların bir araya gelmesiyle ortaya çıkar. Frekans yükseldikçe dalga boyu kısalır ve alanda yayılan enerji yükselir.



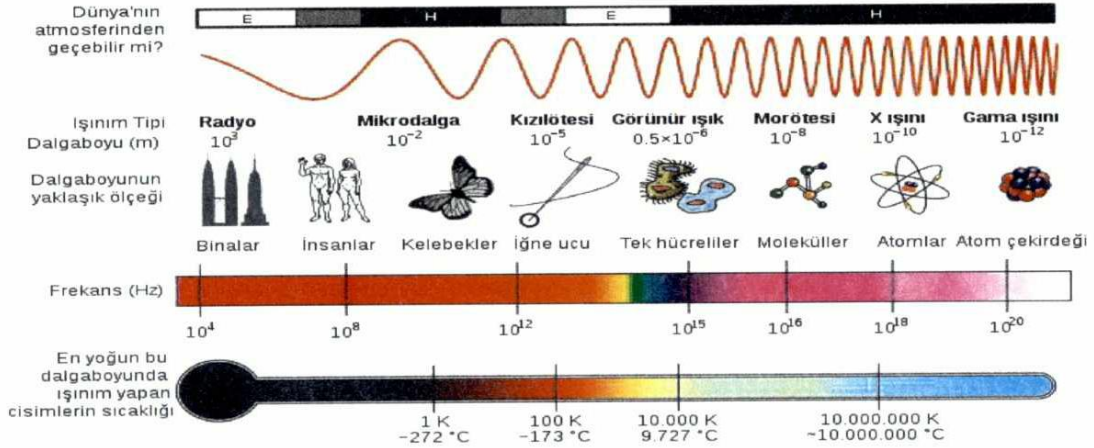
Resim 6. Elektromanyetik alan yayılımı

Elektrik ve elektromanyetik alanlar doğada kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Doğal elektromanyetik alan, yer küre etrafında kuzey-güney doğrultusunda mevcut olup kuşlar ve balıkların yön bulmalarına yardımcı olan ancak gözle görülemeyen dalgalardan oluşmaktadır. Doğal elektrik alan ise atmosferde meydana gelen yıldırım, şimşek oluşumları ile lokal olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal elektrik ve elektromanyetik alanların yanı sıra insan yapımı kaynaklardan yayılan elektrik ve elektromanyetik alanlar günlük hayatta tüm çevreyi kaplamış

bulunmaktadır. İnsan yapısı kaynaklar arasında X ışınlarının kaynağı olan röntgen cihazları, düşük frekanslı elektromanyetik dalga kaynağı olan elektrik soketleri, yüksek frekanslı radyo dalgaları yayan TV anteni, radyo istasyonu veya mobil telefon istasyonları gibi veri iletim hatları yer almaktadır. Resim 6’da da görüldüğü üzere bir iletken üzerinden geçen akım şiddeti ve gerilim seviyesine bağlı olarak, bu iletkenin bulunduğu ortama elektrik alan ve manyetik alan yayılmaktadır (1).

Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum (EMS), evrenin herhangi bir yerinde fizik kurallarınca mümkün kılınan tüm elektromanyetik radyasyonu, gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar bütün elektromanyetik dalgaları içeren dizilimdir. Bir cisim tarafından etrafına yayılan karakteristik net elektromanyetik radyasyon, o cismin elektromanyetik spektrumudur. En yüksek frekanslı dalgaların enerjisi en büyüktür.



Resim 7. Elektromanyetik spektrumu

Resim 7 ‘de yer alan Elektromanyetik Spektrum üzerinde yer alan ışınlarla ait genel tanımlar aşağıda verilmektedir:

Gama Işınlari: 0,01 nanometreden daha küçük dalga boylu ışınlar olup bir atom çekirdeğinin çapından daha küçük dalga boylu dalgalar içerirler. Elektromanyetik spektrum içinde en yüksek enerjili ve frekanslı bölgede yer alırlar.

X Işınlari: 0.01 ile 10 nanometre (bir atomun boyu kadar) arasında dalga boyuna sahip ışınlardır.

Morötesi (UV) Radyasyon: 10 ile 310 nanometre (yaklaşık olarak bir virüs boyutunda) arasında dalga boyuna sahip ışınlardır. A, B ve C olmak üzere üç kısımda incelenirler. Kısa dalga boylu morötesi ışınlar zararlı olabilirler.

Görünür Işık: 400 ile 700 nanometre (bir molekül ile tek hücreli arası boyda) dalga boyları arasındaki ışınları kapsar. Işık olarak tanımlanmakta olan elektromanyetik spektrumun bu küçük bölümü insan gözü ile görülebilir. Bu bölümde mor ile başlayan ve kırmızıyla biten renkler vardır.

Kızılötesi (IR) Radyasyon: 710 nanometreden 1 milimetre arası (iğneucu ile küçük bir tohum kadar boyda) dalga boylarına sahip ışınları kapsar.

Mikrodalga Radyasyonu: 1 mm ile 1 metre arası dalga boylarına sahip ışınları kapsar. Radarlarda kullanılan çok kısa dalga boyuna sahip radyo dalgalarıdır. Aynı zamanda mikrodalga fırınlarda ve kablo gerektirmeyen uzak mesafe iletişimlerde kullanılır.

Radyo Dalgaları: 1 milimetreden uzun dalgalarıdır. En uzun dalga boyuna sahip olduklarından en düşük enerjiye ve sıcaklığa da sahiplerdir. Radyo dalgaları her yerde bulunabilir. Bu dalgaların kaynakları elektrik titreşimleridir. Telefon, televizyon ve radyoda bağlantı kablosu gerektirmeden kullanımı sağlar (1).

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 ışınım bölgesidir. Bütün nesnelere bu frekanslarda ışınım yaparlar. Örneğin; vücut ısısının 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.

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 (Office of the Director of Telecommunications Regulations in Ireland) elektromanyetik spektrumda, iyonlaştıran radyasyon kısmını $2,425 \cdot 10^{15}$ Hz'in üzeri olarak kabul etmektedir (1).

İyonlaştırıcı EM Dalgalar

Hücrelerdeki molekülleri bir arada tutan atomik bağları iyonlaştırmaya yani atomlardaki pozitif ve negatif yükleri bir arada tutan yüksüz nötrona etki ile atomun yapısını bozmaya yetecek foton enerjisine sahip yüksek frekanslı (10^{14} Hz' den yukarısı) EM dalgalarıdır. Örneğin, Röntgen (X ışını) ve Gama ışınları. Minimum 12 eV' tan başlayan enerji değerlerine sahiptir. Fazla maruz kalmak, canlı hücrelerdeki organellerin hasara uğraması ve DNA zincirinin bozulması gibi tehlikeli durumlara yol açabilmektedir (2).

İyonlaştırmayan EM Dalgalar

Atomik bağları kırmak için gerekli enerjiye sahip olmayan fotonların oluşturduğu EM dalgalarıdır. Bunlar, görünür ışık, kızılötesi, RF(Radyo Frekans), mikrodalga, statik ve manyetik alanlardır. Yani frekans tayfinin 1 Hz (Hertz=frekans birimi-saniyedeki dalga sayısı)" den başlayarak yaklaşık 1000 GHz" lik bölümüdür. Ölçülen enerji değeri ise mesela 300 GHz de 0,00125 eV olup, iyonlaştırma yapacak seviyeye göre çok düşük değerdir. Ancak bu alanlar mesafe, güç ve maruz kalma zamanı gibi faktörlere bağlı olarak vücutta ısıl etkiye sebep olduğu

gibi bazı biyolojik etkilere de sebep olabileceği öne sürülmektedir. Kanserojen etkisi ise henüz ispatlanmamıştır (2).

Bu dalgaların etkisinde kalan canlılarda ısı ve ısı olmayan iki tür etki oluşmaktadır. Vücut tarafından emilen elektromanyetik enerji ısıya dönüşür ve vücut sıcaklığını artırır. Elektrik alanlar vücutta bulunan yüklü parçacıklara kuvvet uygulayarak hareket ettirirler. Vücutta bu hareketlere karşı direnç göstererek ısınır. Bu sıcaklık artışı kan dolaşımı, ter vs. ile vücuttan atılarak denge sağlanana kadar devam eder. Isıl olmayan etkiler ise kimyasal ve psikolojik riskler olup bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

SAR (Specific Absorption Rate)

Özgül Soğurma Hızı SAR (Specific Absorption Rate), elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızıdır. Birimi W/kg'dır. Bugüne dek yapılan araştırmalar insan vücudunun bir derecelik sıcaklık artışını düzenleyemediğini ve sorunlar yarattığını göstermektedir. İnsan vücudunda bir derece sıcaklık artışı için bir kilogram doku başına 4W güç soğurulması gerekmektedir. İnsanların genel yaşam alanlarında bu değer 50'de biri olan 0,08 W/kg SAR sınır değeri olarak kabul edilmiştir. Özgül soğurma hızının doğrudan ölçülmesi hemen hemen olanaksızdır. Bundan dolayı, sınır değerlerin belirlenmesinde kolay ölçülebilen veya gözlemlenebilen parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğudur (3).

Cihazların üzerinde insan sağlığı için önem arz eden SAR değerlerini belirten uyarıcı bir unsur bulunmalıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yürütülen Elektromanyetik Alan Projesi'nde cep telefonu SAR değerleri için en fazla 0,1 W/kg SAR değeri önerilmektedir. Ancak Türkiye'de satılan cep telefonlarının SAR değerleri 0,1 ile 1,1 arasında değişmektedir.

Birçok kuruluş tarafından oluşturulan standartlarda "ortalama insan vücudunda vücut sıcaklığını bir derece artıracak elektromanyetik enerjinin soğurulmasının zararlı olduğu" ifadesinden yola çıkılarak 4W/kg değeri sınır değeri olarak kabul edilmiştir. Avrupa ülkelerinde halk için baş bölgesi SAR limit değeri 2 W/kg iken, Amerika'da 1,6Watt/kg olarak kabul edilmektedir. Ayrıca

kol ve bacak bölgeleri için SAR üst limiti 4 W/kg 'dir. Güvenlik payları esas olarak işyerleri için 10 kat, genel meskûn yerler için 50 kat esas alınmıştır. Buna göre temel limitler işyerleri için 0,4 W/kg ve halka açık genel yerler için ise 0,08 W/kg SAR değeri kabul edilmiştir.

Elektromanyetik Girişim (Electromagnetic Interference, EMI)

Elektromanyetik girişim, bir cihaz ya da sistemden kaynaklanan ve başka bir cihaz ya da sistemin normal çalışmasını olumsuz yönde etkileyen elektromanyetik yayınıdır. Gerilimin var olduğu, elektrik akımının geçtiği her yerde elektromanyetik gürültü (interference, disturbance, noise) meydana gelir. Bu gürültü, hastanelerde kullanılan medikal cihazlarda olduğu gibi, radyo dalgalarının kullanıldığı cihazlar söz konusu olduğunda elektromanyetik gürültü daha yüksek olur ve daha fazla korunma önlemleri gerektirir. Bir elektromanyetik gürültü diğer elektronik cihazların çalışmasını engelleme riskiyle birlikte hastane içinde bulunan medikal cihazları etkilemekle kalmayıp insan sağlığı için büyük sorun teşkil etmektedir. Radyo, TV gibi tek yönlü haberleşme sistemleri ile telefon, radar gibi iki yönlü sistemler haber işaretlerinin bir yerden bir başka yere elektromanyetik dalgalarla iletilmesi ile gerçekleşir. Haber taşıyan EM işaretlerin başka EM işaretlere karışmasına EM Girişim (EMI, Electromagnetic Interference) adı verilir (4). Günlük hayatta elektromanyetik girişim olaylarına örnek olarak;

- Cep telefonlarına gelen çağrılarda bilgisayar ya da TV ekranının titremesi,
- Ortak şebeke enerji hattı kullanımında gürültü üreten motorların diğer sistemleri etkilemesi,
- Havaalanındaki radar sistemlerinin ve uçakta çalıştırılan taşınabilir bilgisayarların yada cep telefonlarının ekranını bozması ve karşılıklı olarak uçuş kontrol sisteminin bozulması uçuş güvenliğini tehdit etmesi,
- Yüksek Gerilim Hatları (YGH)'nın yakınından geçerken arabanın radyosunun parazit yapması ya da bozulması,
- Radyo istasyonunun yakınından geçen bir helikopterde kontrolün aniden yok olması,
- Telsizlerin hastane gibi hassas ortamlardaki diğer medikal cihazlarla etkileşmesi gibi olaylarla açıklanabilir.

Bütün bu etkileşimler, EM girişim olarak bilinmektedir ve günlük yaşantımızda ortaya çıkan ve zaman zaman çok tehlikeli olabilen etkileşimlerdir

Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility, EMC)

Elektromanyetik uyumluluk, bir sistem veya cihazın bulunduğu elektromanyetik bir ortamda amaçlanan performansta çalışabilmeleri ve işlevlerini yerine getirebilme yeteneği olarak tanımlanır.

Eğer bir cihaz, diğer elektronik cihaz ya da sistemlere girişimde bulunmuyor, diğer elektronik sistemler tarafından kaynaklanan girişime bağısızksa ya da kendi içinde girişime yol açmıyorsa elektromanyetik uyumlu demektir.

Örneğin; aynı elektromanyetik ortamda bulunan bir televizyon, bir cep telefonu, bir telsiz telefon, bir bilgisayardan kaynaklanan elektromanyetik dalgalar birbirlerine zarar vermeden yani girişim yapmadan uyum içinde çalışabilecekleri şekilde düzenlenmesi gerekir.

Bir cihaz;

- Kendi içinde girişime yol açmamak (öz uyumluluk),
- Diğer elektronik cihazlarla girişimde bulunmamak,
- Diğer elektronik cihazlardan kaynaklanan girişime karşı bağısızklı olmak şartlarını taşıyorsa elektromanyetik uyumludur.

Elektromanyetik uyumluluğun olmadığı yerlerde oluşan bazı olaylar aşağıdaki gibidir:

- 1967 yılında ABD silahlı kuvvetlerine ait USS Forrestal uçak gemisindeki gemi radarından kaynaklandığı belirlenen anormal bir gürültünün uçaklarda birine takılı MK-32 roketini elektromanyetik girişim nedeniyle büyük bir yangın ve durdurulamayan yangınlar meydana gelmiştir. Bu kazada 134 kişi ölmüş, 21'i tamamen kullanılamaz hale gelen toplamda 27 uçak hasar görmüştür ve yaklaşık 72 Milyon USD zarar meydana gelmiştir.

- 1982 yılında İngiltere Falkland Savaşı'nda haberleşme için kullanılan bir destroyerini kaybeder. Destroyerin radyo sisteminin, geniş anti füze algılama sistemi çalışırken bu iki sistem arasındaki elektromanyetik girişim nedeniyle uygun çalışmadığı ortaya çıkınca bu girişimin önlenmesi için anti füze sistemi geçici olarak kapatılır. Bu sırada da karşı kuvvetler tarafından fırlatılan bir Exocet füzesi destroyerin batmasına neden olmuştur.
- Almanya'da otoyol yakınında bulunan 100 kW gücünde ve 1,5 MHz frekansında çalışan, 250-300 V/m'lik alan oluşturan bir AM radyo istasyonunun yakınından geçen Elektronik ateşlemeli ve enjeksiyonlu modern araçların arızalandıkları görülmüştür.
- Tokyo'daki bir fabrikada elektromanyetik dalgalar robotlarda fonksiyon bozukluğu oluşturduğundan 10 kişinin ölümüne neden olmuştur. Buna benzer birçok insan ölümlerine varan olaylardan kurtulmak için EMC gereklidir.

EM ALAN KAYNAKLARI

Elektromanyetik alanlar elektrik ve manyetik alanların biraraya gelmesiyle oluşur. Elektromanyetik alan kaynakları radyokomünikasyon alanında doğrudan RFSinyalleri 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 yayyan tüm cihazları içine alan geniş bir tanım olarak karşımıza çıkmaktadır (5).

Günlük hayatta elektromanyetik kirlilik, çevrede mevcut olan elektromanyetik dalgaların yoğunluğu ile oluşur. Elektromanyetik kirliliğin nedenleri:

1-TV ve radyo yayınları: AM, FM, TV

2- İletişim yayınları: Telekom, uydu, GPS, radar

3-Elektrik dağıtımı: Elektrik iletim hatları, elektrikli trenler

4-Yüksek gerilim hatları

5-Yüksek frekanslı endüstriyel, medikal, araştırma cihazları: X-Ray, ısıtıcılar

Teknolojinin gelişmesi sonucu EM dalgaların kullanımı her geçen gün biraz daha artmaktadır. Teknolojileri gereği düşük güçlü ancak birçok istasyonun kurulması sonucu insan sağlığına olan olumsuz etkileri kamuoyunda tartışılmaktadır. Elektrik ile çalışan cihazlar çevrelerinde elektromanyetik alan oluştururlar. Alıcılar, vericiler, yayın istasyonları, uydu antenleri, TV ve radyo alıcı ve vericileri, bilgisayar, televizyon, buzdolabı, mikrodalga fırın, çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, saç kurutma makineleri, su ısıtıcıları ve tüm elektrikli ev aletleri elektromanyetik alan oluşturmaktadır. Ayrıca insanlarda bazı görünemeyen ışımalar yapmaktadır. Vücut ısısı sabit tutulurken çok düşük boyutlarda IR ışınlar yayılmaktadır. Ancak bu doğal ortam teknolojik gelişmelerle bozulmuştur ve çevre doğal ışımaya miktarlarının üzerindeki ışımaya miktarlarında bulunmaktadır.

Günlük kullanılan buzdolapları, saç kurutma makineleri, floresan lambalar ve benzeri elektrikli cihazlar ortalama 1-25 miligauss (mG) arasında manyetik alan yaymaktadır. Bunların içinde saç kurutma makinası ise en fazla (25 mG) manyetik alan yayan cihazdır.

Dünya sağlık örgütü WHO verilerine göre evlerde kullanılan bazı elektrikli alet ve elektronik cihazların neden olduğu elektrik alan şiddetleri Tablo 2’de verilmektedir. Elektrik iletim hatlarının hemen altında (10kV/m) gibi yüksek değerlere ulaşan elektrik alan şiddeti evsel kullanım cihazları için 30 cm mesafede çok daha yüksek seviyelere çıkmaktadır. Aşağıdaki tablo dikkate alındığında günlük hayatta çevrede bulunan pek çok cihazın insan sağlığı üzerinde tehdit oluşturduğu görülmektedir.

Tablo 2. Bazı elektrikli ev aletlerinin oluşturdukları elektrik alan şiddetleri

Elektrikli cihaz	Elektrik alan şiddeti (V/m)
Stereo radyo	180
Ütü	120
Buzdolabı	120
Mikser	100
Tost makinesi	80
Saç kurutma makinası	80
Kahve makinası	60
Renkli TV	60
Elektrikli süpürge	50
Elektrikli fırın	8
Ampul	5

GSM Menşeli RF Kaynakları

Son yıllarda sayıları hızla artan GSM hücresel haberleşme sistemi 900 MHz ve 1800MHz'de kapsama ve trafik yükü beklentileri bakımından istenen kullanım etkinliğinin sağlanabilmesi bakımından çok sayıda GSM Baz İstasyonu (BaseTransmitting Station - BTS) ile işletilmektedir. Bu da ortamda özellikle de yerleşimalanları içinde yoğun bir elektromanyetik alan oluşumuna sebep olmaktadır. Baz istasyonları RF olmaları sebebiyle elektromanyetik dalga spektrumun iyonlaştırmayan bölgesinde bulunurlar.

Türkiye'de GSM hücresel haberleşme sistemleri GSM 900, 1800 MHz ve UMTS 2100 MHz frekanslarda faaliyet göstermekte olup, cihaz yayılım güçleri ise Tablo 3'te gösterildiği gibi kullandıkları bölgelere göre farklılık göstermektedir.

Tablo 3. Hücresel Sistem Çıkış Güçleri

Kaynak)	Çıkış gücü (w)	Güvenlik mesafesi (m) (GSM 900) (G:1dBi ve E:10,23 V/m)
Baz İstasyon (Kırsal alan)	40-60	3,8 –4,65
Baz İstasyon (Kentsel alan)	5-10	1,34 – 1,9
Bina içi /Mobil İstasyon	0,5 - 3	0,42 - 1
Mobil Telefonlar	0,25-2	0,3 – 0,85

GSM sektöründe gün geçtikçe 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 artmaktadır. Bunun sonucunda ortamda elektromanyetik alan kaynakları veyoğunluk 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

Perp=400 W'a kadar çıkmaktadır. Kullanıcı sayısı arttıkça çevrede baz istasyonlarının sayısının artması kaçınılmazdır (5).

Genel olarak baz istasyonları 10-30 m yükseklikte bulunan kulelere yerleştirilir. Genelde her kulede 120°'lik yatay açıyı kapsayan üç anten bulunur. Her anten düşeyde tipik olarak 5-6°'lik hüzmeye sahiptir. Bu hüzmeye yataydan biraz aşağı yönlendirilerek kuleye en yakın 50 m' de yere düşmektedir. 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 kazançla 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 (5).

Radyo ve TV Vericileri

Radyo ve TV vericileri RF ile yayın yapması sebebiyle EMD Spektrumun iyonlaştırmayan bölgesinde bulunmaktadır. İstasyon tipi, kullanılan anten çeşidi, anten yüksekliği, antene olan uzaklık ve antene verilen güç radyo ve TV vericilerinin yaymış olduğu enerjiyi etkiler.

Çoğunlukla radyo ve TV verici antenleri yerleşim alanlarından uzak yerlere kurulduğu için yaydıkları elektromanyetik alan değerleri limit değerlerin altında kalmaktadır. Ancak büyük şehirlerde hızlı nüfus artışı sebebiyle kaçınılmaz bir şekilde radyo ve TV verici antenleri yerleşim sınırları içerisinde kalmıştır. Bu durumda 100 W ile 50 kW arasındaki çıkış güçlerine sahip olması nedeniyle, uzun süreli maruziyet düşünüldüğünde insan sağlığı açısından önemli bir risk oluşturabilir.

Radyo ve TV vericileri 108 MHz FM bandında, 174 – 230 MHz VHF bandında ve 470 – 854 MHz UHF bandında yayın yapmaktadır. Tablo 4 'te Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri verilmektedir.

Tablo 4. Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri

Kaynak	Çıkış gücü (kW)	Güvenlik Mesafesi (m) (G:1dBi)
UHF (300 – 3000 MHz) TV	30	152 – 70,96
VHF (30 – 300 MHz) Radyo TV	40	175
HF (3 – 30 MHz)	500	343 – 620,79

Diğer Elektromanyetik Alan Kaynakları

Elektrik ile çalışan birçok cihaz ya da sistem kullanıldıkları sürece ortama değişik miktarlarda elektromanyetik enerji yaymaktadır. EM alan yayan sistem ve cihazların bir kısmı aşağıdaki gibidir:

- 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
 - h) Radar sistemleri (sürekli ve darbeli)
 - ı) Uydu iletişim sistemleri
 - i) Telsiz iletişim sistemleri (role, el telsizi, telsiz telefon, wifi, Bluetooth, vs.)
- Çalışma gerilimi=110 V, Çalışma frekansı=60 Hz, uzaklık = 30 cm

Yukarıda bahsedilen, elektromanyetik alan oluşturan cihaz ve sistemlerin çevrelerinde oluşturdukları elektromanyetik kirlilik seviyeleri ve kaynakları Tablo 5’te gösterilmiştir (6).

Tablo 5. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların elektrik alan değerleri

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

Tablo 6. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların manyetik alan değerleri

Cihaz İsmi	Oluşan Max. Manyetik Alan (A/m)
Fırınlara 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	10
Ev içindeki elektrik kabloları	5

ELEKTROMANYETİK ALANIN SAĞLIK ETKİLERİ

Epidemiyolojik Çalışmalar

Epidemik çalışma, bir hastalığın ve bunun muhtemel nedeni arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya çıkarmaya çalışır. Ancak bu o kadar da kolay bir iş değildir. Çünkü hastalık ve nedeni arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için birçok parametre gerekmektedir. Bu parametrelerin tamamını işleme katmak, doğru cevaplar almak, çok sayıda kobay kullanmak gibi birçok zorluk sayılabilir. Dünyada birçok istatistiksel çalışma yapılmış ve hala yapılmaktadır.

Ülkemizde ise bu çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları örnek olarak aşağıda verilmiştir.

- 1993 yılında California'daki büyük bir elektrik şirketinin 36.000 çalışanı üzerinde yaptığı bir araştırmaya göre kanserle elektromanyetik alanlar arasında bir ilişki bulunamamıştır. Lösemili çalışan sayısı normalin üzerinde çıkmışsa da bu oran kesin bir sonuç için yeterli bulunmamıştır. Benzer bir araştırma 1994'te Kanada ve Fransa'daki iki elektrik şirketinin toplam 223.000 çalışanı kapsayan bir araştırma yapılmıştır. Bu istatistiksel çalışmada 4.000 kanser hastası saptanmıştır. Bu çalışmada yüksek elektromanyetik alanların etkisinde kalanlarda lösemi 2-3 kat daha fazla iken beyin tümörü 10 kat daha fazla görülmüştür. Tüm bu bulgulara rağmen lösemi ile elektromanyetik alanlar arasındaki ilişkiyi tam olarak açıklamaya yeterli bulunmamıştır(7).
- 1994 yılında ABD ve Finlandiya'da yapılan araştırmalara göre, elektromanyetik alanların çok sık etkisinde kalan işçilerde Alzheimer hastalığının normal insanlara göre erkeklerde 4,9 kat ve kadınlarda 3,4 kat daha çok görüldüğü tespit edilmiştir (7).
- 1998 de yapılan bir başka araştırmaya göre; radyo operatörleri, endüstriyel donanım işçileri, veri işleme aygıtı tamircileri, telefon hattı işçileri, elektrik santralleri ve trafo merkezlerinde Alzheimer, Parkinson gibi hastalıklarla beraber başka birtakım nörolojik bozuklukların daha çok görüldüğü ortaya çıkmıştır(7).
- Mayıs 1998 tarihinde İsveç'li bilim adamı Dr. Kjell Hansso Mild, ekibiyle birlikte İsveç ve Norveç'te yaşayan 11.000 cep telefonu kullanıcısı üzerinde bir araştırma yapmıştır. Bu araştırma sonucuna göre; cep telefonu ile uzun süre konuşanlarda yorgunluk, baş ağrısı ve deride yanma hissi ortaya çıkarmıştır. Kulaklı mikrofon seti kullananların %80'inde bu tip sorunların olmadığı gözlenmiştir (7).
- Haziran 1998 de, Almanya'daki Freiburg Üniversitesi Nöroloji kliniğinde yapılan bir araştırmada, cep telefonu ile yüksek tansiyon arasındaki ilişki ortaya konmuştur (7).
- 1999 yılında ABD Ulusal Çevresel Sağlık Bilimleri Enstitüsü' nün 6 yıl süren araştırmasına göre, elektromanyetik alanların tümüyle güvenli oldukları söylenemez. İnsanlar onların etkisinden olabildiğince kaçınmalıdırlar. Ama elektrik hatlarının oluşturduğu elektromanyetik alanların, insanların kanser ya da başka bir hastalığa

yakalanma riskini arttırdığına yönelik kanıtlar zayıftır. Bu konudaki araştırmalar sürdürülecektir (7).

- İngiltere’de 11.000 gönüllü kişinin katıldığı bir başka araştırmanın sonuçlarına göre, uzun süre cep telefonuyla konuşanlarda baş ağrıları, dikkat dağılması ve baş dönmesi Şikayetleri görülmüştür (7).

Sağlık Etkileri

EMA’nın sağlık açısından etkileri yıllardan beri araştırılmaktadır. Bu araştırmalar ve sonuçları aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır:

- İlk kez 1972’de Rusya’da halsizlik, başağrısı ile EMA’nın ilişkili olabileceği belirtilmiştir (8).
- 1979’da Epidemiyolog Wertheimer ve Fizikçi Lieper (1979) tarafından lösemi başta olmak üzere çocukluk dönemi kanserlerinin, içinden yüksek elektrik akımı geçen elektrik tellerinin eve yakınlığı ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir(9).
- 1982’de ABD’de 1950-1979 yılları arasında ölen işçileri incelemiş, EMA’ya maruz kalan 19 işçiden 11’inin ölüm nedeninin lösemi olduğu belirlenmiştir (10).
- 1986’da İsveç’te EMA’ya maruz kalan sıçan fetuslarının, maruz kalmayanlara göre daha fazla doğumsal anomaliye sahip olduğu ortaya konmuştur (10).
- 1988’de ABD’de haftada 20 saatten fazla bilgisayar karşısında çalışan kadınlarda düşük riskinin 2 kat arttığı gösterilmiştir (10).
- 1989’da ABD’de kablo döşeme içinde çalışan işçilerde tüm kanser risklerinin arttığı gösterilmiştir (10).
- 1990’da Epidemiyolog Savitz, elektrikli battaniye kullanan gebe kadınlarda, kullanmayanlara göre kanser riskinde %30 artış olduğunu göstermiştir (10).
- İnsan vücudunun manyetik alanla olan dengesini bozan etkenlerden birisi dekimyasal kirleticiler, haberleşme frekansları, elektrik güç hatlarından gelen sinyallerleçevrenin kirlenmesidir. Bunlar, canlının elektromanyetik dengesini bozmaktadır.

- Cep telefonu zararları üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Kandaki zararlı proteinlerin ve toksinlerin beyne girmesini engelleyen savunma mekanizmasını devre dışı bırakmaya, yorgunluk, baş ağrısı, deride yanma hissi ortaya çıkarmaya, yüksek tansiyon oluşmasına, baş ağrıları, baş dönmesi ve dikkatin dağılmasına sebep olduğuna dair bulguları elde edilmiştir (11).
- Belçikalı bilimciler tarafından özellikle cep telefonlarının kullandığı frekanstaki EM alanın 1993 yılında P53 geninde hasara yol açtığı gösterilmesi, aynı frekansın (2.45 GHz) farelerde beyin lezyonu oluşturduğu, Washington Üniversitesi'nde (1995) gösterilmiştir. WHO EMF projesi başkanı M. Repacholi'nin cep telefonu frekansının farelerde lenfomaya neden olduğu bulgusunun yayınlanmasının WTR (Wireless Technology Research) tarafından reddetmiştir (11).
- Bir cep telefonu üretici firması adına araştırma yapan ünlü Biyofizikçi Rose Adey'in yaptığı araştırma sonuçlarını kabul etmeyen ilgili firmanın kendisiyle bilimsel çalışmaları durdurmuştur. Bu nedenle Fransa'da son bir yılda her iki cinste de beyin tümörü sayısında %31 artış görülmesi bize sunulan kaynakları sınırsız ve sorumsuz kullanılamayacağına ilişkin önemli göstergelerden biridir (11).
- İngiltere, İsveç ve ABD'de yapılan çalışmalarda, EM alanların akut myeloid lösemi riskini artırdığını rapor etmişlerdir. Günlük yaşamda maruz kalınan manyetik alanların beyin tümörlerini, özellikle erkeklerde lösemi ve akut myeloid lösemiye artırdığı gözlenmiştir. 2mG gibi çok küçük manyetik alanlar lösemi, lenfoma ve yumuşak dokusarkomlarını daha fazla olmak üzere tüm kanser türlerini 1,4 katı artırmaktadır. Elektrik hatlarında çalışanların beyin kanserine yakalanma oranı 7 kat fazla bulunmuştur (11).

EMA'nın Göz Üzerine Etkileri

UHF alanlarında çalışan personel üzerinde önemli oranda göze zararlı etkileri gözlenmesine rağmen RF istasyonlarında çalışanlarda, özellikle radar operatörlerinde, göz zararı saptanmamıştır. Sovyet yazarlar, santimetre başına birkaç mW mertebeli yoğunlukta, kronik ışığa, insan gözünde opacite oluşturmaya yeteceği konusunda uyarıda bulunmaktadır. Bu gibi kimselerde ilk belirti göz yorulması ve göz yaşarması, renkli ışığa karşı (özellikle mavi)

duyarlılıkta azalma olarak ortaya çıkar. Santimetrelik basınçta değişme gözlenmektedir. Daha düşük yoğunluklarda merceklerde ve iç duvardaki sıvıda C vitamini miktarında azalma gözlenmiştir (12).

EMA ve Kanser

EMA'nın neden olduğu düşünölen sağlık etkileri içerisinde en fazla kanser ile ilgili kanıt bulunmaktadır. EMA kanser ilişkisini inceleyen bir çalışmada lösemi ve sinir sistemi tümörlerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir (13).

1998 yılında, ABD'de yayınlanan Ulusal Çevresel Sağlık Bilimleri Enstitüsü raporunda EMA'nın çocukluk lösemisinde (eve yakın elektrik hatları ile 24saat etkilenmenin devam ettiği sürece), kronik lenfositik lösemide, beyin tümöründe, meme kanserinde başlatıcı olabileceği ifade edilmiştir (14).

İsveç'te yapılan bir çalışmada yıllık 4000 yeni kanser olgusundan 100'e yakın bir bölümünün EMA kaynaklı olabileceği belirtilmektedir. Aynı çalışmada elektrik aşırı duyarlılığı olan kişilerde kızarıklık, kaşıntı vb. deri belirtileri ile yorgunluk, başağrısı, çarpıntı, terleme ve mide yakınmalarının fazla olduğu ve bu semptomların elektrik hatlarına yaklaştıkça veya kişiler habersizkenoluşturulan EMA ile artması önemli bir sonuç olarak görölmektedir (15).

Güvenli sınır konusunda bir fikir birliği olmamasına rağmen, çoğu ölkede 2-2,5 mG sınır değer olarak kullanılmaktadır(16).

EMA' nın Endokrin Sistemine Etkileri

EMA'ya maruziyetin melatonin hormonunun salınımını azaltmaktadır. Melatoninin azalmasına bağlı vücudun biyoritminin bozulduğu, ayrıca melatonin meme kanseri oluşumunda koruyucu role sahipolduğundan EMA'ların hayvan deneylerinde başka bir nedenle başlamış meme kanserinin ortaya çıkmasını hızlandırdığı belirtilmektedir (17).

EMA'nın Dolaşım Sistemine Olan Etkileri

Yüksek yoğunlukla RF alanlarında periyodik olarak maruziyet, kan dolaşımında bozulma özellikle maruziyet süresi ve şiddetiyle orantılı olarak kan akışında artış, kan damarlarının genişlemesi ve kan basıncında değişme oluşturur. Öncelikle kan basıncı hafifçe artar ve sonra düşer. Radar personeline nabız oranı değişebilir. EKG' de cardiac aktivitede koroner dolaşım sisteminin iletkenliğini azalttığı EKG ile tespit edilmiştir. Dolaşım fonksiyonlarındaki bu değişimler tekrar eski haline dönse bile EKG'deki değişme yine devam eder.

ABD'de yapılan bir çalışmada EMA'nın akut kalp krizi ile ilişkili olabileceği, ancak kronik kalp hastalıkları ile ilişkisinin olmadığı belirlenmiştir (18). Yeni yayınlanan bir makalede, EMA'ya maruz kalan sağlık çalışanlarında başdönmesi, bulantı, metalik tat, kan basıncı ve nabızda değişiklik, ektopik astım ve göz-el eşgüdümlü çalışmada bozulmasaptanmıştır(19).

EMA'nın Üreme Sistemine Olan Etkileri

Yapılan çalışmalara göre genital organlarda RF alanlarına karşı oldukça duyarlıdır. Santimetrik dalga bölgesindeki yüksek alan yoğunluklarında başlıca etki üreme organları üzerinde oluşan ısı etkisidir. Bu organlarda sıcaklık artışı, üreme organlarını besleyen kan damarlarının büzülmesi, yumurtalık ya da testislere direkt zarar vermesi gibi muhtemel dejeneratif işlemler doğurur. Histolojik çalışmalar, çeşitli işlem fazında sperm oluşmasının kesildiğini veya durakladığını ortaya koymuştur.

İsveç'te yapılan bir çalışmada babası yüksek voltaj çalışan çocuklarda doğumsal anomali daha fazla görülmektedir (20). Video, bilgisayar ve monitör kullanan kadınlarda düşük yapma oranı artabilmektedir (21). Elektromanyetik alanların; doğum ve üreme anomalileri, davranış değişiklikleri ve nöroendokrin sistemde değişikliklere neden olduğunu bildirmiştir (22). EMA daha çok kadın üreme sistemini etkilemekte, en önemli etkiler olarak düşük ve doğumsal anomalili bebek doğumuna yol açmaktadır (23). ABD'de yapılan bir çalışmada günlük ortalama 16 mG'un üzerinde EMA'ya maruz kalmada düşük riskinin arttığı belirlenmiştir (24). ABD'de ilk trimestirda haftada 20 saatten fazla görüntülü cihazlarda çalışanlarda istemsiz düşük riskinin

arttığı gösterilmiştir. Benzer çalışmalar olmakla birlikte, sonuçlar genellikle kadınların beyanına dayalıdır ve karıştırıcı etmenler de çoğunluktadır. Ancak 24 saatlik ölçüm yapılan ve eşik sınır değerini hesaplandığı bir araştırmada istemsiz düşüklerin 1,7 kat arttığı gösterilmiştir, ancak doz-cevap ilişkisi saptanmamıştır (25).

Elektronik endüstrisinde çalışanlarda prematürite, düşük doğum ağırlığı vb sağlık sorunları görüldüğünü bildirmektedir, ancak benzer etkilerin işyerindeki solvent vb. maddeler tarafından da oluşturulabileceğini de belirtmektedir (26).

EMA'nın DNA Yapısına Olan Etkileri

EMA manyetik alanlarının DNA hücrelerinin hepsine olmasa da bazı tiplerine zarar verdiğini rapor etmişlerdir (27). 50 Hz frekansta 750-1000 μ T aralığındaki alana 24 ile 72 saat boyunca maruz kalmak DNA'da hasarlara neden olurken 500 μ T alana 48 saat maruz kalmak herhangi bir etki yapmaz (28).

EMA'nın Sinir Sistemine Olan Etkileri

RF alanlarında çalışan personelin şikayetleri genellikle sinir sistemi ile ilgili olduğu için bu konuda oldukça fazla çalışma yapılmıştır. RF ve UHF alanlarının merkezi sinir sistemi üzerine etkisini araştırmak üzere yapılan çalışmalarda değişimler EEG ile saptanmıştır. EEG incelemesi elektromanyetik dalgalardan dolayı oluşan CNS(Cardiovascular Noratic Sendrom) etkisinin araştırılmasına kolaylık sağlar. Düşük şiddetli RF ve UHF alanları asthenic tipte bir sendrom olarak bilinen bazı değişmelere yol açarken, şiddetli UHF ve RF alanlarında daha çok cardiovascular vegetative düzenlemede karşılıklar şeklinde oluşan asthenic sendrom oluşur.

1990 yılında ABD' de yapılan çalışmalara da mesleki EMA maruziyeti sonucu Alzheimer hastalığının 3-4 kez daha fazla görüldüğü belirtilmektedir. Kalsiyum homeostazının bozulmasına bağlı bağışıklık sistemi hücrelerinin yetersiz kalmasının nöronal dejenerasyonu başlattığı iddia edilmektedir (29). Ayrıca, alzheimer ile güç kaynakları arasında bir bağ olduğu belirtilmiştir (30).

Mesleği gereği elektromanyetik alanlara uzun süre maruz kalan erkeklerde alzheimer hastalığı görülürken kadınlar için bu durum geçerli değildir (31).

Kamu kuruluşlarında yapılan çalışmaya göre, elektrikle ilgili çalışan erkeklerde güç frekansı alanları ile intihar arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir(32). 50 Hz frekans altında 100 μ T manyetik alana maruz kalan insanlar üzerinde yapılan incelemede, tepki zamanlarında bir değişiklik olmamıştır. Ancak hafıza üzerinde olumsuz etkiler yarattığı belirtilmiştir (33). Ayrıca, yüksek şiddette EMA'na maruz kalmanın Amyotrofik Lateral Skleroza neden olduğu da iddia edilmektedir (34). 2004 yılında yapılan çalışmalarda, EMA'nın serbest radikaller yolu ile DNA kırıklarına neden olduğu ve fare beyninde hasara yol açtığı gösterilmiştir (35). Bazı çalışmalarda EMA'na karşı aşırı duyarlılık reaksiyonu gelişebileceği ve bunun sonucunda vücut ağrıları, baş ağrısı, depresyon, yorgunluk, uyku bozuklukları vb yakınmaların ortaya çıkabileceği belirtilmiştir. Bu alandaki çalışmalar halen devam etmektedir (26).

Elektromanyetik Alanların Biyolojik Etkileri

Elektromanyetik spektrumda EM dalgalar enerjilerine göre iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan dalgalar olmak üzere ikiye ayrılır. EM dalgaların canlılara etkisi olduğu bilinmektedir. Atom ve moleküllerden elektron koparabilen radyasyonlar, iyonlaştıran ışımadır. Elektron koparılabilmesi için bir minimum kuantum enerjisi vardır. Yüksek enerjiye sahip iyonlaştıran EM dalgaları biyolojik dokuda hasara yol açar ve canlıların DNA yapısını etkileyerek moleküler değişikliklere yol açtıkları bilinmektedir. Ancak iyonlaştırmayan dalgalar yani RF dalgalar enerji seviyeleri atom ve molekülleri iyonlaştıracak düzeyde olmadıkları için canlılara zararlı etkileri günümüzde henüz kanıtlanamamıştır. RF enerjisi iyonlaştırmayan radyasyon kapsamına girer. Ancak kullanılan aletlerde iyonlaştıran ve iyonlaştırmayan enerji tipi mevcuttur. Bu nedenle RF mühendisleri ve teknisyenleri bu tehlikenin farkında olmalıdır.

Elektromanyetik dalgaların canlılarda oluşturduğu birtakım etkilerin araştırılmasında vücudun her bölgesinde yer alan dokuların elektriksel davranışlarının bilinmesi gerekir. Bu sayede elektromanyetik alana maruz bir canlının yutabileceği toplam enerji belirlenebilir. İnsan vücudu farklı özelliklere sahip doku ve kemik yapısına sahip kompleks yapıda bir canlıdır. Vücudu kaplayan deri tabakasının içindeki vücut direnci Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. EM dalgaların vücut dokularındaki direnci

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

Bunun yanında kan taşıyan ve tuzlu sıvıları içeren canlı gövdenin direnci yaklaşık olarak 100Wcm olan düzgün bir kütle varsayılabılır. İnsan vücudunu çevreleyen deri ikiye ayrılır; alt deri tabakası (dermis) canlı dokuları kapsar, üst deri tabakası (epidermis) da vücudumuzu çevre etkilerinden korur. Alt deri tabakası elektriksel özellikleri bakımından canlı damarsal dokulara benzer. Üst deri tabakası ise en dış katmandaki ölü hücrelerden dolayı canlı dokulara kıyasla çok farklı elektriksel özellik gösterir. İnsan vücudunun akıma karşı direnci daha ziyade deri üzerinde meydana gelir (12).

Tablo 8. Değişik tip derilerin gösterdikleri dirençler

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

İnsan vücudunun direncini hesaplamak çok mümkün değildir. Tablo 8’de yer alan verilerin hepsi istatistiksel verilerdir. İnsan vücudunun direnci üst deri direnci ile damarsal iç gövde dokularının direncinin toplamıyla ifade edilebilir. Sonuç olarak insanlar sonlu bir dirence sahip oldukları için elektrik akımını iletirler.

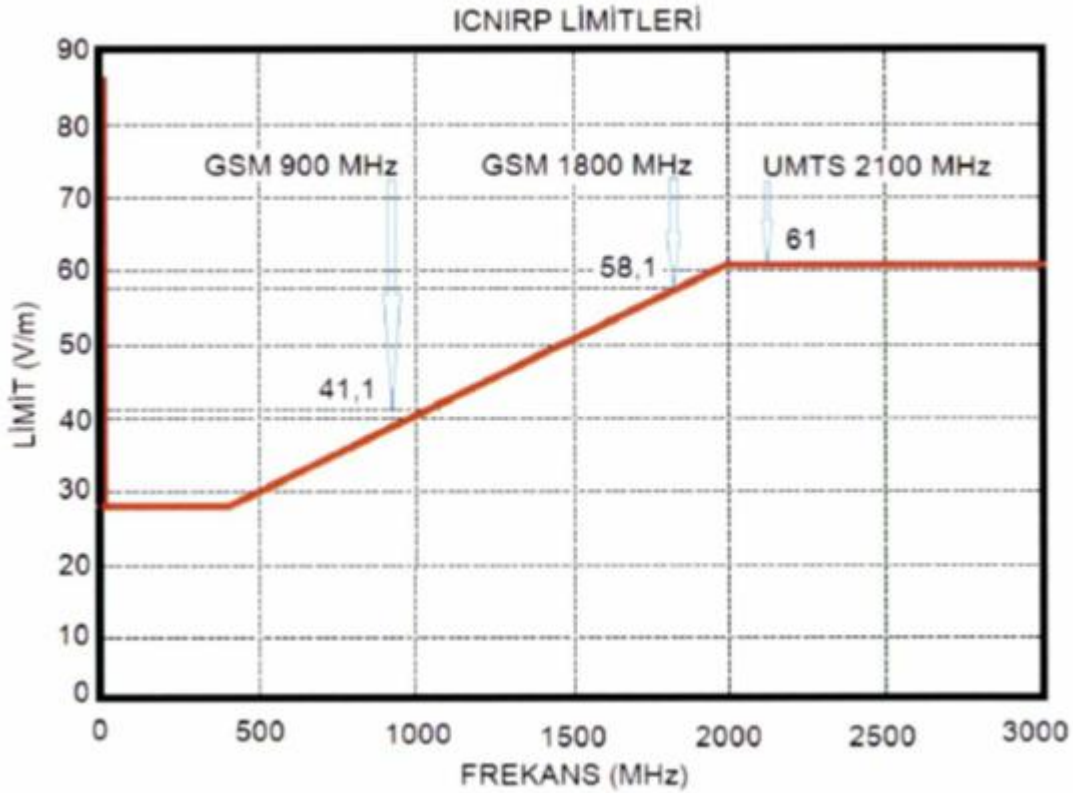
İNSAN SAĞLIĞI İÇİN SINIR DEĞERLER VE ULUSLARARASI KURULUŞLAR

Günlük hayatta elektromanyetik radyasyon (EMR) elektriksel cihazlar, yüksek gerilim hatları veya trafolardan yayılan düşük frekanslı elektromanyetik alanlar ve baz istasyonları, cep telefonları ve radyo ve TV vericilerinden yayılan radyo dalga frekansları olmak üzere iki ayrı frekans bandından oluşur. Bu iki bandın insan vücuduna etkisi farklı fiziksel mekanizma ile olmaktadır. Bu konuda birçok ülkede oluşturulan standart ve güvenlik sınır değerleri mevcuttur. Bu kurumlar;

- Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komitesi (International Committee on Non-ionizing Radiation Protection – ICNRP)
- Uluslararası Kanser Araştırmaları Enstitüsü (International Agency For Research On Cancer – IARC)
- Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization – WHO)
- Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE)
- Radyasyondan Korunma ve Ölçme Ulusal Konseyi (National Council on Radiation Protection – NCRP) olarak verilebilir.

Uluslararası alanda ICNIRP 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 kuruluştur. ICNRP'nin amacı iyonlaştırmayan radyasyon etkisiyle oluşabilecek sağlık risklerinden korunmak amacıyla bu konudaki limit değerleri belirleyerek tavsiyelerde bulunmaktır. ICNIRP Kılavuzu'nda yer alan çalışmalar üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile işbirliği yapılarak, çok sayıda mühendis, biyolog, fizikçi, epidemiolojist ve ilgili başka bilim adamlarından oluşan bir ekip tarafından yürütülmüştür. 1998 yılında ICNRP, 0 Hz – 300 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik alanların yalnızca ısıl etkilerini göz önüne alınarak tavsiye kararı yayımlamıştır. Bu tarihten sonra da EM alanların sağlık üzerindeki etkilerinin incelendiği birçok çalışma yapılmaktadır.

Elektromanyetik alanın insan sağlığına etkileri ile ilgili temel limitler ve turetilmiş limitler olarak iki tip limit değer belirlenmiştir. Sadece ısı etkileri dikkate alınarak vücut sıcaklığını 1° C arttıracak EM enerjisinin soğurulmasının zararlı olduğu temel limit olarak kabul edilerek kilogram başına dokuların soğurbileceği en yüksek güç 4 W olarak benimsenmiştir. Temel limitler 24 saat yaşanan çalışılan işyerleri için 10 kat ve umuma açık ortamlar için 50 kat güvenlik payları alınarak 0,4 W/kg ile 0,08 W/kg SAR (Özgül Soğurma Oranı) olarak kullanılmaktadır. ICNRP tarafından kabul edilen elektrik alan limit değerler Resim 9'da verilmiştir.



Resim 8. ICNRP limit değerleri

ICNRP tarafından belirlenen işyerleri için turetilmiş sınır değerler Tablo 9'da, genel halk için üretilmiş sınır değerler ise Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 9. Sürekli maruziyet durumunda işyerleri için türetilmiş sınır değerler

Frekans Aralığı (MHz)	E- Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	H- Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	B- Manyetik akı Yoğunluğu (μ T)	S-Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu (W/m^2)
0,00082 – 0,065	610	24,4	30,7	-
0,065 – 1	610	1,6 /f	2.0/f	-
1 - 10	610/f	1,6 /f	2.0/f	-
10 - 400	61	0,16	0,2	10
400 - 2000	3*f/2	0,008*f/2	0,01*f/2	f/40
2000 - 300000	137	0,36	0,45	50

Tablo 10. Sürekli Maruziyet Durumunda Genel Halk için türetilmiş sınır değerler

Frekans Aralığı (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	Manyetik akı Yoğunluğu (μ T)	S-Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu (W/m^2)
0,003 – 0,150	87	5	6,25	-
0,15– 1	87	0,73/f	0,92/f	-
1 - 10	87/f/2	0,73 /f	0,92/f	-
10 - 400	28	0,073	0,092	2
400 - 2000	1,375*f/2	0,0037*f/2	0,0046*f/2	f/200
2000 - 300000	61	0,16	0,20	10

SAR değerlerinin ölçülmesinin zor olması nedeni ile kolay ölçülebilen, gözlenebilen parametrelerle birbirine basit katsayılarla bağlı elektrik, manyetik alanlar ve güç yoğunluğu

kavramları türetilmiş sınır değerler olarak benimsenmiştir. Yani Elektrik alan (E), Manyetik alan (H) ve güç yoğunluğu (S) değerleri birbirine basit katsayılarla bağlı olduğundan birini ölçmek diğerlerini bulmak anlamına gelir. ($H=E/377$ A/m, $S=E^2/377$ W/m²)

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)) (1995) ve IEEE (1999), ICNRP tarafından oluşturulan sınır değerler kabul edilmiştir. 1999 yılında Avrupa Birliği, elektromanyetik alanlar için ICNRP'nin genel meskun mahal maruziyet sınır değerleri benimsenmiş ve Avrupa ülkelerinin çoğunluğu tarafından da bu değerler kabul görmüştür. ICNRP'nin belirlemiş olduğu sınır değerler Almanya, Fransa ve İngiltere tarafından da benimsenmiştir. Ancak İtalya, Polonya, İsviçre, Rusya ve bazı Avrupa ülkeleri bu değerleri yüksek bularak kendi standart değerlerini belirlemişlerdir. Bu ülkeler daha çok toplum baskısını azaltmak üzere ihtiyati tedbir yaklaşımı çerçevesinde daha düşük değerleri benimsenmişlerdir. Örneğin İsviçre, ortam için ICNRP değerini kabul etmekle beraber, cihaz başına elektromanyetik alan şiddeti için bir sınırlama getirmiştir. Tablo 11'de bazı ülkelerin türetilmiş sınır değerleri bulunmaktadır (6).

Tablo 11. Bazı ülkelerin GSM için kabul ettiği sınır değerler

Kuruluş / Ülke	Frekans	Elektrik Alan Değeri
ICNRP (1998), CENELEC(1995)	900	41
	1800	58
İngiltere	900	46,4
	1800	61,4
Türkiye	900	41 (Tek cihaz için 10)
	1800	58 (Tek cihaz için 14)
Belçika	900	10,2
İtalya	900	6,1
Rusya	900	6,1
Macaristan	900	6,1
Polonya	900	6,1
Bulgaristan	900	6,1
Slovenya 1.Bölge	900	12,9
Slovenya 2. Bölge	900	41
Yunanistan	900	32,9
İsveç	900	4
Lüksemburg	900	4
Çin	900	12
İsviçre	900	4
	1800	6

ABD’de de bu sınır değerler FCC (Federal Communications Commission – Federal Komünikasyon Komisyonu) tarafından belirlenmektedir. Bu sınır değerlerin belirlenmesinde IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) ve ANSI (American National Standards 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 alan sınır değerleri 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 $1,375 * f^{1/2}$ V/m; manyetik alan şiddeti için $0,0037 * f^{1/2}$ A/m ve elektromanyetik güç yoğunluğu için $f/200$ W/m² 'dir. Bu sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerlerdir.

Bunun yanında IEEE ve FCC standartlarında yer alan güç yoğunluğu üst sınırı 300-1500 MHz frekans aralığında $f/150$ W/m², 1500-100 000 MHz frekans aralığında 10,0 W/m² olarak verilmiştir. 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 Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

	ICNIRP	IEEE/FCC
Elektrik Alan Şiddeti	41,25 V/m (900 MHz)	-
	58,33 V/m (1800 MHz)	
Manyetik Alan Şiddeti	0,111 A/m (900 MHz)	-
	0,157 A/m (1800 MHz)	
Güç Yoğunluğu	4,5 W/m ² (900 MHz)	6,0 W/m ² (900 MHz)
	9,0 W/m ² (1800 MHz)	10,0 W/m ² (1800 MHz)

Türkiye’de Oluşmuş Standartlar ve Sınır Değerleri

Teknolojinin gelişmesiyle tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de mobil-sabit haberleşme ve iletişim kaynakları hücresel sistemlerin yaygınlaşmasıyla artış göstermiştir. Buna paralel olarak bu kaynakların etrafında oluşan elektromanyetik alan değerlerinde de artış gözlenmektedir. Bu artış halkın büyük bir bölümünde endişe yaratmıştır. Bu endişelerin giderilmesi, insan ve çevre sağlığı açısından bazı kamu kuruluşlarınca birtakım standartlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun üzerine Türkiye’de bu konu ile ilgili aşağıdaki resmi belgeler yayımlanmıştır;

- Nisan 1996’da, Türk Standartları Enstitüsü, TS ENV 501666-2 Sayı ve “İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması – Yüksek Frekanslar (10 kHz- 300 GHz)” isimli bir standart,
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın 11 Mayıs 2000 tarihli genelgesi,
- 21.04.2011 tarihinde BTK tarafından “ Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” (36),
- Bilgi Teknolojileri Kurumu (BTK) tarafından 12.07.2001 tarihli resmi gazetede yayımlanan “10 kHz-60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm Yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik”

- 24.07.2010 tarihinde Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından “ İyonlaştırıcı olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Tedbirlere İlişkin Yönetmelik

Bİlgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan yönetmelik ile Türkiye’de sınır değerleri belirlenmiştir. Burada yer alan sınır değerlerin belirlenmesinde ICNIRP Kılavuzu’nda yeralan sınır değerler esas olarak alınmış olup, buna ek olarak her baz istasyonuna özel ayrıca sınırlama getirilmiştir. Buna göre tek bir cihaz için 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için Bilgi Teknolojileri Kurumu’nun yönetmeliğinde yer alan sınır değerler, elektrik alan şiddeti için $0,341 \cdot f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)) manyetik alan şiddeti için $0,0009 \cdot f^{1/2}$ A/m ve güç yoğunluğu için $f/800$ W/m² ifadeleriyle verilmiştir. Verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilen ortalama değerler içindir. Bu ifadeler kullanılarak Türkiye’de 900 MHz ve 1800 MHz’de uyulması gereken sınır değerler Çizelge 5.2’ de verilmiştir. Tablo 5.3 ‘te yoğun kullanılan bazı frekanslar için hazırlanan EM alan tablosu Tablo 13’te Türkiye için belirlenen sınır değerler ve Tablo 14’te ise bazı frekans aralıkları için sınır değerler belirtilmiştir.

Tablo 13. 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

Tablo 14. Bazı frekanslar için hazırlanmış limit değerler

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	0,02 3	0,092	0,125	2
400 - 2000	0,341 *f ^{1/2}	1,375*f ^{1/2}	0,000 9*f ^{1/2}	0,0037*f 1/2	0,00 1*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

Tablo 15. Türkiye’de geçerli elektromanyetik radyasyon sınır değerleri

GSM Operatörü	Frekans Bandı	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)		Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	
		Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için	Tek bir cihaz için	Ortamın toplamı için
VODAFONE	900 MHz	10,23	41,25	0,027	0,111
TURKCELL	900 MHz	10,23	41,25	0,027	0,111
AVEA	1800MHz	14,47	58,34	0,038	0,157
3G (Her Üç Operator)	2100 MHz	15	61	0,04	0,16

Tablo 15’de de görüldüğü gibi frekansı 900 MHz olan sabit bir telekomünikasyon cihazının tek başına yaymakta olduğu elektrik alan şiddetinin 10,23 V/m, manyetik alan şiddetinin ise 0,027 A/m limit değerini aşmaması gerekmektedir. 1800MHz için ise elektromanyetik alan değeri 14,47V/m ve manyetik alan değeri ise 0,038 A/m’dir. Ortamın toplamı için ise, diğer ICNIRP tarafından belirlenen sınır değerler ülkemizde en üst seviyede geçerlidir. Ancak ülkemizde yaklaşık 42 V/m olan bu limitler İtalya’da 6 V RP ’in oluşturduğu sınır değerleri uygulamaktadır. İsviçre, İtalya gibi bazı Avrupa ülkeleri ise sınır değerler olarak ICNIRP güvenlik limitlerinin 1/10’unu uygulamaktadır.

Örneğin İsviçre’de baz istasyonu kaynaklı EM Radyasyonun olası olumsuz etkisi için öncelikli olarak İhtiyat İlkesi’ni benimsemesi dolayısıyla ev, ofis, hastane, okul ve çocuk oyun alanları gibi hassasiyet gösteren sürekli yaşam yerlerinde sınır değer olarak 5 (V/m)’yi kabul etmektedir.

ICNIRP sınır değerleri elektromanyetik radyasyonu insan üzerinde oluşturacağı biyolojik ve termal etki eşiği nedeni ile oluşturulmasına karşılık İsviçre’de uygulanan ICNIRP’in önerdiği sınır değerlerin 1/10’unu oluşturan seviye bilimsel bulgulara dayanmamaktadır. Ancak halkı psikolojik olarak rahatlatan ve ihtiyat ilkesine dayanarak insanların yaşam kalitesini bozulmasına engel olmak amacıyla kullanılmaktadır.

Tablo 16. Elektromanyetik radyasyon için İsviçre’de uygulanan ihtiyati limit değerler

Elektromanyetik Radyasyon Kaynağı	Sınır Değer
Yüksek Gerilim Hatları	1 μ T (Manyetik Alan)
Radyo TV Vericileri	3 V/m (Elektrik Alan)
900 MHz -GSM Haberleşmesi	4 V/m (Elektrik Alan)
1800 MHz -GSM Haberleşmesi	6 V/m (Elektrik Alan)
2100 MHz (3. Nesil)- GSM Haberleşmesi	6 V/m (Elektrik Alan)
Üç GSM Haberleşmesinin de Bulunduğu Nokta	5 V/m (Elektrik Alan)

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” (36) ‘te geçen ölçüm yöntemleri aşağıdaki gibidir;

a) Ölçümler geniş bantlı cihaz ile yapıldığında yakın alanda elektrik alan ve manyetik alan karmaşık bir yapı gösterdiğinden, elektrik alan veya manyetik alan problemleri ayrı ayrı kullanılarak ölçüm yapılır. Uzak alanda ise ölçümler sadece elektrik alan probu kullanılarak yapılır.

b) Bir noktada birden fazla verici bulunması halinde, geniş bantta ölçüm yapan bir cihaz ile ortamda bulunan bütün elektrik alan şiddetinin etkin değeri ölçülecektir. Elektromanyetik alan şiddetinin tek bir cihaz için belirlenen limitten fazla çıkması durumunda ortamdaki bütün vericilerin ayrı ayrı elektrik alan şiddetinin tespiti için, spektrum analizör ve yönlü anten kullanılır.

Ölçümler yapılırken aşağıdaki hususlar dikkate alınır;

- a) Ölçüm personeli üzerinde bulundurduğu her türlü elektronik cihazı ölçüm sonuçlarını etkilememesi bakımından kapalı tutar.
- b) Cihazın ilk çalıştırılmasından sonra teknik dokümanında belirtilen süre kadar cihaz kararlı duruma geçene kadar beklenir.
- c) Her ölçüme başlamadan evvel ölçüm cihazlarının varsa sıfırlama tuşuna basılır.
- d) Ölçümler, ölçüm yapılacak sistemin çalışır durumda olduğu saatlerde yapılır.
- e) Ölçümler, verici antenin yayın paterni dikkate alınarak yapılır.

Hücre baz istasyonları ölçümleri için bu maddede açıklanan ölçüm yöntemlerine ek olarak aşağıdaki hususlara da dikkat edilir.

- a) Ölçümler, antenin yayın yaptığı yönden başlamak üzere yatayda sağa ve sola doğru en az üç değişik noktadan yapılır.
- b) Hücre baz istasyonları için her ölçüm uluslararası standart dikkate alınarak, 6 dakikalık ortalamaya göre yapılır.
- c) Ölçümler; antenin yayın paterni dikkate alınarak, yayına doğrudan maruz kalan bölgede en az 3 noktadan yapılır.

Elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ise;

- a) Ortam için, Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Kurulunun belirlediği toplam limit değerlerini,
- b) Çevre ve insan sağlığı dikkate alınarak; ihtiyati tedbir açısından, tek bir cihaz için Uluslararası İyonlaştırmayan Radyasyondan Koruma Komisyonunun (ICNIRP) belirlediği limit değerinin dörtte birini ($\frac{1}{4}$) aşamaz.

Elektromanyetik Alan Şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşlarına Olan Etkileri ve Dünya Uygulamaları

Dünya ülkeleri genelinde elektromanyetik alandan korunmak için yapılan çalışmalar ve bu konuda alınan tedbirler aşağıdaki gibidir:

Malezya

Malezya ICNRP ve WHO'nun tavsiye niteliğindeki kararlarını uygulamaktadır. Ayrıca ihtiyati olarak aşağıdaki tedbirleri almıştır;

- Hastanelerde kritik alanlarda cep telefonu kullanımı yasaktır.
- Hastane ve okul gibi hassas bölge olan yerlerin yakınlarında baz istasyonu kurulumuna sınırlama getirilmiştir.
- Elektromanyetik alan kaynaklarına yakın yerlerdeki okullarda ölçümler yapılmış ve ölçüm yapılmayan yerlerle karşılaştırılmıştır.
- Yüksek gerilim hatlarının geçtiği bölgelerde elektromanyetik alan ölçümü yapılmaktadır.

Malezya'da baz istasyonu ölçümleri düzenli olarak yapılmaktadır. Ölçüm sonuçlarına halkın kolayca erişmesi sağlanmaktadır. Hastanelerde yaşam destek ünitelerinde çalıştırılan medikal cihazların bulunduğu yerlerde EM alan ölçümleri yapılmaktadır (38).

Avusturalya

1996 yılından beri Avusturalya tarafından yürütülen radyo frekansı elektromanyetik enerji programı ile RF verici kaynakların halk sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılması desteklenmektedir. Bu konudaki ilk standart Şubat 1999 yılında yayımlanmış ve 1 Mart 2013 tarihinde yayınlanan standart ile revize edilmiştir. Ancak, Avusturalya EM alanın zararlı etkilerinden halkı korumak amacıyla yaptığı düzenlemelerde EM alan kaynaklarının okul, hastane ve meskenlerden belirli bir uzaklıkta bulunması gerektiği konusunda bir düzenlemeye ihtiyaç duymamıştır. Yine de bazı yerel otoriteler EM alan kaynaklarının okul, hastane ve yerleşim noktalarına belirli bir uzaklıkta bulunması gerektiği hususunda bazı belirleyici tanımlamalar yapmıştır. Mobil telefon düzenlemelerinin okul ve hastane gibi hassas bölgelerin minimum EM alan oluşacak şekilde ve bu bölgelere konulacak baz istasyonlarının yüksek kulelere dikilmesi yönünde düzenlemelerin yapılması konusunda yüksek bir kamuoyu görüşü bulunmaktadır (39).

Rusya

Rusya'da çıkarılan çerçeve yasa ile salgın hastalıklarla mücadele etmek için özel frekans aralıklarına limitler getirilmiştir. 300 MHz ile 300 GHz arası frekans aralıklarında EM alan ve güç yoğunluğu için maruziyet limit değerleri, Avrupa Birliği tavsiye kararlarının (1999/519/EC) % 2'si olarak belirlenmiştir (40).

İsviçre

İsviçre, EM alan kaynaklarının yarattığı maruziyet ile ilgili çok sıkı ve ciddi ihtiyati tedbir kararları almıştır. Özellikle mobil telefon uygulamaları için belirlenen maruziyet EA sınır değerlerin %10'u limit değer olarak belirlenmiştir. Radar vericilerinde ise frekansa bağlı olarak tavsiye kararlarda belirtilen referans seviyelerin %11 ile %3 arasında değişen değerlere denk gelen değerler sınır değerler olarak kabul edilmiştir (40).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

ABD, RF vericiler için federal yasalar ICNRP'nin tavsiye kararlarını sınır değer olarak kabul etmiştir. 900 MHz'de elektromanyetik alan şiddeti için ICNRP'nin tavsiye kararlarında belirtilen referans seviyenin %18 'i sınır değer olarak kullanılmaktadır. ABD' de temel sınırlama uygulamaları yalnızca vücuda yakın bölgede bulunan taşınabilir aygıtlar için getirilmektedir. Taşınamayan cihazlarda ise maruziyet limit değerleri ICNRP'nin tavsiye kararları referans limit değerleridir (40).

Avrupa Birliği (AB)

AB, 1999 yılında ICNRP'nin 0 Hz – 300 GHz frekans aralığındaki EM alanlar için yayınladığı tavsiye kararlarından türeterek kendi tavsiye kararlarını yayımlamıştır. (1999/519/EC) 2004 yılında ise Avrupa Parlamentosu tarafından iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili elektromanyetik alanlara maruziyet sınırlaması getirilmesi amacıyla birtakım direktifler oluşturulmuştur. (2004/40/EC) Tavsiye kararları bağlayıcı nitelikte olduğu için AB ülkelerinde bu konuda 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır (40).

İlk grupta yer alan AB üyesi ülkeler tavsiye kararlarını kendi ulusal yasalarına geçirerek burada yer alan temel sınırlamaları ve referans seviyelerini aynen uygulamaktadırlar. Bu ülkeler Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, Fransa, Macaristan, İrlanda, Malta, Portekiz, Romanya ve İspanya'dır. İspanya'daki Katalonya Bölgesi ise merkezi hükümetten daha sıkı düzenlemeler söz konusudur. Ayrıca Almanya ve Slovakya'da uygulamada referans limit değerler olarak ICNRP maruziyet limit değerlerini kullanmaktadır (40).

İkinci grupta yer alan üye ülkelerde ise ulusal limitler ICNRP'in tavsiyelerine dayandırılmıştır ancak mecburi tutulmamıştır. Avusturya, Danimarka, Letonya, Hollanda, İsveç ve İngiltere'de bulunan telekomünikasyon şirketleri gönüllü olarak tavsiye kararlarını uygulamaktadırlar (40).

Üçüncü grupta yer alan ülkeler ise halk baskısı ya da ihtiyati tedbir amacıyla referans seviyelere çok sıkı temel sınırlamalar vardır. Bu ülkelerde limit servis kalitesini tehlikeye atmayacak şekilde

makul olabilen en düşük seviyelere indirilmiştir. Bazı ülkelerde ise açık olmayan ve isteğe bağlı olarak parçalı limitler ve kurallar belirlenmiştir. Örneğin; Yunanistan tavsiye kararlarını referans olarak seçmesine karşın okullarda, yuvalarda, hastanelerde ve yaşlılar bakımevleri gibi hassas bölgelerde 300 m'den daha yakın mesafede kurulacak olan istasyonlara limit değerlerin %60 'ı kadar azaltılması yoluna gitmiştir (40).

Avusturya

Avusturya, elektromanyetik alan maruziyetinden korunmak için düşük ve yüksek frekans aralığı olmak üzere iki standart uygulamaktadır. 12 Temmuz 1999 tarihli Konsey Tavsiyesiyle (1999/519/EC) düşürülen limitler uygulanmaktadır. Her ikisindeki limit seviyeleri ICNIRP Klavuz hükümlerini baz alır. Fakat bazı frekans aralıklarında birtakım farklılıklar bulunmaktadır. Yetkili Federal İdare telsiz cihazlar için bireysel veya genel lisans gerekli olan vericilerde bu standartları kullanmak zorundadır ve yasal olarak bağlayıcıdır. Avusturya, ilave güvenlik parametrelerini uygulamadan önce WHO-EMF projesinin sonucunu beklemektedir. Avusturya'da EMF halk maruziyeti korunmasına göre sadece birkaç bölgesel değişiklik vardır. Bunlar federal kanundan dolayı değildir. Ancak bazen Genel Çevre Koruma, Bayındırlık ve Bölgesel Planlama çerçevesinde eyalet kanununa dayanan lisanslarda Bölgesel İdare veya Kurumlar tarafından karar verilir. Uygulanan ölçümlerde, ÖNORM 1119 standardı, 0-30 kHz ve ÖNORM 1120 standardı 30 kHz-3000 GHz alanını kapsamaktadır. Ölçümler yüksek frekanslardaki tüm kaynaklar dikkate alınarak, "elektromanyetik kirlilik" (electro-smog) olarak da adlandırılan çevresel maruziyet seviyelerine göre yapılmaktadır. Özellikle yasal olarak bağlayıcı ışınım limitlerine göre, bazen yerinde yapılan ölçümlerle, EMF maruziyetinin gerçek seviyelerini kontrol edilir. Avusturya, insan sağlığı ve EM alanlarla ilgili konularda araştırmaları geliştirmekte olup, Almanya'daki incelemelerin yayınlanması ile bilimsel yayınlar ve ulusal incelemeleri finanse eder. Termal olmayan etkilerdeki araştırma Avusturya'daki otorite ve ulusal kuruluşlarca desteklenmektedir (41).

Belçika

Flaman yasaları okullarda, huzurevlerinde ve yuvalarda EA şiddeti limit değerleri AB tavsiye kararlarında belirtilen referans seviyelerini anten başına %7'si ile sınırlamaktadır. 10

MHz ile 10 GHz arası frekanslarda ise referans seviyesinin yaklaşık %50'si kullanılmaktadır. Brüksel bölgesi 100 kHz ile 300 GHz arası frekanslarda güç yoğunluğunu referans seviyesinin %5'i ile elektromanyetik alan şiddetini ise okul, huzurevi ve yuva gibi hassas bölgelerde anten başına %7 ile sınırlama getirmiştir. Valonya bölgesinde ise 900 Hz'de anten başına elektromanyetik alan şiddeti referans seviyesi yaşam alanlarında %7 ile sabitlenmiştir (40).

Belçika Hükümeti, elektromanyetik alanlarla ilgili konularda halka doğrudan ulaşmak için elektromanyetik alanların sağlık etkisi ve alınan önlemler konusunda bir bilgi broşürü hazırlamış ve internet sitesinde yayınlamıştır.

Bulgaristan

Bulgaristan, AB tavsiye kararlarında yer alan elektromanyetik alan şiddeti değerlerinde frekansa göre yüzdelik düşüğe gitmiştir. 900 MHz'de güç yoğunluğu için %2 den daha az olacak şekilde düşüğe gidilmiştir (40).

Finlandiya

Finlandiya'da 1975 yılından itibaren EMF maruziyeti konusunda çalışılmaktadır. İyonize olmayan ışımadan korunmak için ilk olarak 1986 yılında bir yönetmelik yayınlanmıştır. 1988 yılına kadar IRPA/INIRC (değişen adıyla ICNIRP) tavsiyelerini benimsenmiştir. Sağlık ve Sosyal İşler Bakanlığı, Konsey Tavsiyesini uygulamak için en yüksek maruziyet limitlerini düzenleyen bir kararnameyi 2002 yılı Mart ayında yayınlamıştır. Finlandiya'da, kabul edilen EMF maruziyet seviyelerine ilave olarak güvenlik kriteri veya seviyeleri yoktur. Mevzuat uygulanması konusunda bölgesel farklılıklar yoktur. Yukarıdaki mevzuatta 100 kHz'in üzerindeki frekanslarda mevcut limitler uygulanmaktadır. Mobil telefon baz istasyonu ve Radyo ve TV vericileri bu kapsamdadır. Ancak cep telefonları ve gerilim hatlarında uygulanmamaktadır. Bu limitler ayrı bir mevzuat ile belirlenmiştir. Finlandiya, uygulanan önlemler ile EMF maruziyet seviyelerinin uygunluğunu denetlemektedir. Kararların uygulanmasından sorumlu idare, Radyasyon Korunma Merkezi (The Radiation Protection Centre(RPC))' dir. Verici ölçümleri ve hesaplamalar, kısmen mevcut ticari cihazlarla yapılmakta olup, test-deneme metotlarına dayanmaktadır ve RPC tarafından, metot/ prosedür ve ölçüm cihazı geliştirilmektedir.

Finlandiya’da üniversiteler ve araştırma kurumları 1975 yılından bu yana ışımanın biyolojik önemi, dozimetri, iyonize olmayan ışımaya maruziyet ve diğer ölçüm prosedürleri konusunda çalışma yapmaktadır. COST, COSTbis, LaVita gibi ulusal araştırma programlarının çoğu EMF ve sağlık konusunda çalışılmak üzere 1994 yılında faaliyete geçmiştir. Çalışmalar, elektrik güç hatları tarafından yayılan alanların sağlık etkisi ve cep telefonları ışımasının test edilmesi metotlarını kapsamaktadır. Radyasyondan Korunma Merkezi, Mesleki Sağlık Kurumları uzmanları ve diğer uzmanlar, EMF ile ilgili güvenlik konuları hakkında halk ve medyaya sürekli bilgi aktarmaktadır. Bu bilgiler İnternette yayınlanmakta olup, ayrıca Bilim Günleri (Tieteen Päivät) Bilimsel Sempozyumu gibikamuya açık konferanslar düzenlenmektedir. Kuopio ve Jyväskylä Üniversiteleri, cep telefonları ve baz istasyonlarından kaynaklanan ışımanın risklerine, halkın dikkatini çekme yollarını araştırmaktadır. Finlandiya EMF alanındaki yeni teknolojilerin geliştirilmesini desteklemektedir. Radyo iletişim teknolojileri konusunda liderlik yapan bir ülkedir. Özellikle cep telefonu endüstrisi tarafından önemli AR-GE çalışmaları yapılmakta olup (Nokia gibi), devlet, aynı zamanda en çok Üniversiteler ve Milli Teknoloji Kurumu (TEKES-National Technology Agency) yoluyla bu çalışmalara çok büyük bir oranda katkı sağlamaktadır. 3. (UMTS) ve 4. nesil cep telefonu ağlarının sürekli geliştirilmesine önem verilmektedir (41).

Fransa

Fransa, halkı EMA maruziyetinden korumak için birkaç aşamada önlem almıştır.

- 25 Haziran 2001 tarihli 2001-670 sayılı Regülasyon, değişen 1999/5/EC Direktifi (Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 9 Mart 1999 yılındaki Telsiz Cihazları ile telekomünikasyon ekipmanlarının uygunluğu ve karşılıklı tanınmasını içeren -L 09,07/04/1999, p. 0010 – 0028- Resmi Gazete) ve 28 Temmuz 2001 tarihli Resmi Gazete, telekomünikasyon ekipmanları ile ilgili temel gereksinimlerden biri olarak, sağlık korunmasını esas almıştır.
- Halk sağlığının korunması konusunda mobil telefon ağlarını kurmak ve çalıştırmak isteyen operatörlerin yükümlülüğünü belirleyen hükümler 14 Kasım 2001 tarihinde yayınlanan bir yasayla değiştirilmiştir. Bu yasa, 12 Temmuz 1999 tarihli AB Tavsiyesindeki (1999/519/EC) maruziyet limitlerini referans almıştır. Düzenleme, halkın maruz kaldığı telekomünikasyon cihazlarınca yayılan EMF limitlerini belirleyen

kararnamenin yayınlanmasını da sağlamıştır. Bu hüküm, Radyo ve TV istasyonlarını içeren tüm RF vericilerinin kapsanmasını sağlamıştır.

- Diğer değişen hüküm, 1999/5/EC Direktifi, kullanıcıların maruziyet limitlerine dayanan, terminallerin uyumluluk değerlendirmesi için gerekli metotlardır.
- Mobil telefon baz istasyonlarının kurulması için teknik gerekleri belirten bakanlık içi sirküler, 16 Ekim 2001 yılında yayınlanmıştır. 1999/519/EC sayılı AB Tavsiyesinde maruziyet limitleri kurulmasına dayanan sirküler, baz istasyonu çevresindeki işaretleme ve güvenlik mesafesinin belirlenmesi konusundaki hükümler içerir.
- ELF (Çok Düşük Frekanslar) 'de maruziyet limitleri, yeni istasyon kurulması, istasyonun revizyonu ve güç besleme sistemleri için teknik gerekleri belirleyen yasa 12 Temmuz 2001 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Konsey Tavsiyesindeki 50 Hz alternatif akımlar için belirlenen maruziyet limitleri esas alınmıştır.

Bütün hükümler veya kararlar yasal olarak bağlayıcı olup, 16 Ekim 2001 tarihli Sirkülerde belirtildiği üzere, esas olarak halka bilgi sağlanmasını tavsiye etmektedir. Limitler 12 Temmuz 1999 tarihli AB Tavsiyesindeki (1999/519/EC) referans seviyeleri ve temel sınırlamalara (ICNIRP limitleri) uygundur. Mobil telefon baz istasyonlarının çevresinde güvenlik mesafesi ile ilgili yukarıda belirtilen 16 Ekim 2001 tarihli sirkülerde, güvenlik mesafesi, Yapı Endüstrisinde Bilimsel ve Teknik Merkez (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) tarafından belirlenmektedir. Bu sirkülerde bir baz istasyonundan 100 m' den az mesafedeki binalarda yaşayanların "duyarlı" yani endişeye kapılması nedeniyle yönlü antendeki yayına doğrudan maruz kalmaması tavsiyesi bulunmaktadır. Bu tavsiye başta halk arasında baz istasyonlarının sağlık etkileri hakkında asılsız olduğu görülen bazı korkular olması nedeniyle tasarlanmıştır. Bu amaçla görevlendirilen Dr. Zmirou başkanlığındaki rapor grubu (Ocak, 2001), İş ve Yardımlaşma Bakanlığı internet sitesinde "duyarlılık" konusundaki halk endişesini desteklemediği konusunda rapor yayınlamıştır.

Fransa'da gereklere uygun olarak EMF' ye maruziyet limitlerini düzenli olarak kontrol eden bir sistem vardır. AB Konsey Tavsiyesi'ne (1999/519/EC) dayanarak hazırlanan ölçüm protokolü referans metot olarak kullanılmaktadır ve 16 Ekim 2001 tarihli sirkülerle resmileştirilmiştir. 2001

yılında halk maruziyetinde saha sorumluları EMF ölçümleri yapılması için milli bir kampanya başlatmış ve sonuçlar 19 Aralık 2001 tarihinde yayınlanmıştır.

Fransız İdareleri EMF'nin insan sağlığına etkileri konusunda araştırma yapılmasını teşvik etmektedir. Uluslararası alanda, Uluslararası Kanseri Araştırma Birliği (IARC) tarafından yönetilen Interphone epidemiyolojik çalışmasında ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından koordine edilen EMF programına katılmaktadır. Avrupa' da ise Fransız Laboratuvarlar 5.FRDP altında araştırma programlarına katılmaktadır. Ayrıca, Fransa'da COMOBIO (Mobil Haberleşme ve Biyoloji) araştırma programı 1998 yılında başlamış ve 2002 yılında sonuçlanmıştır.

Fransız Hükümeti, bu alanda yapılan ölçümler ve EMF'nin insan sağlığına etkileri konusunda çeşitli çalışmalar yapmıştır. İlk olarak 1994 yılında Sağlık Genel Müdürlüğü elektrik hatları ve EMF'nin insan sağlığına etkisi konusunda halk için bir bilgi broşürü hazırlamış, 2004 yılından sonra tekrar güncellemiştir. Bundan başka Milli Frekans Kurumu mobil telefon baz istasyonları hakkında bilgi içeren bir kitapçık hazırlamış ve dağıtmıştır. Bu dokümanların kopyaları tüm bölgesel meclis üyelerine ve kamu idarelerine gönderilmiştir. İlave internette yayınlanmakta olup, kitap satıcılarında da satılmaktadır. Ayrıca 7 Şubat 2001 tarihinde bir basın konferansı yapılmıştır. Fransa, ayrıca 18 Temmuz 2001 tarihinde imzalanan 3.nesil cep telefonu ağlarının çalışmasına ait yetki kararnamele ile EMF alanındaki yeni teknolojilerin gelişmesini desteklemektedir (41).

Almanya

Almanya 306/97 sayılı BMPT (The Federal Ministry of Posts and Telecommunication) Kararnamesi ve 16 Aralık 1996 tarihindeki 26. BImSchV Kirlilik Kontrol Kararnamesi, EMF'nin insanlara maruziyeti konusunda yasal olarak bağlayıcı hükümleri içermektedir. Kararnameler, ICNIRP limitlerine dayandığı gibi, referans seviyeler yani Konsey Tavsiyesi ile belirlenen limitleri de kapsamaktadır. İlave güvenlik parametreleri uygulanmamaktadır. Fakat kalp pillerinin kapanması veya enterfere (zararlı etki) edilmesi ihtimaline karşı, 50 kHz–50 MHz frekans aralığında özel korunma sağlanmaktadır.

Uygulamalarda bölgesel farklılıklar yoktur. Önlemler, belirli frekans aralıklarında maruziyet seviyeleri ile

- ✓ 306/97 sayılı BMPT Kararnamesi: 3 kHz – 300 GHz,
- ✓ 26. BImSchV Kararnamesi: 16 2/3 Hz; 50 Hz; 10 MHz – 300 GHz, alanlarında uygulanmaktadır.

Çevresel maruziyet seviyeleri, 26.BImSchV Kararnamesi altında yürütülmektedir. Alçak [30kHz–300 kHz, (LF)] ve yüksek frekans aralığında limit değerler, diğer frekans vericilerinin dikkate alınması zorunluluğu ile belirlenmiştir. 306/97 sayılı BMPT Kararnamesinde, ilave faktör dikkate alınmaktadır.

Almanya; Federal düzeyde, DIN VDE 0848 ve 306/97 sayılı BMPT Kararnameleri, İller ve araziler düzeyinde ise 26. BImSchV Kararnamesiyoluyla uygulanan önlemlere göre EMF'ye maruziyet limitleri sağlamaktadır. Ölçülen tüm maruziyet seviyeleri Konsey Tavsiyesi ve ICNIRP limitlerinin altındadır.

Alman Hükümeti, cep telefonu alanındaki araştırma faaliyetlerini desteklemekte olup; özel önlem seviyeleri (limitler) ortaya koymaktan kaçınmaktadır vebunun yerine aşağıdaki faaliyetlerde bulunmaktadır:

- Federal Çevre Bakanlığı, Doğa Koruma ve Reaktör Güvenliği Bölümüne cep telefonlarının etkileri konusundaki araştırmalara 2002–2005 döneminde 8,5 milyon Euro bütçe ödeneği tahsis etmiştir.
- Federal Ekonomik İşlerveTeknoloji Bakanlığı, UMTS ağlarının geliştirilmesi amacına yönelik teknik düzenlemelerle ilgili araştırmalara 2002–2005 döneminde 5 milyon Euro sağlamıştır.
- Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığına cep telefonu ağlarında yayılım azaltma teknolojileri konusundaki araştırmalara yine aynı dönemde 7 milyon Euro tahsis edilmiştir.

Cep telefonu operatörleri gönüllü olarak tüketici yararına daha iyi bilgi sağlamayı, tüketici dostu olmak ve ışıma seviyeleriyle ilgili şeffaf veri sağlamak için cep telefonu üreticilerine baskı

yapmayı taahhüt etmektedir. Alman Hükümeti, düşük değerde cep telefonu SAR değeri için gönüllü olarak kaliteli yalıtım geliştirmeyi hedefleyen cep telefonu imalatçıları işbirliği yapmaktadır. Ayrıca, EMF' nin sağlık etkileri ve önlem alınması hakkında halkı bilgilendirmek için internette bilgi yayınlamış ve broşürler bastırmıştır (41).

Yunanistan

Yunanistan'da elektronik haberleşme ile ilgili kanunda AB tavsiye kararlarında yer alan değerlerin %70'ine sınırlama getirmiştir. Burada tavsiye kararları referans olarak seçilmiştir ancak hassas bölgelere 300 m'den daha yakın mesafede kurulacak olan istasyonlara limit değerlerin %60'ı kadar azaltılması yoluna gitmiştir.

Yunanistan'da, 2000 yılında yayımlanan “ Tüm kara bazlı anten istasyonlarına halk maruziyeti için korunma önlemleri” başlıklı Kanun ile EMF maruziyetinden halkın korunmasında yasal olarak bağlayıcı önlemler uygulanmaktadır. Bu yasa, 0–300 GHz arasındaki frekanslarla ilgili Konsey Tavsiyesinde belirtilen referans seviyeler ve temel sınırlamaların uygulanması konusunda yayımlanan müşterek bakanlık hükmüdür. Ancak güvenlik limitlerinde, referans seviyelerin % 80 'i esas alınır. Yani % 20 oranında katı uygulama vardır. Uygulamalarda bölgesel farklılık yoktur.

0–300 GHz arasında tek ve çoklu frekans emisyonlarını kapsayan önlemler uygulanmaktadır. Yunan mevzuatı Konsey Tavsiyesi'nin içeriklerini tam olarak uyarlamıştır. Yasaya göre her çeşit istasyon antenlerinden yayılan EMF'ler, düzenli olarak denetlenmektedir. Uygun olmadığı tespit edildiği takdirde baz istasyonu yayını tüm gerekli önlemlerin sağlanması için durdurulmaktadır.

Yunan Atomik Enerji Komisyonu (The Greek Atomic Energy Commission, EEAE)iyonize olmayan bütünüşimlerden halkın korunması için kurulmuş ulusal yetkili organdır. Her bir istasyon için elektromanyetik yayılımın teknik raporu EEAE' ye gönderilmesi zorunluluğu vardır. EEAE, halk maruziyeti limit değerlerinin uygun olup olmadığını izlemek için antenlerdeki ölçümleri yapmakta olup, koordine edilmesinden de sorumludur. Ölçümler ayrıca Çevre, Bölgesel Planlama ve Kamu İşleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığınca veya EEAE tarafından akredite edilen diğer kuruluşlarca da yapılabilmektedir.

Yunan mevzuatına göre, EEAE, Çevre, Bölgesel Planlama ve Kamu İşleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı; EMF ışımasıyla ilgili sağlık konularında bilgiyi yaymak, araştırma programları düzenlemek ve bu alanda en son gelişmelerden haberdar olmak için koordinasyon görevinde bulunur.

Araştırma faaliyetleri, araştırma merkezleri ve üniversiteler tarafından gerçekleştirilmektedir. AB ve Yunan hükümetince fon sağlanmaktadır.

EEAE, EMA'nın insan sağlığı ile ilgisi konusunda halka bilgi sağlamakla yükümlüdür. Bu amaçla kurultaylara, seminerlere ve kurslara katılmakta, organizasyon düzenlemektedir. Ayrıca, EMA'nın biyolojik etkisi konusunda bilgi broşürleri yayınlamaktadır.

Yunan Hükümeti, LMDS(Local Multipoint Distribution Service=genişband, noktadan çok noktaya telsiz erişim teknolojisi) ve UMTS gibi yeni hizmetlere lisans verilmesiyle bu alandaki yeni teknolojilerin gelişmesini desteklemektedir (41).

İrlanda

İrlanda, EMA'dan halk maruziyeti konusunda korunma için birkaç önlem uygulamaktadır. Bunlar;

- Bölgesel Hükümet ve Çevre Başkanlığı; Haziran,1996 yılında telekomünikasyon antenlerinin kurulması konusunda resmi kılavuz hükümler yayınlamıştır.
- Telekomünikasyon Düzenleme Dairesi Müdürlüğü, (The Office of the Director of Telecommunications Regulation, ODTR) bağımsız lisanslama kurumu olup, ICNIRP Kılavuz hükümlerine göre lisans vermektedir. Geleneksel olarak 1998 yılından beri temsili örnekleme ile vericilere ait EMA değerlerinin ICNIRP' ye göre uygunluğunu incelemek için bir Uygunluk Raporu yayınlamaktadır.
- Devlete ait elektrik şirketi olan ESB, ICNIRP Kılavuzlarına uygun tesisatların yapılmasını sağlamaktadır. Bu gereklilik yasal bir zorunluluk değildir. Ancak önlemler, Devlet adına Bakanlık Kamu Kuruluşunun önerisi ile ESB tarafından yürürlüğe konulmaktadır.

- Planlama usulleri, ICNIRP kılavuzlarına bağı olarak, tüm büyük elektrik iletim ve dağıtım projelerinde dikkate alınmaktadır. Planlama ve Kalkınma Yasası, geliştirmeler için planlama yetkisi vermekte olup, yasal olarak bağlayıcıdır.

Diğer önlemler;

- Bölgesel Hükümet ve Çevre Başkanlığı, Kasım 2001 yılında Planlama ve Kalkınma Kanununu yenilemiştir. Bu, yasa ilave olarak, mobil telefon antenlerine ilişkin yeni önlemleri ortaya koymaktadır. Planlama ve Kalkınma Kanunu yasal olarak bağlayıcıdır.
- Bakanlığa ait Kamu Girişimi Bölümü(The Department of Public Enterprise); Sağlık ve Çocuk Başkanlığı ile koordineli olarak, “Elektrik” ve “Haberleşme” ile ilgili broşürler hazırlamış ve internet sitesinde yayınlamıştır.

ICNIRP limitleri dışında EMA maruziyeti için ilave bir önlem bulunmamaktadır. Önlemler ve uygulamalar konusunda bölgesel farklılıklar yoktur. Önlemler belirli bir frekans aralığında uygulanmaktadır. ODTR’ nin verdiği Telekomünikasyon Lisansları da belirli frekanslardan biridir. İlave olarak yüksek gerilim güç hatlarındaki planlama şartları, 50 kHz frekans alanlarındaki uygulamaları içermektedir. Çevresel maruziyet seviyeleri için özel bir önlem yoktur. Belirli bir yerdeki toplam maruziyet, diğer vericilerdeki belirli frekansların dikkate alınmasıyla birlikte ODTR tarafından ölçülür. Toplam maruziyetin ICNIRP Kılavuzlarındaki limitlere yaklaşması veya aşması halinde düzeltici işlem uygulanmaktadır.

İrlanda, uygulanan önlemlere göre EMF maruziyet limitlerini düzenli olarak denetlemektedir.

Örnek olarak;

- Kamu Girişimi Bölümü, ESB ile koordineli olarak elektrik güç hatları ile ilgili denetleme hizmeti sağlamaktadır.
- Çocuk ve Sağlık Başkanlığı; Konsey Tavsiyesini içeren özel tavsiyelere ilaveten EMA maruziyetinde çevresel denetleme sorumlusu uzmanların yaklaşımını da dikkate almaktadır.

İrlanda'da geleneksel olarak tüm baz istasyonlarının % 10'unun ölçülmesi için bir denetleme programı yapılmaktadır. Denetleme 2002 yılında başlatılmıştır. İrlanda bu alandaki uluslararası araştırma aktivitelerini desteklemektedir. ESB, Birleşik Krallık Çocuk Kanseri çalışmalarına (epidemiolojik) finansal olarak bağışta bulunmaktadır. WHO - EMF Projesinin finansal destekleyicisi ve fonlandırma üyesidir. Ayrıca COST 281 'in kurulmasına ve çalışmalarına iştirak etmektedir. Kamu Girişimi BölümüBaş Teknik Danışmanı COST 281 Yönetim Kurulundadır. İrlanda, yaklaşık 50 yıldan bu yana uluslar arası alanda kabul gören ve iyonize olmayan ışım standartlarını geliştiren Uluslararası Elektromanyetik Güvenliği Komitesi'nin (International Committee on Electromagnetic Safety, ICES) İcra Komitesinde temsil edilmektedir. Ayrıca EMF risk haberleşmesi konusunda WHO seminer ve yayınlarına birlikişi raporları, bilimsel makaleler ve personel sağlamaktadır.

İlave olarak, Kamu Girişimi Bölümü; EMA'nıninsan sağlığına etkisi konusunda halkı bilgilendirmek ve yönlendirmek için hükümet tarafından uygulanan önlemlerle ilgili raporlama yaparak, iyonize olmayan ışım konusunda halka danışmanlık hizmeti vermektedir. Örneğin; Kamu Kuruluşu Başkanlığı, iyonize olmayan ışım konusunda, posta, e-posta ve telefon yoluyla ulaşan soruları cevaplamaktadır. İrlanda bu alandaki yeni teknolojinin gelişmesini desteklemektedir (41).

İtalya

İtalya, AB tavsiye kararlarında belirtilen referans maruziyet değerlerini aşmayacak şekilde sınır değerler belirlemiştir. Tavsiye kararlarının aksine 3 MHz ile 3 GHz arasında frekansla değişmeyen sabit bir değer benimsemiştir. İtalya 900 MHz'de tavsiye kararlarında belirtilen manyetik alan şiddeti maruziyet limit değerinin %45'ini temel sınır olarak belirlemiştir. Ev, okul, oyun alanı ve insanların 4 saatten fazla kaldığı yerlerde tavsiye kararlarında verilen manyetik aan şiddeti limit değerlerin %14'ü tedbir amaçlı ikaz değer olarak gösterilmiştir (40).

Litvanya

Litvanya'da 300 MHz ile 300 GHz arasındaki frekanslarda güç yoğunluğu için değişmeyen bazı sabit değerler benimsenmiştir. 900 MHz'de ise AB tavsiye kararlarında belirtilen referans değerlerin %2'si, daha yüksek frekanslarda ise %2'den daha az değerler sınır değeri olarak belirlenmiştir (40).

Lüksemburg

Mobil telefon hizmetine, sınıflandırılmış bölgeler ve teknik standartlar ile ilgili bir yasa ile ihtiyati bir politika uygulanmaktadır. 900 Hz'deki tavsiye kararındaki referans seviyenin %7'si olan her bir anten için 3V'luk EA şiddeti için sabit bir maruz kalma sınırı düzenlemektedir. Ortamın toplam limit değerinde ise AB tavsiye kararları referans değerler olarak gösterilmektedir (40).

Polonya

Polonya'da halka açık yerlerde elektromanyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğu maruziyet sınır değerleri frekansa bağlı olarak tavsiye kararlarında belirtilen değerlerden daha azdır. 900 MHz'de ise elektromanyetik alan şiddeti sınır değeri tavsiye kararlarının %17'si olarak belirlenmiştir (40).

Slovenya

Slovenya'da 10 KHz'den daha yüksek frekanslar için hassas alanlarda elektromanyetik alan sınır değerleri AB tavsiye kararları sınır değerlerinin %31'i olarak belirlenmiştir. Hassas bölgelerin dışındaki alanlarda ise referans değerler aşılmayacak şekilde uygulama yapılmaktadır (40).

İspanya

İspanya'nın Katalonya bölgesinde elektromanyetik alan şiddeti maruziyet sınır değerleri AB tavsiye kararları sınır değerlerinin %65'i olarak uygulanmaktadır.

Yukarıda da görüldüğü üzere AB ülkelerinde sınır değerler konusunda çok farklı uygulamalar vardır. Ancak okul, hastane, yuva ve yaşlılar bakım evi gibi hassas bölgelerde vericilerin bu noktalara olan mesafelerine, verici çıkış güçlerine ve verici anten yönelimlerine özel uygulamalar geliştirmişlerdir.

Danimarka

Danimarka, ICNIRP tavsiyelerini uygulamaktadır. EM alanlara karşı halkı korumak için yasal olarak bağlayıcı önlemleri yoktur. Maruziyet değerlendirmesinde, ICNIRP tavsiyelerini İş Müfettişliği (Labour Inspectorate) yürütmektedir. Danimarka, EMF' nin insan sağlığına etkisi konusundaki araştırmaları desteklemektedir. Bu alanda araştırmacılar, kendi çalışmalarında kamu fonlarına da başvurabilmektedir. İlaveten Danimarka Sağlık Bakanlığı mobil telefon sektöründen bu alandaki araştırmaları desteklemesini istemektedir. Hükümet EMF' nin sağlığa etkisi hakkında kamuyu bilgilendirmek için önlemleri uygulamaktadır. Ayrıca Tüketici Birlikleri ve Mobil Telefon Sektörü'nün işbirliği ile tüketiciler için mobil telefonlar ve sağlık ile ilgili bilgi kaynakları sunmaktadır. Danimarka, yeni teknolojileri ülkede kullanmak ve pazarlamak amacıyla Avrupa ve küresel standartları destekleyerek bu alanda yeni teknolojilerin gelişmesini teşvik etmektedir. Özellikle bu alandaki teknik özellikler ve standardizasyonun uyumlaştırılmasını desteklemektedir. Gerekli yetkilendirmeler ve hazır bulundurulan frekanslarda imtiyaz sağlar. GPRS veya UMTS lisanslarında ve Bluetooth teknolojilerinde de uygulanılmaktadır (41).

Uluslararası EMF Projesi

Dünya Sağlık Örgütü (WHO); teknolojinin gelişmesiyle birlikte EMA kaynaklarının giderek artması ve çeşitliliğinin kamu sağlığına olası sağlık ve çevresel etkilerini değerlendirmek için, Mayıs 1996 yılında birçok üye Devletlerin içinde bulunduğu Uluslararası EMF Projesi olarak adlandırılan bir proje başlattı. WHO Uluslararası EMF Projesi düşük seviyede

elektromanyetik alanların olası tehlikeleri konusunda genel kaygılara bilimsel olarak sağlıklı ve objektif yanıtlar sağlamak için başlatıldı. Uluslararası EMF (EMA) Projesi: EMA" ya maruz kalmanın biyolojik etkileri konusunda bilimsel literatürü gözden geçirir, gerekli araştırmalar tamamlandıktan sonra EMA etkisinin sağlık risklerini değerlendirir. Ulusal programlar ve sivil toplum kuruluşları önerir. Uluslararası kabul edilebilir standartları teşvik eder ve risk algısı, risk iletişimi, risk yönetimi hakkında bilgi sağlar.

Projeyi destekleyen ve katılan uluslararası kuruluşlar: Avrupa Komisyonu (EC), Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma (ICNIRP) Komisyonu, Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC); Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (NATO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP). Dünya Sağlık Örgütü'nün Uluslararası EMF Projesi, radyofrekans (RF) ve mikrodalga alanları, ara frekans (IF), son derece düşük frekanslı (ELF) alanları ve statik elektrik ve manyetik alanlar ile ilgili ortaya çıkan sağlık sorunlarını ele almaktadır. WHO –Uluslararası EMF Projesi'ne dahil olan ülkeler: Arjantin, Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Fransa, Almanya, Macaristan, Endonezya, İsrail, İrlanda, İtalya, Japonya, Kuveyt, Malezya, Hollanda, Polonya, Norveç, Rusya Federasyonu, Slovenya, Güney Afrika, İsveç, İsviçre, Birleşik Arap Emirlikleri, İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri, Bahreyn, Brezilya, Bulgaristan, Çin, Hırvatistan, Kıbrıs, Danimarka, İran, Güney Kore, Lüksemburg, Malta, Meksika, Singapur, İspanya, Hong Kong'dur.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışma, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği GenelMüdürlüğü (İSGGM), Piyasa Gözetim Daire Başkanlığı bünyesinde, 11.06.2004 tarih ve 25489 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiş olan, İSGGM İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcılığı ve Uzmanlığı Atama, Görev ve Çalışma Yönetmeliği’ne göre hazırlanmıştır.

“Bir İşyerinde Elektromanyetik Alan Ölçümü Yapılarak Sonuçlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi “ konulu tez konusunun belirlenmesinin ardından, tez çalışması için bir çalışma planı hazırlanmış ve kaynak araştırmasına başlanmıştır. Yapılan araştırmanın temelini, kitap, makale, dergi ve internet ortamında ayrıntılı literatür taraması oluşturmuştur. Konu ile ilgili olarak çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgi ve değerler sentezlenerek, bu bilgiler ışığında söz konusu doküman çalışması ortaya konulmuştur.

Tez kapsamında; öncelikle yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, DECT telefonlar ve WLAN’ın 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Daha sonra Ankara’da bulunan bir okulda kreş ve anaokulları bölümleri de dahil olmak üzere gündüz ve gece olmak üzere elektromanyetik alan şiddeti ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçları mevcut standartlarla karşılaştırılarak iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmiştir. Ölçümler geniş bantta ölçüm yapabilen Spectran HF

60105 cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm yöntemi olarak Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” esas alınmıştır.

BULGULAR

Temel olarak, elektromanyetik alan ölçümleri elektromanyetik dalganın elektrik alan şiddeti veya manyetik alan şiddeti bileşimlerinin ölçümünden ibarettir.

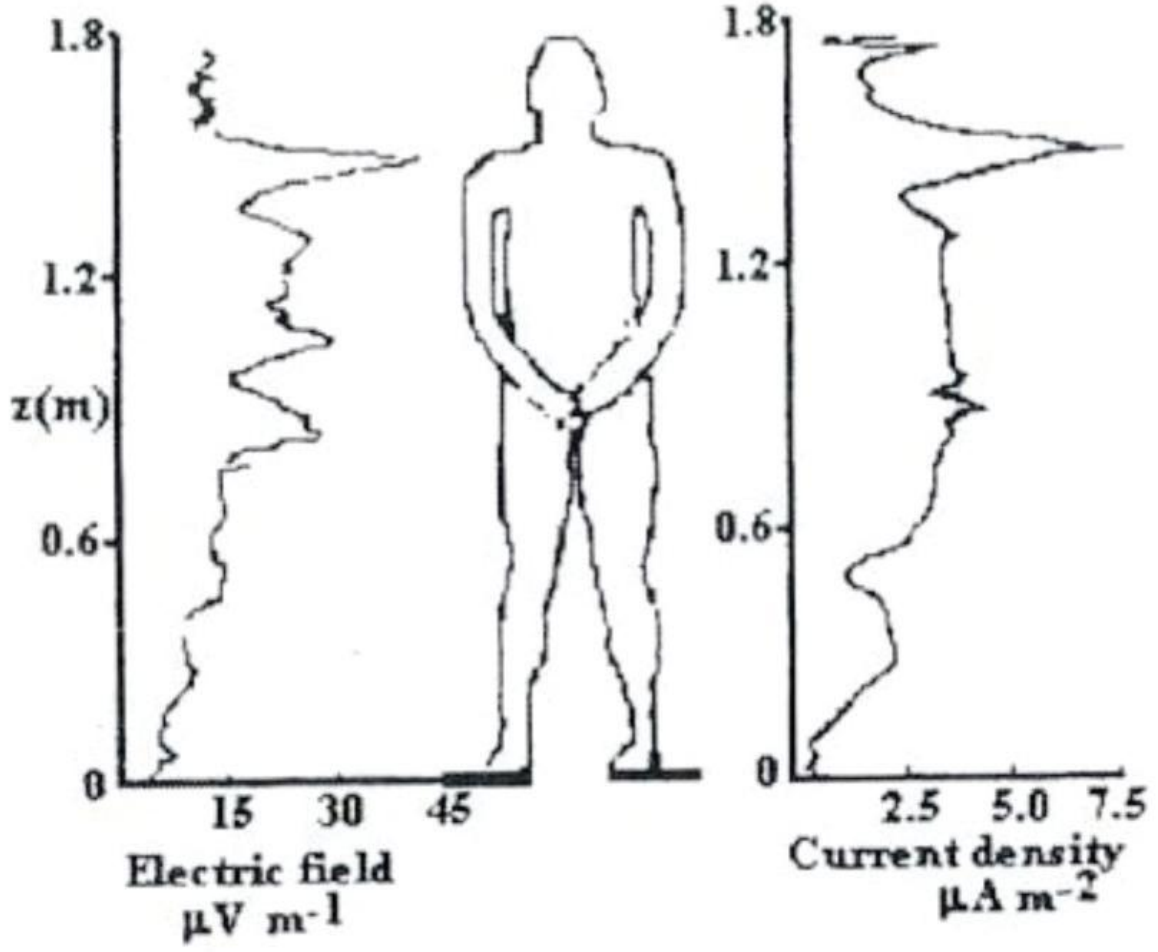
Okul binaları içerisinde bulunan 100 kHz ile 3 GHz frekans bandında çalışan RF dalgalarını ortamda oluşturan cihazlar, öğretmenler, öğrenciler ve diğer çalışanlar açısından olumsuz sağlık risklerine sebep olabilir. Özellikle çocuklar küçük vücut yapıları nedeniyle çevresel toksinlerden büyüklere göre daha çok etkilenirler. Bu durum ayrıca velileri de endişelendirmektedir. Okullarda bulunan WLAN, DECT, GSM, Radyo, TV, mikrodalga gibi RF frekans bandında çalışan cihazlar elektromanyetik alan kaynaklarıdır.

İsviçre ve İtalya gibi bazı ülkelerde hastane, ev, kreş, oyun parkı ve okul gibi alanları hassas kullanım mekanları olarak tanımlayarak Tablo 17’de de görüldüğü gibi GSM frekanslı EMR için ayrıca özel limitler uygulamaktadırlar. Örneğin; İtalya’da sokak ve caddeler gibi geçiş noktalarında 20V/m sınır değerini uygularken, hassas kullanım alanlarında ise 6 V/m limitini belirlemiştir. İsviçre’de ise tek bir GSM için 6 V/m, birden fazla GSM için ise daha da düşürülerek 5V/m sınırını uygulamaktadır. ELF frekanslı yüksek gerilim hatları ve trafolardan yayılan elektromanyetik sınır değerleri ise İsviçre’de 1 μ T olarak uygulanırken Türkiye’de 200 μ T olarak belirlenmiştir.

Tablo 17. Baz istasyonları için İtalya, İsviçre ve Türkiye’de uygulanan limit değerler

Ülke İsimleri	Elektrik Alan Sınır Değeri (V/m)
İtalya (Hassas Bölgeler)	6
İsviçre (Hassas Bölgeler)	5
Türkiye	41.25

Çok düşük frekanslı elektromanyetik alanlar(ELF) yeterince şiddetli olduğu durumlarda insan vücudunda dokularda indüklenen elektrik alan ve akımları; sinir ve kas uyarımları ellerde uyuşma gibi etkiler gözlenebilir. Ancak çevredeki elektrik ve manyetik alanlar çok düşük ise bu derece akut etkiler gözlenmez. Sinir sisteminde bu tür etkilerin oluşmaması için çok düşük frekanslarda insan vücudunda biyolojik etkileşim yapabilecek olan maksimum indüklenecek akım yoğunluğu seviyesi için 2 mA/m^2 eşik değeri olarak kabul edilmiştir. RF frekanslarda ise elektromanyetik dalgalarla insan vücudunun bio-etkileşim mekanizması indüksiyon yerine gelen dalgadan vücudun enerji soğurması şeklinde gerçekleştiği için sınır değerler elektromanyetik dalgadan insan vücudunun dokularının birim kütlesinin saniyede soğurduğu enerji (SAR) cinsinden tanımlama yapılır. Resim 10’da 1.77m uzunluğundaki bir insanın (model) $1 \mu\text{T}$ manyetik akı yoğunluğu ile önden arkaya doğru ışınlanması sonucunda vücut içinde indüklenen elektrik alanı ve elektrik akım yoğunluğu verilmiştir. Görüldüğü gibi indüklenen alanlar ve akımlar boyun bölgesinde maksimum olmaktadır. Vücut içinde indüklenen akımların özellikle beyin, kan dolaşımı sistemi gibi organlara zarar verdiği ve sonuç olarak kemik iliği artışına yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca YGH’dan yayılan elektrik alanı çevresindeki havayı iyonize eder. Bu iyonlar kirli hava içindeki aerosolleri çekerek elektriksel olarak yüklenmesine sebep olur. Rüzgâr vasıtasıyla yüklenen aerosoller çevreye dağılıncı civarda bulunanların akciğerlerine solunum yoluyla yoğun oranda yerleşirler.



Resim 9. Bir insan modelinin $1 \mu\text{T}$ manyetik akı yoğunluğu ile önden arkaya doğru ışınlanması dolayısıyla vücut içinde induklenen elektrik alanı ve elektrik akım yoğunluğu dağılımı

ELEKTROMANYETİK ALAN ÖLÇÜMÜ UYGULAMA PROJESİ

Öncelikle DECT telefonlar, 3G, WLAN, cep telefonu ve mikrodalga fırın gibi RF kaynakların bireysel olarak mesafeye göre değişen elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilmiştir. Yaklaşık 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilmiştir.

Daha sonra Ankara’da bulunan bir okulda kreş ve anaokulları bölümleri de dahil olmak üzere gündüz ve gece olmak üzere elektromanyetik alan şiddeti ölçümleri yapılmıştır. Bu okulda 21 öğretmen, 158 öğrenci, 10 idari personel ve 10 işçi bulunmaktadır. RF’te çalışan elektromanyetik alan kaynakları olarak WLAN, DECT, GSM, Radyo, TV, mikrodalga, dizüstü bilgisayarlar, tabletler, tasarruflu ampuller, 3G yayın yapan akıllı telefonlar tespit edilmiştir. Ayrıca fotokopi makinası, hoparlör sistemi, alarm sistemi, kamera sistemi, masaüstü bilgisayarlar, fax makinaları, POS cihazları, akıllı tahta gibi diğer elektromanyetik alan kaynakları da bulunmaktadır. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” e göre ölçümler yapılmıştır. Kısa süreli etkilerin azaltılması ve daha sağlıklı değerlendirmelerin yapılabilmesi amacıyla ölçüm noktalarında dört köşede ve ortada en az 6’ şar dk’lık ölçümler alınarak kaydedilmiştir. Ölçümler zeminden 1,5 m yükseklikte yapılmıştır. Öncelikle ölçüm yapılan yerlerde elektromanyetik alan kaynakları tespit edilmiştir. Tespit edilen kaynakların çalışma frekansları belirlenerek gündüz ve gece olmak üzere 2 farklı zaman aralığında ölçümler yapılmıştır.

ÖLÇÜMLERDE KULLANILAN CİHAZ ÖZELLİKLERİ



Resim 10. Spectran HF 60105

100 kHz-3 GHz frekans bandındaki RF dalgalarının ortamda oluşturduğu toplam bileşke elektrik alan şiddetinin belirlenebilmesi için, geniş bantta ölçüm yapabilen Resim 11’de yer alan Spectran HF 60105 cihazı kullanılmıştır. Çevredeki elektromanyetik alan kaynaklarını rahatlıkla bulabilir. Maruziyet limit hesaplamasını karışık hesaplamalar yapmak yerine yüksek performans seviyesine sahip DSP’ler sayesinde Spectran HF 60105 otomatik olarak yapmaktadır. Ayrıca ölçüm yapıldığı esnada da, bu çeşitli standartlardaki maruziyet seviyeleri cihazın ekranın görülmektedir (43).

Cihaza ait bazı özellikler:

- Frekans aralığı: 1MHz – 9,4 GHz
- Giriş Konnektörü: SMA(f) 50 ohms
- Ekran: dBm, V/m, A/m, dBiV, W/m²

- Ekranda maruziyet değerleri
- RBW: 200Hz – 50 MHz
- Maksimum Seviye: +40 dBm
- Ayarlanabilir anten ve kablo

MESAFEYE BAğLI YAPILAN ÖLÇÜM SONUÇLARI

Günümüzde teknolojinin gelişimine bağlı olarak, çeşitli ve yaygın kullanım alanlarına sahip iletişim araçları da artmaktadır. Yaşamı kolaylaştıran telsiz, cep telefonu, internet gibi teknoloji ürünü cihazların kullanımı da fark edilemeyen riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu tez çalışmasında yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, telsiz telefonlar ve kablosuz internete 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır.

Telsiz (DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunication) Telefonlar

Tablo 18. Telefonların frekans değerleri ve uyku modları

Teknoloji	Frekans	Uyku halinde yayılım
Kablolu telefon	Doğru Akım	Hayır
Analog	400 MHz	Hayır
Dijital	915 MHz	Hayır
ISM Bandı	2.4 GHz	Evet/Hayır
ISM Bandı	5.8 GHz	Evet/Hayır
Telsiz Telefon 6	1.9 GHz	Evet

İlk olarak Avrupa’da üretilen ve tüm dünya tarafından kullanılan Resim 12’ de de yer alan telsiz telefonların 800 milyonu aşkın kullanıcısı bulunmaktadır. Telsiz telefonlar cep telefonları gibi RF bandında darbeleri elektromanyetik alan yaymaktadırlar. Eski kablosuz telefonlar 50 MHz veya 90 MHz civarında çalışırken, yeni çıkanlar 900 MHz, 1,7 GHz, 1,9 GHz, 2,4 MHz ve hatta

5,8 GHz de çalışırlar. Kapsama alanları yaklaşık 300 m'dir. Cep telefonu ile baz istasyonu arasında bir kez bağlantı kurulduktan sonra telefonun gücü otomatik olarak konuşmaya izin verecek minimum seviyeye iner. (şehir içinde en yüksek 4 mW, ortalama 0,5 mW) Ortalama gücü 10 mW olan telsiz telefonlar ise sürekli (saniyede 100 defa) 250 mW'lık sabit darbelerle çalışır. Yani telsiz telefonlar cep telefonlarının maruziyetinin üzerinde elektromanyetik alan yaymaktadırlar.

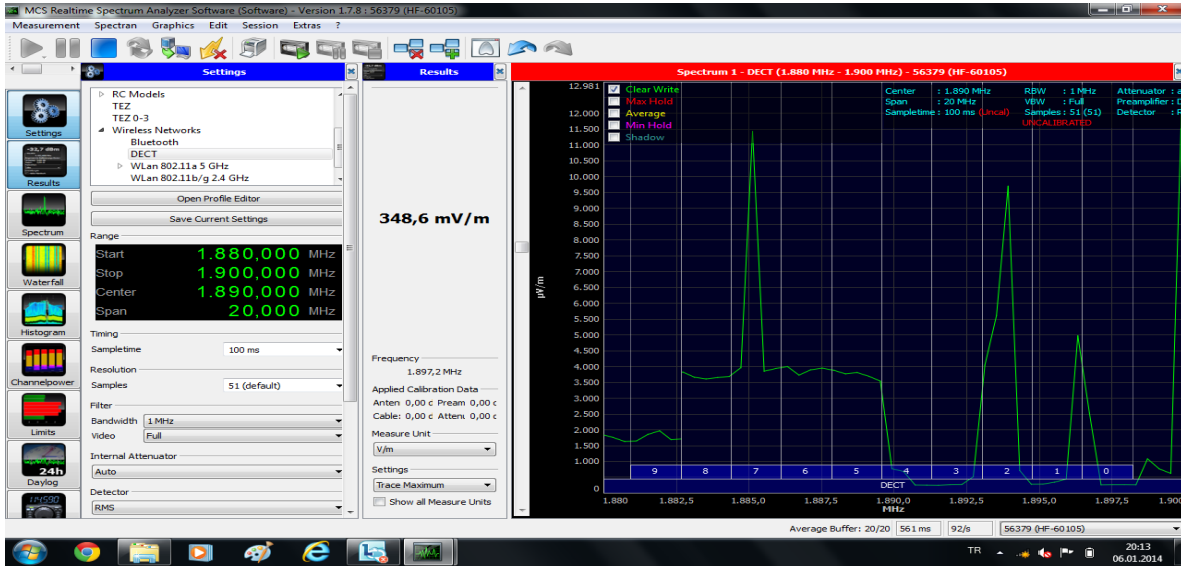


Resim 11. Telefonların Tarihsel Gelişimi

Hem telefondan hemde baz ünitesinin adaptor tarafından yüksek elektromanyetik alan yayılımı olur. Genellikle başucu, çalışma masası ya da mutfak gibi sürekli kullanılan yerlere konması nedeniyle insanları endişelendirmektedirler. Telsiz telefonlar kullanım esnasında sürekli olarak en yakın baz istasyonundan yüksek güçte radyasyon yayar. Telsiz telefon baz istasyonundan uzaklaştıkça birbiriyle ile iletişim kurmak için daha fazla radyasyon yayarlar. Ayrıca telsizler 24 saat sinyal olarak aktif olmaları nedeniyle daha fazla risk taşımaktadırlar.

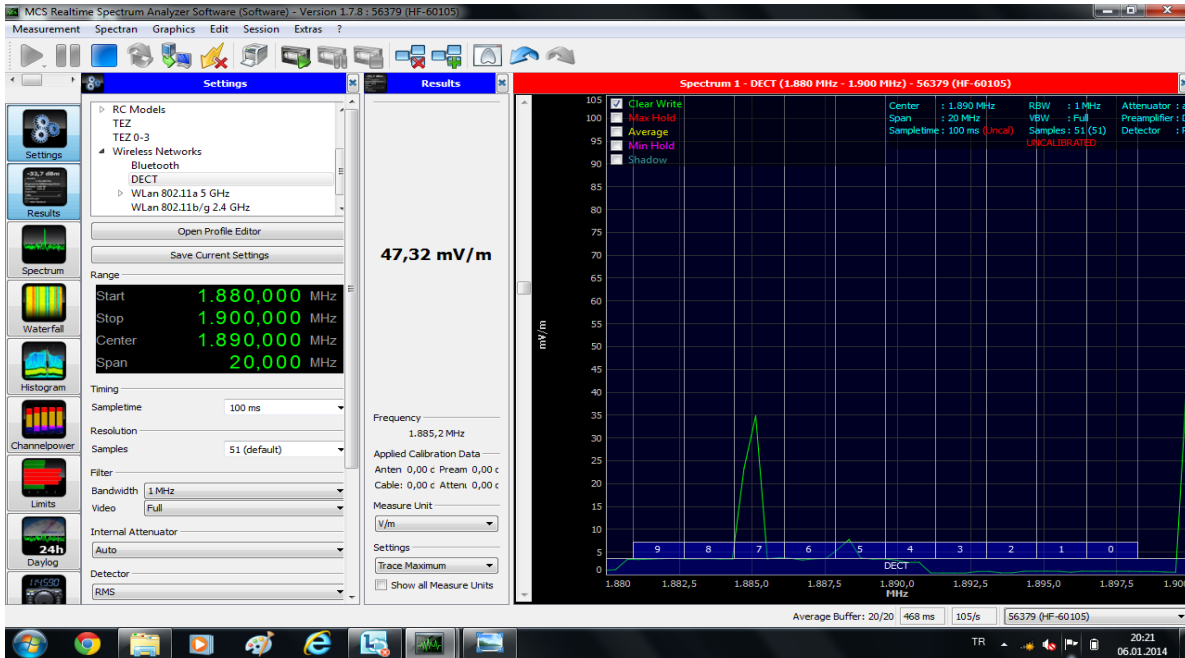
Telsiz telefonlarda yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

1. Telsiz telefondan 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



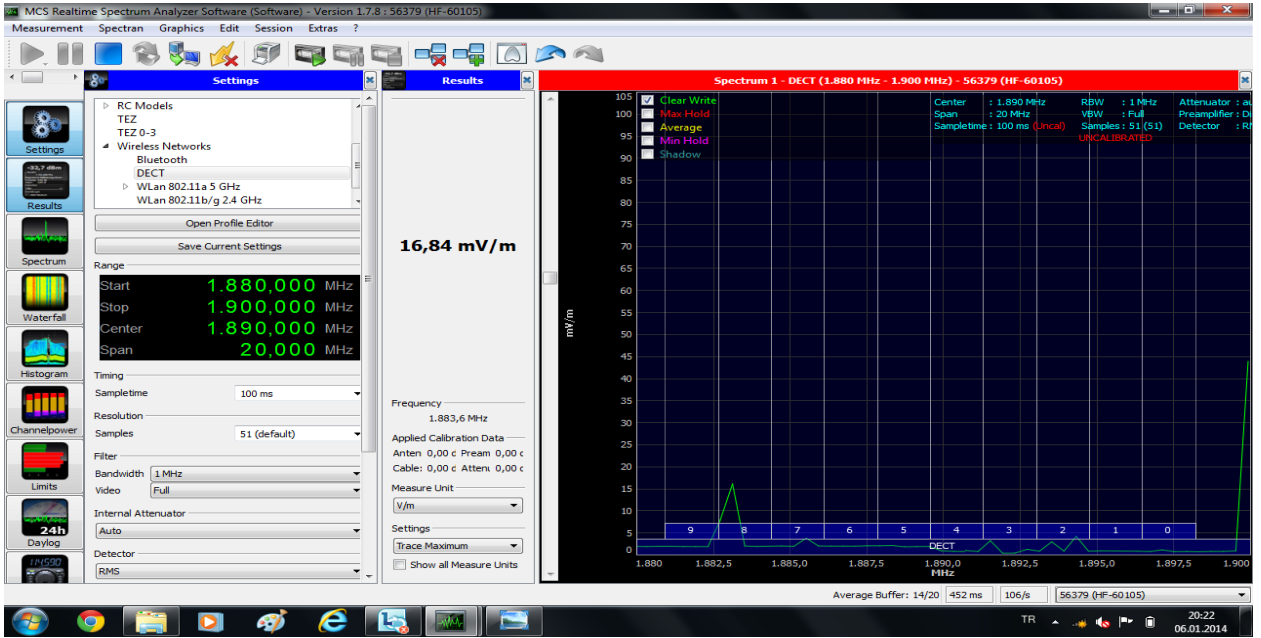
Resim 12. Telsiz telefondan 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

2. Telsiz telefondan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



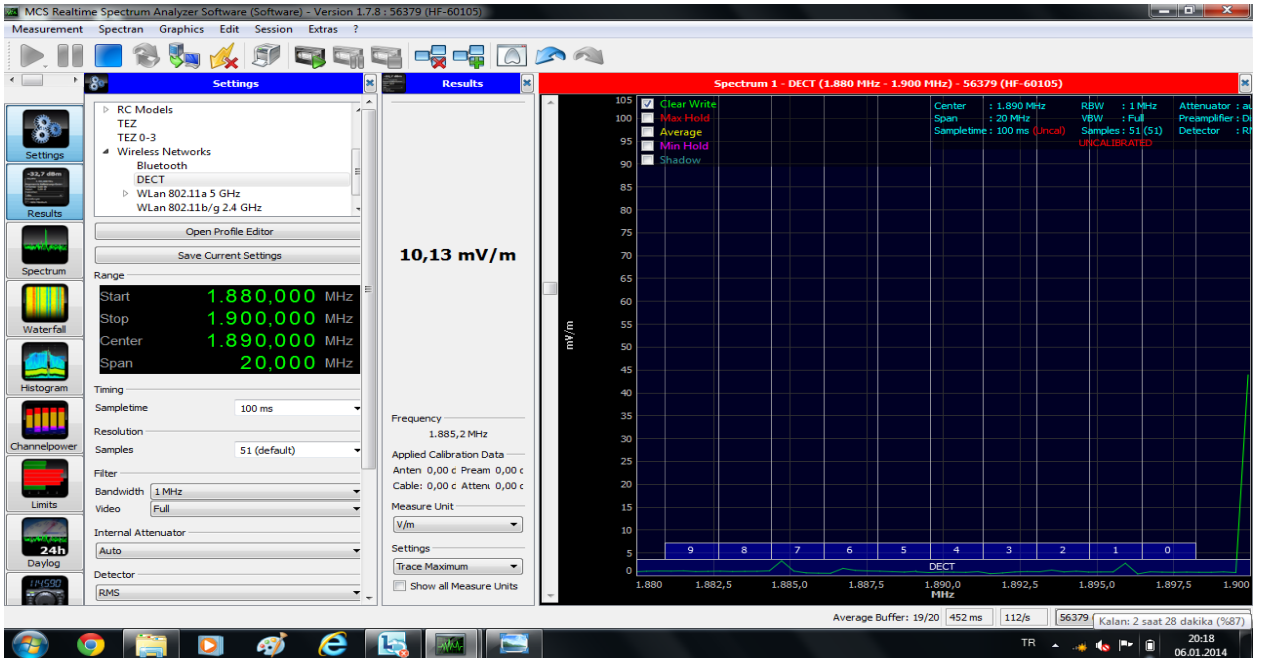
Resim 13. Telsiz telefondan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

3. Telsiz telefondan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



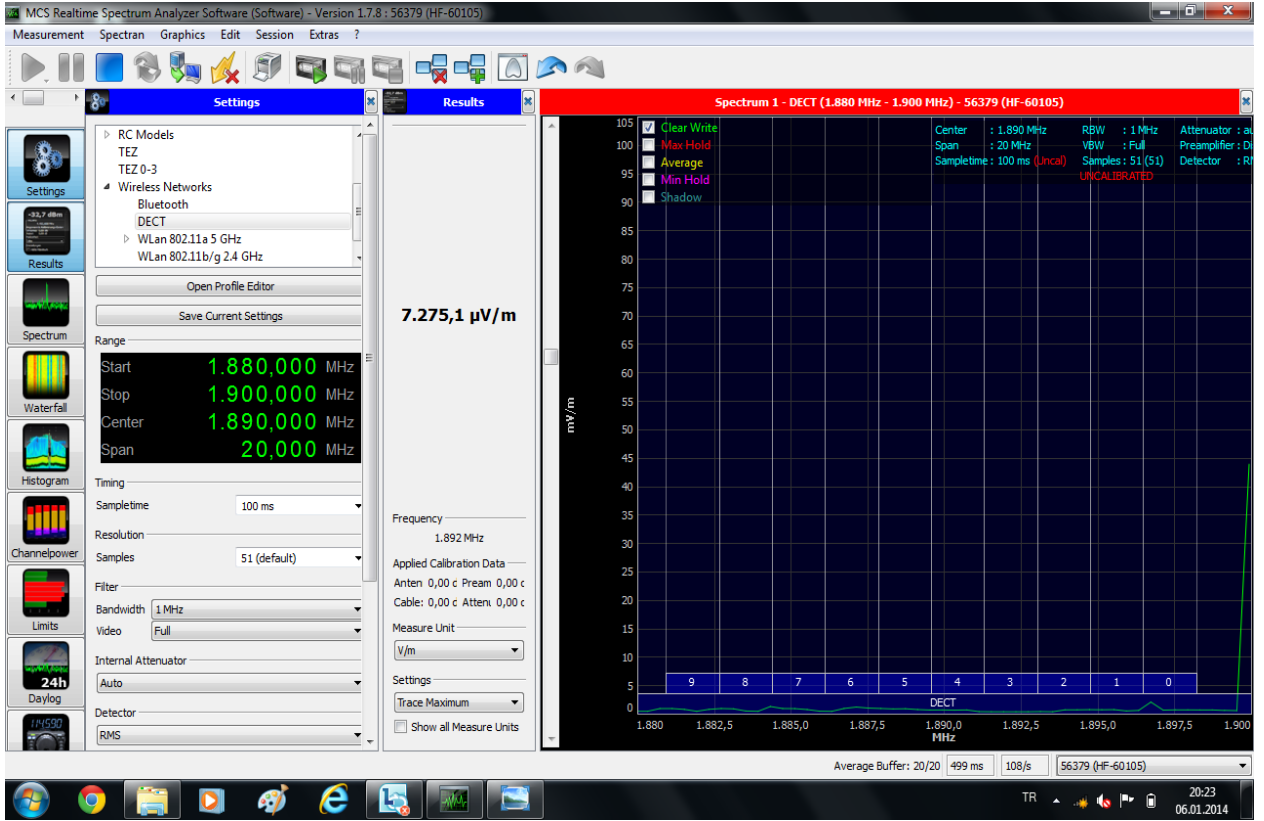
Resim 14. Telsiz telefondan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

4. Telsiz telefondan 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



Resim 15. Telsiz telefondan 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

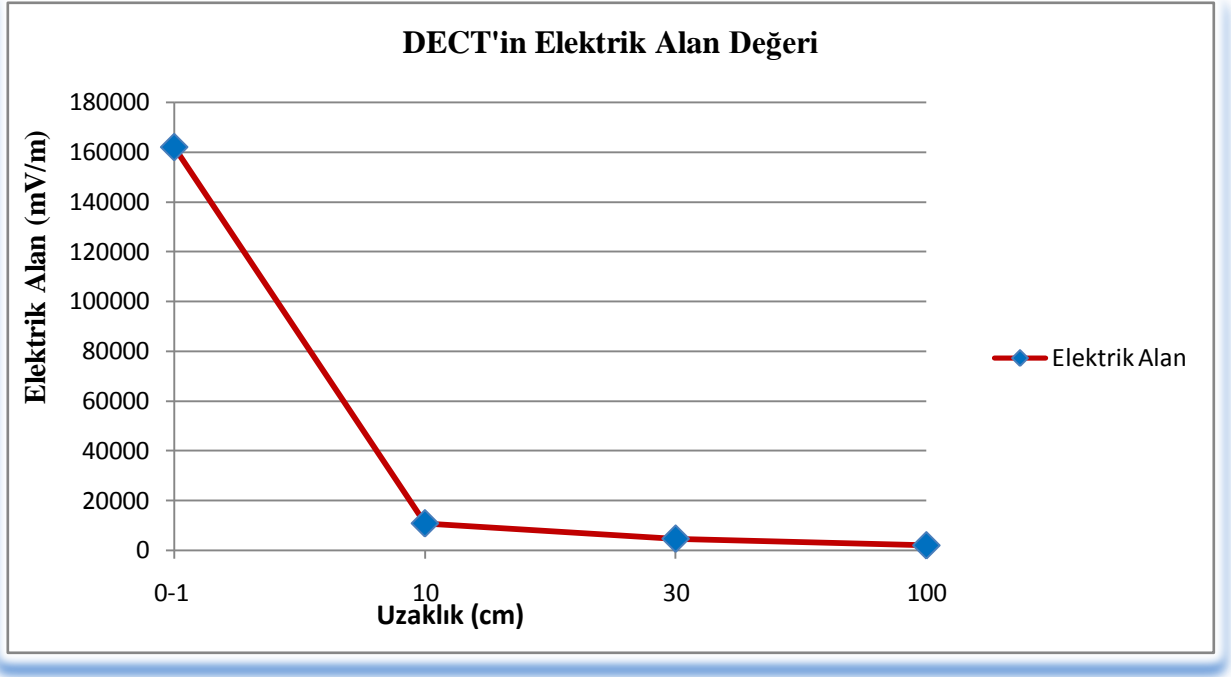
5. Telsiz telefon uyku modunda iken elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri



Resim 16. Telsiz telefon uyku modunda iken elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri

Tablo 19. Telsiz telefon ölçüm değerleri

Telsiz Telefona olana uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	348,6 mV/m
10 cm	47,32 mV/m
30 cm	16,84 mV/m
1 m	10,13 mV/m
Uyku modu	7,275 mV/m



Resim 17. Uzaklığa Bağlı Olarak DECT İçin Elektrik Alan Değişimi

Resim 18'de de görüldüğü üzere telsiz telefonların, ölüm yapılan mesafesi azaldıkça elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır. Telsiz telefonlar yerine kablolu telefonlar tercih edilmelidir. Telsiz telefon kullanılması zorunlu ise de telsiz telefonların şarj cihazları sürekli yaşam alanına uzak olmalıdır. Ayrıca telsiz telefonla yapılan görüşmeler maruziyetin azaltılması adına kısa tutulmalıdır. Uyku modu bulunan ve düşük elektromanyetik alan oluşturan telsiz telefonlar tercih edilmelidir.

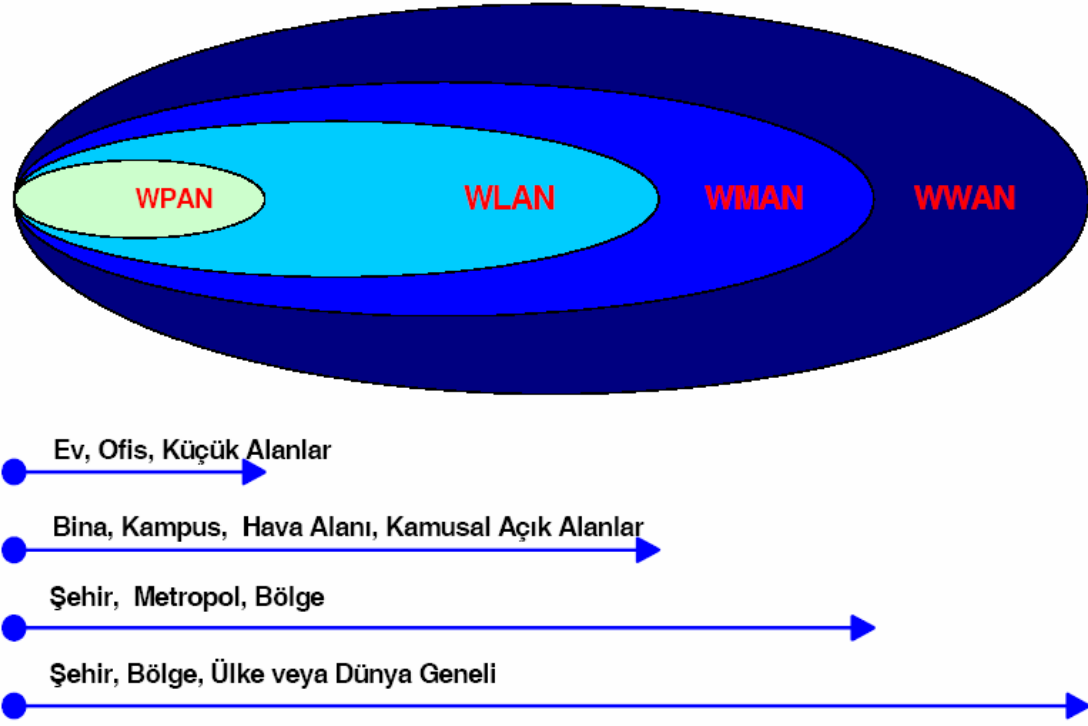
WLAN – Kablosuz İnternet Erişim Sistemleri

Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN, Wireless Local Area Networks), iki yönlü genişbant veri iletişimi sağlayan, iletim ortamı olarak fiber optik veya bakır kablo yerine telsiz frekansı (RF, Radio Frequency) veya kızılötesi ışınları kullanan ve salon, bina veya kampüs gibi sınırlı bir alanda çalışan iletişim ağlarıdır. Kurulum kolaylığı ve hareket serbestliği gibi önemli avantajlar sağlayan WLAN sistemleri kablolu ağların yerini alabilmekte hatta bu ağlara göre daha fazla fonksiyonlar içerebilmektedir. Kablosuz Yerel Alan Ağları Avrupa düzenlemelerinde Telsiz Yerel Alan Ağları, Radio Local Area Networks (Radio LAN) olarak adlandırılmasına karşın basta ABD olmak üzere birçok ülkede Wi-Fi, Wireless Local Area Networks, Wireless LAN, WLAN olarak adlandırılmaktadır. WLAN sistemleri iş adamları, yöneticiler, çalışanlar, küçük işletmeler, orta ölçekli işletmeler ve bireysel kullanıcılar gibi büyük bir kesime internet ve üyesi oldukları kurumsal ağa (intranet) mobil olarak bağlanma olanağı sağlamaktadır. Ayrıca, WLAN sistemleri kullanıcılara mekândan bağımsız olarak kolay bir kablosuz ağ kurulumu ve geniş bant veri iletimi imkânı sunmaktadır. Kablolu Local Area Networks'ların tüm özelliklerine sahip olan WLAN sistemleri bu ağların devamı ya da alternatifi olarak kullanılmaktadırlar. Kurumsal ve kişisel kullanımın dışında okullar, restoranlar, otobüs terminalleri, oteller, büyük alışveriş merkezleri, tren istasyonları, hava alanları, cadde ve sokaklar gibi kamuya açık alanlarda hotspotlar (erişim alanları) vasıtasıyla verilen kablosuz internet hizmetinin de hızla artmakta olduğu görülmektedir.



Resim 18. Kablosuz ağlar

Her ne kadar WLAN sistemleri neredeyse günlük yaşamımızın hayatsal bir bölümünü teşkil etse ve sağlığımız üzerinde menfi tesiri olduğuna dair açık bir delil bulunmasa da gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu durum, kendileri ve çocukları için güvenli olup olmadığı konusunda kesin bir kanaate sahip olmayan insanlar için gittikçe artan bir endişe kaynağı teşkil etmektedir (44).



Resim 19. Büyüklüklerine Göre Kablosuz Ağlar

Kablosuz iletişim ağları, büyüklüklerine yani hizmet verdikleri fiziksel alanlara göre Resim 20’de de görüldüğü gibi sınıflandırılabilir. Genel yaklaşıma göre kablosuz iletişim ağları, 4 sınıf altında toplanabilir.

Bunlar;

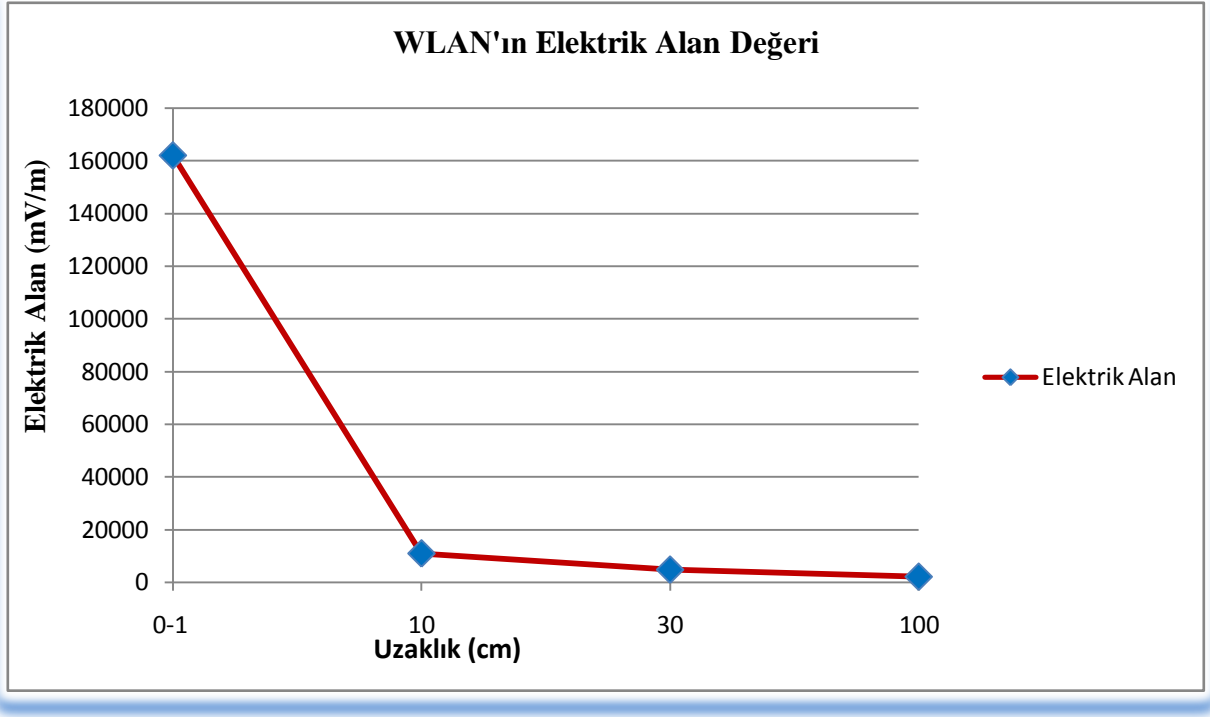
- Kablosuz Geniş Alan Ağları (Wireless Wide Area Networks, WWAN),
- Kablosuz Metropol Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN),
- Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks, WLAN)
- Kablosuz Kişisel Alan Ağları (Wireless Personal Area Networks, WPAN) olarak sıralanabilir.

WLAN sistemleri havada yayılan elektromanyetik dalgalarla bir noktadan başka bir noktaya fiziksel bağlantı olmaksızın bilgi iletişimini sağlar. Tipik bir kablosuz yerel ağ konfigürasyonunda, AP olarak isimlendirilen hem alıcı hem verici konumundaki cihaz kablolu ağa bağlanır ve kablolu ağ omurgası ile kablosuz cihazlar arasında veri alışverişi işlemini gerçekleştirir. Bir AP kullanılan ortama bağlı olarak dahili uygulamalarda 25-100 metre, harici kullanımda ise 200 metreye kadar yarıçaplı bir alanı kapsayabilir. WLAN sistemlerinde kullanılan yüksek frekanslı RF sinyali (2,4 GHz ve 5 GHz) temel özelliği nedeniyle katı cisimlere nüfuz edebilir ve geçebilir. Bu özellik görüş hattının sağlanamadığı bina içi kullanımlarda büyük bir avantaj yaratır. Ancak katı cisimler kullanılan maddeye (tahta, çelik, beton gibi) bağlı olarak sinyal zayıflamasına neden olurlar. Bu da sonuçta erişim mesafesini kısaltır. WLAN sistemlerinde genellikle 13560 kHz, 27120 kHz, 40,6 MHz, 915 MHz, 2450 MHz, 5800 MHz ve 24,125 GHz merkez frekanslarında faaliyet gösterirler (44).

Kablosuz internet erişim sistemlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Tablo 20'deki gibidir:

Tablo 20. Kablosuz internet erişim sistemlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

WLAN'a olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	12,30 V/m
10 cm	1,030 V/m
30 cm	425,5 mV/m
1 m	192,9 mV/m
Uyku modu	27,23 mV/m



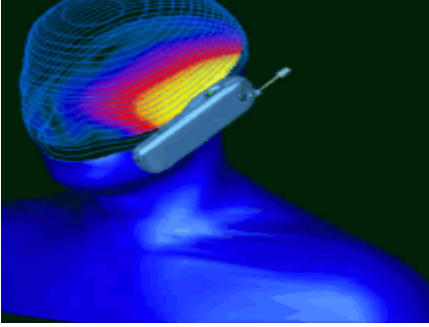
Resim 20. Uzaklığa bağlı olarak WLAN için elektrik alan değeri

Resim 21’de görüldüğü üzere mesafe azaldıkça kablosuz internetinin oluşturduğu elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır. Dolayısıyla kablosuz internet, yaşama alanı sınırlarından uzak bölgelere kurulmalıdır. İnternet kullanılmadığı takdirde kablosuz internet kapatılmalıdır. Mümkünse kablolu internet kullanılmalıdır.

Cep Telefonları

Günümüzde hayatın vazgeçilmez bir parçası olan cep telefonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada yaklaşık 5 milyar, Türkiye’de ise 65 milyonun üzerinde aktif cep telefonu vardır. Cep telefonları, radyofrekans (RF) sinyalleri ile baz istasyonları arasında bilgi alışverişini içeren geniş bir kablosuz ağa dyanmaktadır. Dünya çapında 1,4 milyonu aşkın baz istasyonu mevcut olup, bu sayı üçüncü nesil teknolojiye geçiş ile önemli ölçüde artış göstermektedir. Bu artış, gündelik hayatta giderek daha büyük bir öneme sahip olmaya başlayan

cep telefonlarının yaydığı RF dalgaların insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda insanları endişelendirmektedir.



Resim 21. Cep telefonu elektrik alan ilişkisi

GSM (Global System Mobile) gezgin haberleşme sistemidir. Türkiye' de yaklaşık 900 MHz frekansta 50 şer kanal ile servis veren iki şebekenin yanına 1800MHz'de üçüncü şebekeye almaktadır. Her kanal aynı anda sınırlı sayıda aboneye hizmet verebildiğinden, milyonlarca GSM abonesine hizmet vermenin tek yolu kapsama alanını küçük hücrelere bölmek ve aynı frekansları tekrarlı olarak kullanmaktır. Bu nedenle GSM sistemine hücreli sistem adı verilir.

Cep telefonları sistemi, radyo baz istasyonları şebekesine bağlı olarak çalışmaktadır. Bu istasyonların her biri, hücre denilen belli bir coğrafi alanı kaplar ve içine alır. Sürekli mesaj gönderip alan ana istasyonlar, sabit bir şebekeye kablo ya da radyo dalgaları ile bağlı bulunmaktadır. Sabit şebeke içinde trafiği yönlendiren ve kullandığı cep telefonunun şebeke içindeki yerini takip eden karşılıklı dalga alışverişiyle bu bağlantı kurulur. Abonenin cep telefonunu açmasıyla birlikte, en yakın istasyonla temas kurmak üzere telefon sinyaller vermeye başlar. Bu temas kurulduğunda cep telefonu bekleme moduna girer. Bu evrede sadece gerekli durumlarda ya da belli aralıklarda bilgi gönderir. Bundan sonra abone arama yapmayı isterse telefon antenleriyle istasyon arasında karşılıklı bir bağlantı kurulur ve arama belli bir frekanstaki radyo kanalına yönlendirilir. Böylelikle mesaj iletimi belli bir metod içinde gönderilen radyo dalgasının modüle edilmesiyle mümkün olur. GSM sistemlerinde mobil telefonlar ve baz istasyonları arasında karşılıklı iletişim olması gerektiği için baz istasyonu ve mobil telefon arasındaki uzaklık arttıkça iletişimin sağlanabilmesi için hem kulanın hem de mobil telefonların

çıkış güçlerinin arttırılması gerekir. İletişimin hücresel yapı kullanılmadan şehir dışına kurulan bir kule ile sağlanacağı bir yapıda kuleye yakın mesafede ve kuleye uzak olan telefonlarda çok yüksek elektromanyetik alan seviyeleri oluşur. Mobil telefonlar için 900 MHz’de en yüksek çıkış gücü 2W, 1800 MHz’de ise 1 W’tır.

900 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında Resim 23’te görüldüğü gibi yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:



Resim 22. 900 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçümü

Tablo 21. 900 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

Cep telefonuna olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	445.3 mV/m
10 cm	44.20 mV/m
30 cm	20,77 mV/m
1 m	6,151 mV/m
Asansör	2.828 V/m
Uyku modu	3,286 mV/m

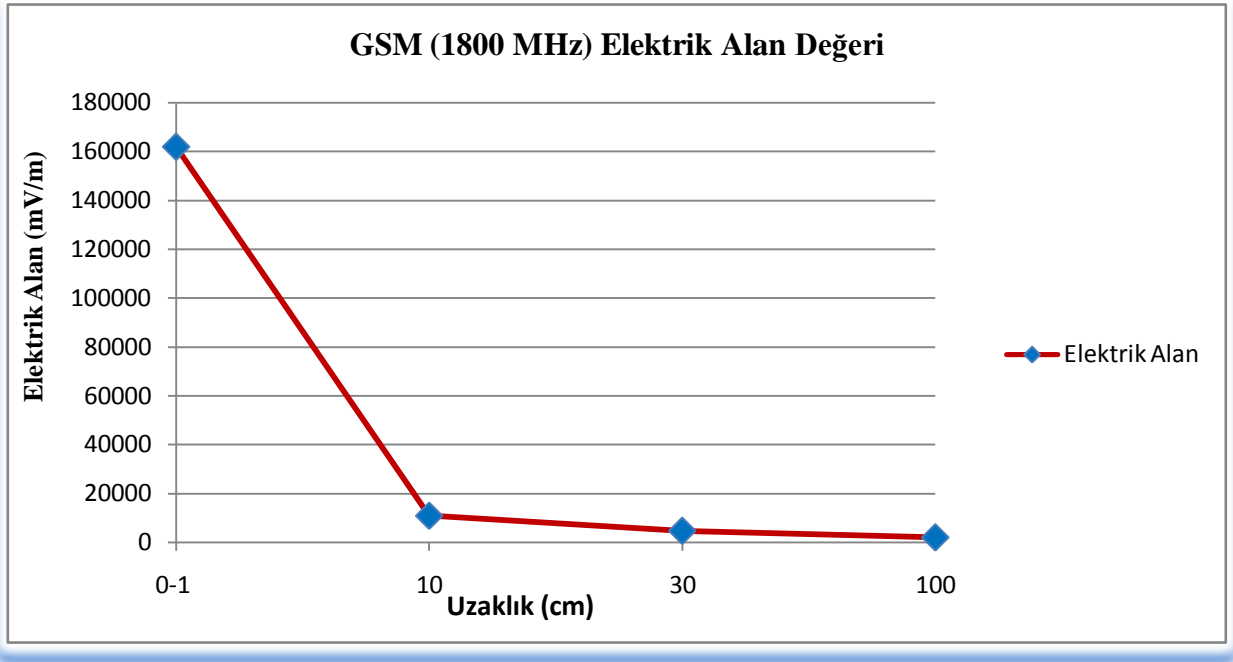


Resim 23. Uzaklığa bağlı olarak 900 MHz için elektrik alan değişimi

1800 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

Tablo 22. 1800 MHz 'de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

Cep telefonuna olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	239,5 mV/m
10 cm	25,40 mV/m
30 cm	10,80 mV/m
1 m	5,077 mV/m
Asansör	646,5 mV/m
Uyku modu	1,623 mV/m



Resim 24. Uzaklığa bağlı olarak 1800 MHz için elektrik alan değişimi

Resim 24 ve Resim 25 'te görüldüğü üzere mesafe azaldıkça cep telefonunun oluşturduğu elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır.

Cep telefonunun zararlı etkilerini azaltmak için;

- Cep telefonu kullanan kişiden birkaç metre uzakta durulmalıdır.

- Bağlantı sırasında en yüksek güçle çalışması nedeniyle numarayı tuşladıktan sonra bağlantı kurulurken telefon uzak tutulmalıdır.
- Araba, tren, asansör gibi çekim gücünün zayıf olduğu yerlerde sürekli yeni bir istasyonla bağlantı kurması gerektiği için emisyonu yine yükselmektedir. Bu tür alanlarda konuşma yapılmaması ya da az tutulması gerekmektedir. Tablo 21 ve Tablo 22’ de de görüldüğü üzere asansörde yapılan ölçümler diğer alanlarda yapılanlara göre oldukça yüksektir.
- Kapalı alanlarda pencereye yakın konuşulmalıdır.
- Telefonla konuşma modunda değilse kapalı tutulmaya çalışılmalıdır. Çünkü düzenli olarak cep telefonu baz istasyonlarıyla bağlantı kurmaya çalıştığı için elektromanyetik alan yaymaya devam eder.
- Hariç antenli modelleri tercih edilmelidir.
- Mümkün olduğu kadar cepte taşınmamalıdır. Ancak taşınması gerekiyorsa anteni dışa gelecek şekilde taşınması gerekir.
- En düşük SAR değerli cep telefonunu tercih edilmelidir.
- Cep telefonu ile konuşurken bluetooth ile çalışan kulaklık yerine kablolu kulaklık tercih edilmelidir.
- Cep telefonu ile çocuklardan uzak yerlerde konuşulmalıdır.
- Cep telefonlarının arama sırasında baştan ve vücuttan uzak tutulmasını sağlayan ‘hands free’ (eller serbest) özelliğinin aktif hale getirilmeli ve aramaların sayısı ve süresi azaltılmalıdır. Ayrıca hep aynı kulakla konuşulmamalıdır.

3G (3rd Generation)

3G iletişim teknolojisinde yeni bir sistemdir ve Avrupa’da UMTS olarak da bilinmektedir. Yaklaşık 1900 ile 2200 MHz frekans aralığında çalışmaktadır. Günümüzde artık cep telefonları sadece ses iletişimi için kullanılmamaktadır. Daha çok video oyunları, elektronik posta ile iletişim, internet araştırması, video konferansı, yüksek hızda veri transferi veya müzik indirme gibi aktiviteler için kullanılmaktadır. Ayrıca 3G, 384Kbits/s ‘den 2 Mbits/s ‘ye kadar yüksek veri aktarım hızına sahiptir. Global 3G ile kablosuz iletişim standartı olan IMT-2000, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği’nin 3G standartı ile uyumlaştırılmıştır (45).

GSM, mobil haberleşme sistemlerinin ikinci nesli (2G) olarak kabul edilen hücreli ve sayısal bir sistemdir. GSM, basit olarak devre anahtarlama santral ile sayısal ve analog veri bağlantısı hizmetleri sunan bir sistemdir. GSM' in 3G boyutundaki devamı olarak görülen UMTS'in çekirdek şebeke yapısı Devre Anahtarlama (CS - Circuit Switched) ve Paket Anahtarlama (PS - Packet Switched) olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Ses çağrıları devre anahtarlama şebeke tarafından, veri iletimi ise paket anahtarlama şebeke tarafından yönetilir (46). Günümüzde iletişim teknolojisinde internetin gelişimi ile kullanıcıların, gezgin şebekeler üzerinden veri haberleşmesine olan talepleri hızla artmaktadır. Buna karşılık mevcut gezgin şebekelere tahsis edilen spektrum ve veri sıkıştırma teknikleri istenilen talebi tatmin edici şekilde karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Özellikle görüntülü haberleşmenin gelecek haberleşme sistemlerinde önemli bir trafik kaynağı haline gelmesi kaçınılmazdır. Üçüncü nesil haberleşme şebekeleri yüksek hızda çoklu ortam ve ses iletimi amacıyla tasarlanmış olup ana hedefleri, yüksek kalitede ses ve görüntü ile küresel kapsamadır. Böylece kullanıcılar dünya üzerinde her yerde otomatik olarak bir telsiz sistem tarafından algılanarak kesintisiz ve kaliteli haberleşme imkânı bulabileceklerdir.

3G'li cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Tablo 23'teki gibidir:

Tablo 23. 3G'li cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

3G'li cep telefonuna olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	13,94 V/m
10 cm	1,564 V/m
30 cm	706,80 mV/m
1 m	282,1 mV/m
Kapalı	22,17 mV/m



Resim 25. Uzaklığa bağlı olarak 3G'li cep telefonu için elektrik alan değışımi

Resim 26'da görüldüğü gibi uzaklık azaldıkça maruziyet artmaktadır. Cep telefonu ile konuşulurken 3G kapalı tutulmalıdır. Ayrıca 3G kullanılmadığı sürece kapalı tutulmalıdır.

Mikrodalga Fırın

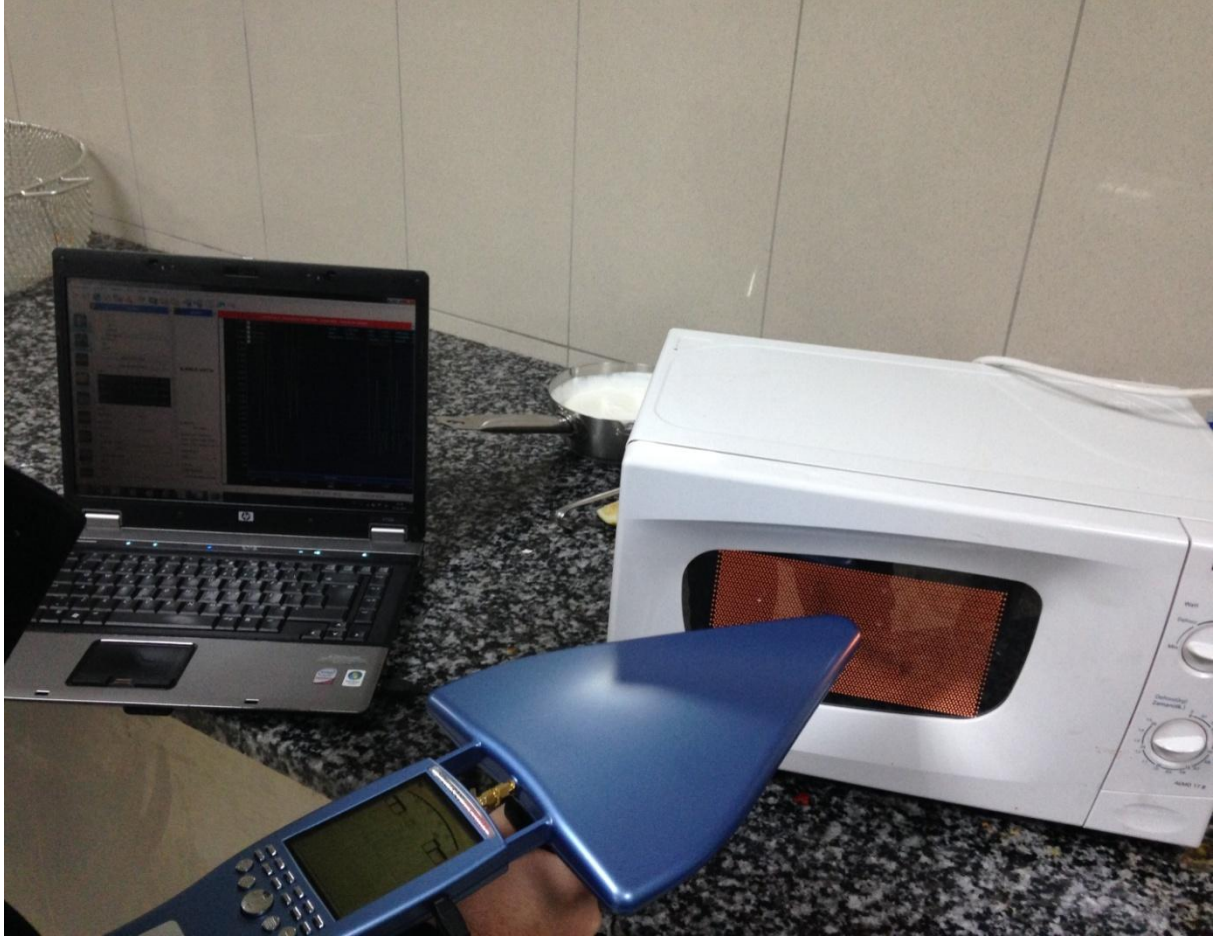
Mikrodalga fırın, Avrupa'da evlerde %90 oranda kullanıldığı gibi Türkiye'de gün geçtikçe büyüyen alıcı bir kitle tarafından keşfedilmektedir. İlk mikrodalga fırın, 1947 yılında 1,6 kW gücünde yapılmıştır. Mikrodalga fırınların çoğu 2.450 MHz'de çalışır ancak bazı ülkelerde 915 MHz'de de kullanılmaktadır. Genel olarak 500 -1100 W arasında değişen yüksek gücünden dolayı mikrodalga fırınlar, potansiyel olarak zararlıdır. Günümüzde mikrodalga fırınları uluslararası onaylı ürün standardında belirlenen şartları karşılamak için tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu standartlarda; 5 cm mesafede radyasyon kaçacağını, 50 W/m²'nin çok altında olacak şekilde, azaltmak ve kapısı açıldığında mikrodalga güç üretimine engel olmaktır. Ayrıca kapı açık olduğu zaman, mikrodalga gücü kapatan iki bağımsız emniyet şalterleri ile

yapılmaktadır. Kapı kenarlarında kapı tasarımı görünür ağır mekanik hasar oluştuğunda bile aşırı mikrodalga radyasyon sızıntısını önlemektedir.

Fırının içerisinde yer alan magnetron adı verilen bir tüp içinde mikrodalga üretilir. Mikrodalgalar yemeğin piştiği metal iç kısımda yansıtılır. Mikrodalgalar yemeğin içindeki su moleküllerini titreştirerek yemeği pişirir. Bu sebeple taze sebzeler gibi yüksek su içerikli besinler diğer besinlere göre çabuk pişer. Isı doğrudan gıda içerisinde oluşmasına rağmen yemekler dışardan başlayarak olarak ısınmaz. Kalın yemekler pişirildiklerinde öncelikle dış tabaka ısınır. Normal fırınlara göre çok daha kısa sürede ısıtır (47).

Mikrodalgalar ile ışınlanmada sıcaklık oluşumunun çok dengesiz bir şekilde olduğu görülmektedir. Bu durumda besinlerin bazı bölgeleri normalin üzerinde enerji absorbe ederek yüksek bir ısı derecesine ulaşmakta ve hatta bazı yerleri de yanmaktadır. Bu durum 'hot spots' olarak da isimlendirilmektedir. Bunu önlemek için mikrodalga fırınlarda jeneratörden çıkan ışınların fırın içerisinde dengeli bir şekilde dağıtılmasını sağlayan dalga karıştırıcısı veya dağıtıcısı bulunmaktadır (48).

Bütün mikrodalga fırınlarda kapağı açıldığında, acilen mikrodalga yaymayı kesecek bir sistem bulunmaktadır. Ancak çoğu zaman kapak etrafında kaçak oluşmaktadır.



Resim 26. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik ölçüm

Mikrodalga fırınlarda yapılan Resim 27’de de görüldüğü gibi elektromanyetik alan ölçüm sonuçları Tablo 24’teki gibidir:

Tablo 24. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları

Mikrodalga fırına olan uzaklık	Ölçülen Elektromanyetik Alan Değerleri
0-1 cm	162,0 V/m
10 cm	10,92 V/m
30 cm	4,754 V/m
1 m	2,070 V/m
Kapalı	8,548 mV/m



Resim 27. Uzaklığa bağlı olarak Mikrodalga Fırın için elektrik alan değeri

Resim 28’de görüldüğü üzere mesafe azaldıkça mikrodalga fırının oluşturduğu elektromanyetik alan şiddeti değerleri artmaktadır. Dolayısıyla;

- Mikrodalga fırın mümkünse kullanılmamalıdır.
- Mikrodalga fırının dış yüzeyi aşınmamış olmalıdır.
- Mikrodalga fırının kapağı tam olarak kapanmalı ve rahatça açılmalıdır.
- Mikrodalga fırının için temiz olmalıdır ve kapağın kenarlarında yanmış yemek ya da diğer maddeler bulunmamalıdır.
- Mikrodalga fırın çalıştığı zaman çocukların baş hizasında olmamalıdır 1.40 cm ‘in üzerinde olmalıdır. İnsanların en az geçtiği yere konmalıdır.
- Mikrodalga fırının bulunduğu yerin arka duvarı yatak odası olarak kullanılmamalıdır.
- Her yıl mikrodalga fırınların sızıntıları yetkili kişiler tarafından kontrol edilmelidir.
- Mikrodalga fırın çalıştırıldığında mümkünse mutfaktan çıkılmalıdır.

Ankara'da Bir Okulda Yapılan Elektromanyetik Alan Ölçüm Sonuçları

Ankara'da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, gündüz ve akşam elde edilen sonuçlar Tablo 25'te yer almaktadır.

Tablo 25. Ölçüm yapılan Okulun bölümlerinde elde edilen ölçüm sonuçları

	Ölçüm yapılan yer	Ölçüm sonucu	
		Gündüz	Akşam
1-	Bekleme Odası	159,6mV/m	13,75 mV/m
2-	Bahçe	384,3 mV/m	12,50 mV/m
3-	Elektrik Tesisat Odası	2,103 V/m	13,10 mV/m
4-	Müdür Yardımcısı Odası	61,63 V/m	455,7 mV/m
5-	Konferans Salonu	14,63 V/m	14,37 mV/m
6-	Kreş	329,1 mV/m	16,56 mV/m
7-	Kreş (Cep Telefonları Aktif İken)	11,66 V/m	15,24 mV/m
8-	Ana Sınıfı	615,0 mV/m	13,93 mV/m
9-	1.sınıf	72,65 mV/m	17,35 mV/m
10-	2. sınıf	35,01 mV/m	2,334 mV/m
11-	3. sınıf	16,23 mV/m	12,57 mV/m
12-	4. sınıf	57,99 mV/m	17,43 mV/m
13-	5. sınıf	33,66 mV/m	17,41 mV/m
14-	6. sınıf	193,7 mV/m	14,64 mV/m
15-	7.sınıf	79,70 mV/m	13,17 mV/m
16-	8. sınıf	173,9 mV/m	26,7 mV/m
17-	Tenefüste Öğretmenler Odası	17,31 V/m	49,75 mV/m
18-	Tenefüste Sınıf	18,19 V/m	53,33 mV/m
19-	Yemekhane	4,59 V/m	85,80 mV/m
20-	Müdür Odası	36,37 V/m	361,6 mV/m

TARTIŞMA

Günümüzde endüstrileşme ve teknolojinin gelişimi ile birlikte yerkürenin doğal elektromanyetik alanına hızla artan şekilde insanlar tarafından meydana gelen yapay elektromanyetik alanların eklenmesi ile insanlar geçmişe göre çok daha fazla elektromanyetik alana maruz kalmaktadır. Bu maruziyetin sebep olacağı sağlık etkilerinin ise uzun yıllar sonra ortaya çıkması beklenirken, olumsuz sağlık etkilerine ilişkin yapılan çalışmalar ve araştırmaların ortaya çıkardığı kanıtlar da gün geçtikçe artmaktadır. Diğer yandan sınır değerlerin altında olumsuz sağlık etkilerinin olmayacağını gösteren çalışmalar da karışıklığa neden olmaktadır. Ancak elektromanyetik alan maruziyetinin özellikle çocuklardaki kanser riskini arttırdığını ve yetişkinlerde de sağlık sorunlarına yol açabileceğini gösteren çalışmalar da her geçen gün artmaktadır.

Maalesef elektromanyetik alanlar beş duyu organı ile algılanamamakta olup, yapılan ölçümler eşliğinde maruziyet belirlenebilmektedir. Yapılan bu ölçümler ise her ülkenin kendi belirlediği insan sağlığına zarar vermeyeceği düşünülen sınır değerlere göre değerlendirilir. Bu durumda limit değerinin altında çıkan ölçüm sonuçlarının insan sağlığına zarar vermeyeceği kabul edilmektedir. Bu çalışmada da açıklandığı gibi sınır değerler vücut sıcaklığını yaklaşık 1°C arttıran elektromanyetik enerjinin zararlı ve 0,1°C artışın ise zararsız olduğu kabul edilerek belirlenmiştir. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere bu sadece ısı etkisini değerlendirmekte, biyolojik, kimyasal ve psikolojik gibi diğer etmenleri göz ardı etmektedir. Bu etkilere yönelik ise henüz bir düzenleme yapılmamıştır. Türkiye’ de Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, uluslararası kabul gören ICNRP standartlarının en üst seviyesine göre belirlediği limit

değerlerinin baz alındığı 21.04.2011 tarih ve 27312 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarında Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” i uygulamaktadır. Ancak İsveç, İtalya Avusturya gibi ülkeler bu sınır değerleri yüksek görerek çok daha düşük değerleri kendi ülkeleri için benimsemiştir.

Günümüzde sağlık bilimleri ve bu alanda kullanılan teknoloji hızla ilerlemekte, ayrıca bu teknolojinin kullanımı da hızla artmaktadır. Sağlık alanında kullanılan teknoloji hem hizmeti sağlayanları, hem de hizmetten yararlananları etkilemektedir. Elektromanyetik alanların (EMA), çalışanların sağlığı üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak, ilgili kişileri ve kurumları konudan haberdar etmek gerekir. Bir üniversite hastanesinin elektromanyetik alan haritasını çıkarmak ve hastanede elektromanyetik alan bulunan yerlerde çalışanların sağlık durumlarını belirlemek amacıyla 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi’nde gerçekleştirilen çalışma bu duruma örnek olarak gösterilebilir (4).

G.S. Şen tarafından ise helikopterlerde sistem içi girişim ve uyumluluğu belirlemek için “Modifikasyon Sonrası Sistem Seviyesi EMC Testleri” gerçekleştirilmiştir. Bu testlerin esas amacı, platforma yeni entegre edilecek sistemlerin kendi aralarında ve var olan sistemler ile uyumlu çalışması ve uçuş güvenliğini sağlama hususlarında kontrol edilmesidir. Bu amaçla; yeni entegre edilecek sistemlerden helikopter üzerindeki uçuş/güvenlik kritik sistemlere EMI kaynaklı herhangi bir tehdidin bulunmaması, helikopterde var olan sistemlerin, yeni entegre edilecek sistemlerin güvenliğini tehlikeye sokmaması gerekir (42).

Nihat Arslantaş’ın tez çalışması ile Ankara ili Çankaya ilçesi sınırları içerisindeki mevcut Hücresel Sistemler, Radyo-TV Vericileri ve diğer kaynaklardan yayılan EM Dalgaların, bu bölge içerisinde kalan sağlık kuruluşları ile okul öncesi, ilk ve ortaöğretim kurumlarında oluşturduğu EMA şiddeti değerleri belirlenmiştir (6).

Ankara ilinde radyo ve TV vericileri ile bazistasyonlarının bulunduğu bölgelerde 100 kHz - 3 GHz frekans bölgesinde çalışan EMR 300 cihazıyla ölçümleri ise Tolga İnce tarafından yapılmış ve Ankara ili üzerinde oluşan ortam hakkında bilgi sahibi olunulmuştur. Ölçümler sonucunda

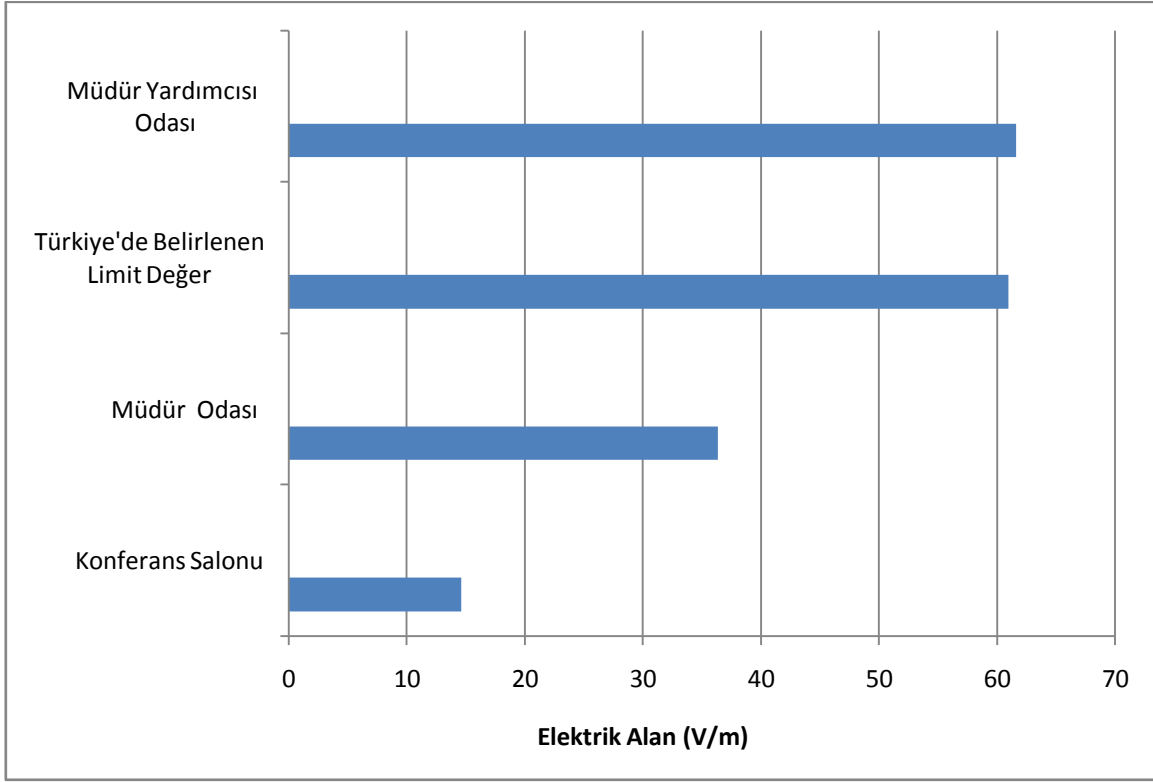
radio ve TV vericilerinin yoğun olarak bulunduğu b6lgelerde elektromanyetik alan değerleri normal yaşam alanlarında 6lç6len değerlerden y6ksek çıkmıştır. Fakat bu alanlarda yaşayan birçok kişinin olması, nasıl bir ortamda yaşadıkları bilgisine sahip olup olmadıkları sorusunu akla getirmektedir. Çevremizdeki elektromanyetik kirlilik hakkında bilgi sahibi olunmasına yardımcı olan bir program da teze eklenmiştir (5).

Elektromanyetik alan maruziyetinden doğan olumsuz sağlık etkilerini belirlemek ve bu etkinin doğrudan elektromanyetik alanlarla ilgili olduğunu s6ylemek çok g6t6r. Ancak, b6yle bir olumsuz etkinin varolabileceği gelecek kuşakları tehdit etmektedir. Geç olmadan 6nlem ilkesi doğrultusunda elektromanyetik alan maruziyeti konusunda korunma 6nlemleri acilen alınmalıdır.

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında yaygın olarak kullanılan cep telefonları, mikrodalga fırınlar, telsiz telefonlar ve kablosuz internete 1 cm, 10 cm, 30 cm ve 1 m olmak üzere farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değerleri tespit edilerek Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik alan şiddeti limit değerleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan ölçümler limit değerlerin altındadır, ancak mikrodalga fırınlarda 0-1 cm mesafede yapılan ölçümde elektromanyetik alan şiddeti 162 V/m çıkmıştır. Türkiye de 2000- 60000 MHz frekans aralığında belirlenen tek bir cihaz başına düşen limit değer 15 V/m’dir. Görüldüğü üzere mikrodalga fırından elde edilen ölçüm değeri limit değerlere kıyasla oldukça yüksektir.

Ankara’da bir okulda elektromanyetik alan şiddet değerlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, elde edilen sonuçlar itibariyle bu hassas bölgenin yönetmelikle belirlenen sınır değerlere uygunluğunu teyit etmiş durumdadır. Ancak Tablo 26’da olduğu gibi müdür yardımcısı odasında ölçülen 61, 63V/m, Türkiye’de ortam için belirlenen limit değerden daha yüksektir. Bunun nedeni, odada bulunan WLAN, DECT, Radyo, TV, 2 adet dizüstü bilgisayar, tablet, tasarruflu ampuller, 3G yayın yapan akıllı telefonlar, fotokopi makinası, hoparlör sistemi, alarm sistemi, kamera sistemi, masaüstü bilgisayar, fax makinaları, POS cihazları gibi elektromanyetik alan kaynaklarıdır. Ayrıca 21 öğretmen ve 38 ortaokul öğrencisinin katıldığı bir bilgilendirme toplantısı yapılmıştır.



Tablo 26. Bir Okulda Ölçüm Yapılan Bazı Yerlerin Türkiye’de Belirlenen Limit Değerler ile Kıyaslanması

Günümüzde elektromanyetik alan maruziyetine karşı alınabilecek önlemler iki durumda olur. Birincisi kişilerin ev ve ofislerinde kullandıkları cihazların oluşturduğu elektromanyetik alana karşı alınabilecek tedbirler, ikincisi ise kamusal alanlarda toplumun ortak yapacağı girişimler olarak sıralanabilir.

Elektromanyetik alandan korunmak için aşağıdaki tedbirler alınabilir:

- Ülkemizde kullanılan cihazların denetlenmesi gerekir. CE’si olmayan ürünlerin kullanılmaması gerekir.
- Özellikle nüfusu fazla olan yerlerde Radyo, TV kanalları ve mobil iletişim için bir güç sınırlaması getirilmelidir.
- Yüksek gerilim hatları yerleşim birimlerinin dışına yerleştirilmelidir. Güvenlik mesafesi 380 kV için en az 60 m, 154 kV için ise en az 40 m’dir.

- Elektromanyetik alanın sürekli olduğu bölgelerde çalışanların korunması için uygun giysiler, kişisel koruyucu donanımlar ve gerekli yalıtım sistemleri sağlandıktan sonra çalışma süreleri radyasyon alımının miktarına ve sürekliliğine göre belirlenmelidir.
- Elektrikli battaniye yatağa girdikten sonra kapatılmalıdır.
- Mümkünse elektrikli radyolu saatler, tele-sekreterler ve benzeri aletler yatak odasında bulundurulmamalıdır. Eğer kullanımı gerekli ise yataktan en az 1,5 m veya daha uzağa yerleştirilmelidir.
- Özellikle çocukların yatağının başucunun dayandığı duvarda evin elektrik hatlarının geçmemesine özen gösterilmelidir.
- Bilgisayar ekranlarından en az 30 cm uzaklıkta oturulmalıdır. Kullanılmadığı zamanlarda ise bilgisayarlar tutulmalıdır. Bilgisayarların arkası daha tehlikeli olduğu için bilgisayarların arkasına 1,5 m'den fazla yaklaşılmamalı ve konum olarak bilgisayarların arkası kullanılmayan bir alana yönlendirilmelidir.
- Saç kurutma makinesi, elektrikli traş makinesi, fritöz, kahve makinesi, başucu okuma lambası mümkün olduğu kadar az kullanılmasına özen gösterilmelidir.
- Televizyon en yakın 2m mesafeden izlenmelidir.
- Mikrodalga fırın çalışırken mümkün olduğunca uzakta durulmalıdır. Özellikle de çocukların mikrodalga fırına yaklaşması engellenmelidir.
- Cep telefonu ile konuşma süreleri kısa tutulmalıdır. Cep telefonunun en çok elektromanyetik alan oluşturduğu zaman telefonun çaldığı ve çevirilen numaranın bağlandığı andır. Dolayısıyla bu anlarda cep telefonu kulaktan uzak tutulmalıdır. Cep telefonu kullanımı esnasında kulaklık takılmalı ya da handsfree modunda konuşulmalıdır. Cep telefonu kullanım harici ya kapalı ya da eğer açıksa beyin ve göğüs hizasından uzak taşınmalıdır. Cep telefonu satılırken SAR değeri düşük olan makineler tercih edilmelidir. Hamileler acil durumlar dışında cep telefonu kullanmamalıdır. Cep telefonu araba, asansör gibi dar ve kapalı alanlarda veya bodrum gibi erişimin zayıf olduğu noktalarda görüşme yapılmamalıdır. Cep telefonu ile görüşmeler çocuklardan uzak yerlerde yapılmalıdır
- Kullanılmayan her türlü elektrik alet ya da cihazın fişleri çekilmelidir.
- Katot Işınlı Tüpü (CRT) yerine LCD monitör kullanılmalıdır.

- İş yerleri veya evde DECT telefonlar yerine standart kablolu telefon kullanılmalıdır.
- Televizyon kanallarının EMA'ların olası etkileri ve korunma yöntemleri hakkında bilgilendirici yayın yapmaları ve bu yayınlarda ebeveynlerin çocuklarının erken yaşta cep telefonu kullanmalarına izin vermemeleri yönünde teşvik edilmelidir. (42)
- Ev aletleri, cep telefonu, televizyon, bilgisayar ve diğer elektrikli cihaz üreticilerinin, üretim esnasında ICNRP limitlerini dikkate almalıdır (42).
- Elektrik akımından dolayı oluşan, indüklenen gerilimlerin ortaya çıkmasını engellemek için nesne topraklanmalıdır. Manyetik alan oluşturan her cihazın topraklı hatta çalıştığına dikkat edilmelidir.
- Yüksek değerde olan elektromanyetik alanlardan veya sözkonusu alan içinde mevcut bulunan özellikle metal cisimlerden uzak durulmalıdır.
- Düşük frekanslı elektromanyetik alanların etkisini azaltmak için metal perdeler (Faraday Kafesi) yerleştirilmeli ya da ekranlama yapılmalıdır.
- Günlük hayatta kullanılan elektrikli cihazlar ülkemizce kabul edilen standart değerlerini taşımaktadır.
- Açma-kapama düğmelerinden tam olarak kapatılan cihazlar elektromanyetik alan oluşturmaz, ancak fişleri takılı olduğu sürece elektrik alanı oluşturmaya devam edebilirler. Bu nedenle elektrikli cihazlar, açma kapama düğmesinden kapatılmalı veya fişinden çekilmelidir.
- Floresan lambalar, yüksek derecede elektromanyetik alan oluştururlar. Dolayısıyla mümkünse halojen ve floresan gibi ekonomik lambaları kullanmamaya özen gösterilmelidir

Günlük yaşamda bulunulan ortamlarda ister istemez çeşitli kaynaklardan dolayı elektromanyetik alan maruziyeti olmaktadır. Bu maruziyette önemli olan tek bir cihazdan kaynaklı maruziyet değil, ortamın toplam elektromanyetik değerinden kaynaklanan maruziyettir. Ortamın toplam maruziyeti birden fazla baz istasyonu, cep telefonu, kablosuz telefon, bluetooth, kablosuz internet, Wifi, radyo/TV vericileri, radarlar, mikrodalga fırın gibi radio frekans bandında çalışan elektromanyetik alan yayan sistemler etkisiyle artırılabilir. Türkiye bu konuda ICNRP'nin limit değerlerini kabul etmiştir. Ancak Türkiye'de tek bir cihaz başına düşen sınır değeri düşük olsa da ortamın toplam elektromanyetik limit değeri çoğu gelişmiş ülkeye göre çok yüksektir.

Ayrıca okul binaları içerisinde bulunan 100 kHz ile 3 GHz frekans bandında çalışan RF dalgalarını ortamda oluşturan cihazlar öğretmenler, öğrenciler ve diğer çalışanlar açısından olumsuz sağlık risklerine sebep olabilir. Özellikle çocuklar küçük vücut yapıları nedeniyle çevresel toksinlerden büyüklere göre daha çok etkilenirler. Bu durum ayrıca velileri de endişelendirmektedir. Okullarda bulunan WLAN, DECT, GSM, Radyo, TV, mikrodalga gibi RF frekans bandında çalışan cihazlar elektromanyetik alan kaynaklarıdır.

Tablo 27. Baz istasyonları için İtalya, İsviçre ve Türkiye’de uygulanan limit değerler

Ülke İsimleri	Elektrik Alan Sınır Değeri (V/m)
İtalya (Hassas Bölgeler)	6
İsviçre (Hassas Bölgeler)	5
Türkiye	41.25

İsviçre ve İtalya gibi bazı gelişmiş ülkelerde hastane, ev, kreş, oyun parkı ve okul gibi alanları hassas kullanım mekanları olarak tanımlanmıştır. Tablo 26’ da da görüldüğü gibi GSM frekanslı EMR için ayrıca özel limitler uygulamaktadırlar. Örneğin; İtalya ’da sokak ve caddeler gibi geçiş noktalarında 20V/m sınır değerini uygularken, hassas kullanım alanlarında ise 6 V/m limitini belirlemiştir. İsviçre’de ise tek bir GSM için 6 V/m, birden fazla GSM için ise daha da düşürülerek 5V/m sınırını uygulamaktadır. ELF frekanslı yüksek gerilim hatları ve trafolardan yayılan elektromanyetik sınır değerleri ise İsviçre’de 1 μ T olarak uygulanırken Türkiye’de 200 μ T olarak belirlenmiştir.

Türkiye’de de en azından okul, hastane, huzurevi gibi yerler hassas bölge olarak tanımlanmalı ve bu alanlarda kabul edilen limit değerler düşürülmelidir. Esas olarak, elektromanyetik alandan korunmanın yolu elektromanyetik alanın kaynağında yok edilmesidir. Ancak bu mümkün değil ise kaynağında sınırlanmalı ya da kaynaktan olabildiğince uzak durulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Sema Palamutcu, Nermin Dağ. Fonksiyonel Tekstiller I: Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009;3(1):87-101
2. Prof. Dr. İnan Güler, Tamer Çetin, A.Rıza Özdemir, Nedim Uçar. Türkiye Elektromanyetik Alan Maruziyet Raporu. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu;2010-12.
3. Elektromanyetik Dalgalar ve İnsan Sağlığı Sıkça Sorulan Sorular ve Yanıtları. 2001.<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/sandik/gsm.pdf>
4. Ercan Yaman. Hastane Ortamında Elektromanyetik Alan Etkilerinin Ölçüm Yoluyla Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi; 2011.
5. Tolga İnce. Elektromanyetik Kirlilik. Ankara: Gazi Üniversitesi; 2007.
6. Nihat Arslantaş. Elektromanyetik Alan (EA) Şiddetinin Okul ve Sağlık Kuruluşları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Ankara: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu; 2012.
7. Kemal Balıkçı. Elektromanyetik Dalgaların İnsan Sağlığına Etkilerinin Araştırılmasına Yönelik Yapılan Deneylede Kullanılacak Düzenekler İçin Gereksinimler ve Hazırlama Aşamaları. Elazığ: Fırat Üniversitesi; 2004.
8. O. Grunner. Intermittent electromagnetic fields and their effect on awareness and headache. Fysiater Revmatol Vestn; 1980;
9. WHO. Electromagnetic Fields 300Hz – 300 GHz, Environmental Health. Criteria WHO 1993; 137.
10. Clinical and Consumer Radiation Hazards, Radiation Protection. 2012. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/clini/ultraso/indexeng>
11. Elektromanyetik Alanların Etkileri. http://www.emo.org.tr/ekler/99bb08f940d7461_ek.pdf
12. Sevinç Düzgün. Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Zararlı Etkileri. Adana: Çukurova Üniversitesi; 2009.
13. E.P. Washburn, M.J. Orza, J.A. Berlin, W.J. Nicholson, A.C. Todd, H.Frumkin, T.C.Chalmers. Residential proximity to electricity transmission and distribution equipment and risk of childhood leukemia, childhood lymphoma, and childhood nervous

- system tumors: systematic review, evaluation, and meta-analysis. *Cancer Causes Control*; 1994: 299-309.
14. Health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. National Institutes of Environmental Health Sciences(NIEHS) 1998.
 15. Electrical and magnetic fields- Swedish practice in relation to Maastricht precautionary principle-Guidance for national authorities and desicion-makers. National Electrical Safety Board 1996.
 16. S. Prata. *Understanding and Controlling Electromagnetic Fields in Your Life*. Waite Group 1993.
 17. R.J. Reiter. Static and extremely low frequency electromagnetic field exposure: reported effects on the circadian production of melatonin. *J Cell Biochem* 1993: 394-403.
 18. G. Franco, R. Perduri, A. Murolo. Health effects of occupational exposure to static magnetic fields used in magnetic resonance imaging. *A Review* 2008: 16-28.
 19. L. Kheifets, A. Ahlbom, C. Johansen, M. Feychting, J. Sahl, D. Savitz. Extremely Low-Frequency Magnetic Fields and Hearth Disease. *Scand J Work Environ Health* 2007: 5-12.
 20. S. Nordström, E. Birke, L. Gustavsson. Reproductive Hazards Among Workers at High Voltage Substations. *Bioelectromagnetics* 1983: 91-101.
 21. D. Elhasoğlu. *Elektromanyetik Kirliliğin Zararlı Etkileri*. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü;2006: 7-11.
 22. A. Frey. *On the Nature of Elektromagnetic Field Interactions with Biological Systems*. Medical Intelligence Unit 1994: 32.
 23. A.L. Frank, N. Slesin. *Nonionising Radiation, Maxcy-Rosenau-Last, Public Health and Preventive Medicine*. Wallace 1998: 526-535.
 24. D.K. Li, R. Odouli, S. Wi, T. Janevic, I. Golditch, T.D. Bracken, R. Senior, R. Rankin, R. Iriye. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology* 2002: 9-20.
 25. G.C. Windham, A.M. Osorio. *Female Reproductive Toxicology, Current Occupational and Environmental Medicine*. Lange Medical Boks/McGraw-Hill 2004:397-413.
 26. WHO. *Electromagnetic fields and public health, exposure to extremely low frequency electromagnetic fields* 2007: 332.

27. S. Ivancsits, A. Pilger. Cell type-specific genotoxic effects of intermittent extremely low-frequency electromagnetic fields. *Mut Res* 2005: 184-188.
28. Fi. Wolf, A. Torsello. 50 Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: possible involvement of a redox mechanism. *Biochim Biophys Acta* 2005: 120-129.
29. E. Sobel, Z. Davanipour, R. Sulkava, T. Erkinjuntti, J. Wikstrom, V.W. Henderson, G. Buckwalter, J.D. Bowman, P.J. Lee. Occupations with exposure to electromagnetic fields: a possible risk factor for Alzheimer's disease. *Neurology* 1996; 47: 1477-1481.
30. N. Hakansson, Gustavsson. Neurodegenerative disease in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields. *Occupational Environment Medicine* 2003;59: 481-486.
31. C. Qui, L. Fratiglioni. Occupational exposure to electromagnetic fields and risk of Alzheimer's disease. *Epidemiol* 2004: 687-694.
32. E. Wijngaarden, D. Savitz. Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study. *Occup Environ* 2000; 57: 258-263.
33. J. Podd, J. Abbott. Brief exposure to a 50 Hz, 100 mT magnetic field: Effects on reaction time, accuracy, and recognition memory. *Bioelectromagnetic* 2002; 23: 189-195.
34. I. Macca, M.L. Scapellato, M. Perini, A. Virgilli, B. Saia, G.B. Bartolucci. Occupational exposure to electromagnetic fields in physiotherapy departments. *G Ital Med Lav Ergon* 2002: 444- 446.
35. H. Lai, N.P. Singh. Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect* 2004: 687-694.
36. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik. R.G.:27912, Tarih:21.04.2011.
37. Çevre ve Orman Bakanlığı. İyonlaştırıcı olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Tedbirlere İlişkin Yönetmelik. R.G.:27651, Tarih:24.07.2010
38. WHO. Report on EMF Activities 9th International Advisory Committee Meeting on EMF 2012.

39. ACMA. 2012. http://www.acma.gov.au/WEB/STANDARD/pc=PC_1786
40. National Institute for Public Health and the Environment. 2012. http://ec.europa.eu/health/electromagnetic_fields/docs/emf_comparison_policies_en.pdf
41. Nedim Uçar. Avrupa Ülkelerinde Elektromanyetik Alanlarla İlgili Mevzuatlar ve Uygulamalar Raporu. Ankara: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu; 2009.
42. Gül Seyhan Şen. Elektromanyetik Uyumluluk ve Döner Kanatlı Hava Araçları Üzerinde EMC Testleri. Ankara: Gazi Üniversitesi; 2012.
43. Spectran HF 60105. <http://www.spectran.com/>
44. Dr. Hasan Yılmaz. Kablosuz Yerel Ağlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alanın, İşitme Üzerine Etkilerinin Araştırılması. İstanbul: Ok Meydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi; 2007.
45. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf>
46. John Wiley & Sons. Next Generation Mobile Systems 3G and Beyond. ETOH Minoru 2005.
47. U.S. Food and Drug Administration. <http://www.fda.gov/radiation-emittingproducts/resourcesforyourradiationemittingproducts/ucm252762.html>
48. Ulvi Reha Fidancı, Hatice Ayhan. Mikrodalga Fırınlar. Ankara: Ankara Üniversitesi; 1993.

RESİMLERİN LİSTESİ

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Pozitif Q Yükünün Oluşturduğu Elektrik Alan.....	4
Resim 2. Elektrik Alan Çizgileri.....	4
Resim 3. Manyetik Alan Çizgileri	5
Resim 4. Elektrik Alan – Manyetik Alan Bilgisayar İlişkisi	7
Resim 5. Alfa, Beta ve Gama Işınları	8
Resim 6. Elektromanyetik alan yayılımı	8
Resim 7. Elektromanyetik spektrumu	9
Resim 9. ICNRP limit değerleri.....	33
Resim 10. Bir insan modelinin 1 μ T manyetik akı yoğunluğu ile önden arkaya doğru ışınlanması dolayısıyla vücut icinde induklenen elektrik alanı ve elektrik akım yoğunluğu dağılımı	64
Resim 11. Spectran HF 60105.....	66
Resim 12. Telefonların Tarihsel Gelişimi	68
Resim 13. Telsiz telefondan 0-1 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri	69
Resim 14. Telsiz telefondan 10 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri	69
Resim 15. Telsiz telefondan 30 cm uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri	70
Resim 16. Telsiz telefondan 1 m uzaklıkta elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri.....	70
Resim 17. Telsiz telefon uyku modunda iken elde edilen elektromanyetik alan ölçümü değeri.....	71
Resim 18. Uzaklığa Bağlı Olarak DECT İçin Elektrik Alan Değişimi	72
Resim 19. Kablosuz ağlar.....	74
Resim 20. Büyüklüklerine Göre Kablosuz Ağlar	75
Resim 21. Uzaklığa bağlı olarak WLAN için elektrik alan değişimi.....	77
Resim 22. Cep telefonu elektrik alan ilişkisi.....	78
Resim 23. 900 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçümü.....	79
Resim 24. Uzaklığa bağlı olarak 900 MHz için elektrik alan değişimi	80
Resim 25. Uzaklığa bağlı olarak 1800 MHz için elektrik alan değişimi.....	81
Resim 26. Uzaklığa bağlı olarak 3G’li cep telefonu için elektrik alan değişimi.....	84
Resim 27. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik ölçüm	86
Resim 28. Uzaklığa bağlı olarak Mikrodalga Fırın için elektrik alan değişimi	87

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Elektrik Alan ile Manyetik alanın karşılaştırılması.....	6
Tablo 2. Bazı elektrikli ev aletlerinin oluşturdukları elektrik alan şiddetleri	18
Tablo 3. Hücresel Sistem Çıkış Güçleri	19
Tablo 4. Radyo ve TV verici antenlerinin çıkış güçleri	21
Tablo 5. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların elektrik alan değerleri.....	22
Tablo 6. Çevremizdeki elektromanyetik kaynakların manyetik alan değerleri	23
Tablo 7. EM dalgaların vücut dokularındaki direnci	31
Tablo 8. Değişik tip derilerin gösterdikleri dirençler	31
Tablo 9. Sürekli maruziyet durumunda işyerleri için türetilmiş sınır değerler	34
Tablo 10. Sürekli Maruziyet Durumunda Genel Halk için türetilmiş sınır değerler	34
Tablo 11. Bazı ülkelerin GSM için kabul ettiği sınır değerler.....	36
Tablo 12. Kontrolsüz etkilenme için sınır değerler	38
Tablo 13. Türkiye’de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler	39
Tablo 14. Bazı frekanslar için hazırlanmış limit değerler	40
Tablo 15. Türkiye’de geçerli elektromanyetik radyasyon sınır değerleri	41
Tablo 16. Elektromanyetik radyasyon için İsviçre’de uygulanan ihtiyati limit değerler	42
Tablo 17. Baz istasyonları için İtalya, İsviçre ve Türkiye’de uygulanan limit değerler	63
Tablo 18. Telefonların frekans değerleri ve uyku modları.....	67
Tablo 19. Telsiz telefon ölçüm değerleri.....	71
Tablo 20. Kablosuz internet erişim sistemlerinde yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları.....	76
Tablo 21. 900 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları	80
Tablo 22. 1800 MHz ‘de çalışan cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları	81
Tablo 23. 3G’li cep telefonlarında yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları	83
Tablo 24. Mikrodalga fırınlarda yapılan elektromanyetik alan ölçüm sonuçları.....	86
Tablo 25. Ölçüm yapılan Okulun bölümlerinde elde edilen ölçüm sonuçları	88
Tablo 26. Bir Okulda Ölçüm Yapılan Bazı Yerlerin Türkiye’de Belirlenen Limit Değerler ile Kıyaslanması	93
Tablo 27. Baz istasyonları için İtalya, İsviçre ve Türkiye’de uygulanan limit değerler	96

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad- Soyad: Nihan Merve SARIKAHYA

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara, 04.01.1988

Medeni Durum: Evli

Adres: Yaşamkent Mah. Gezgin 2 Sitesi Sitesi B Blok No:39 Çayyolu/Ankara

Telefon: 05548170530

E-mail: nmakgul@csgb.gov.tr

Eğitim Bilgileri

Lise: 2002-2006 Ankara Atatürk Lisesi

Lisans: 2006 -2010 Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği

Yüksek Lisans: 2010 – Halen Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği

Yabancı Dil

İngilizce KPDS:92

İş Deneyimi

2010- Halen: ÇSGB İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü