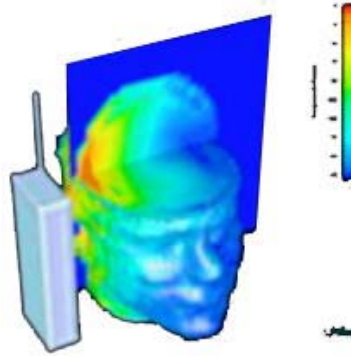




Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği
Haberleşme Ana Bilim Dalı Antenler ve Mikrodalga Tekniği

ELEKTROMANYETİK



KİRLİLİK

Aytuğ BOYACI	99220058
Gökay BAYRAK	99220042
Zekeriya DÖNMEZ	99220025

İÇİNDEKİLER

# Sunuş	2
# EM Kirlilik Nedir? Kirliliği Oluşturan EM Alanları Neler Yaratır?	2
# Tanımlar	3
# Anten Nedir?	3
# Yönsüz Anten ve Yönlü Anten Nedir?	3
# Anten Kazancı ve Anten Etkin Çıkış Gücü Nedir?	4
# Radyo Frekans (RF) Bandı Nedir? Mikrodalga Frekans Bandı Nedir?	4
# Radyasyon (Işıma) Nedir?	5
# İyonlaştırıcı Radyasyon Nedir? İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyon Nedir?	5
# Baz İstasyonlarının Neden Olduğu Toplam Elektromanyetik Enerji Sabit Bir Değerde midir? Zamana Göre Farklılık Gösterir mi?	5
# Elektromanyetik Dalgalar Binaların İçine Girebilir Mi? Binaların Herhangi Bir Zayıflatıcı Etkisi Var mıdır?	5
# Günlük Yaşamımızda Kullandığımız Cihazlar Elektromanyetik Enerji Yayar mı?	5
# EM Kirlilik ve Tanımlar	6
# EM Girişim Ortamı	6
# EMC Probleminin Unsurları	7
# EMC, Elektromanyetik Uyumluluk	8
# EM Alanların Günlük Hayatımızdaki Etkileri	10
# Elektromanyetik Girişim (EMI).	11
# EMC-BEM İle İlgili Kuruluşlar Ve Standartlar	12
# Bu Konuda Türkiye’de Oluşmuş Standartlar Var mıdır?	14
# Belirlenmiş Sınır Değerler Mevcut mudur?	14
# Sar Nedir?	15
# Sar Değerleri Nasıl Hesaplanır?	16
# Baz İstasyonları Ve Cep Telefonlarının Kabul Edilebilir Üst Sınırları Nelerdir?	17
# Cep Telefonları Sar Değerleri	18
# Epidemiyoloji Nedir ?	21
# EMC Hakkındaki Epidemiyolojik Çalışmalar Nelerdir?	21
# EM Radyasyonun Canlılar Üzerindeki Kanıtlanmış Etkileri Nelerdir?	21
# EM Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Diğer Olumsuz Etkileri Nelerdir?	23
# Cep Telefonlarıyla Diğer EM Alan Üreten Araçların Sağlık Açısından Karşılaştırılması	24
# Em Kirlilik İle İlgili Güncel Sorular	25
# Radyo-TV Vericileri Ve Baz İstasyonları’nın Çevreye Etkileri	26
# EM Radyasyondan Korunmak İçin Pratik Öneriler	27
# EM Kirlilik Sorununun Ülkemizdeki Yansımaları Nelerdir?	28
# Sonuç	29
# İnternet Adresleri	30

ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK VE ELEKTROMANYETİK DUYARLILIK

1. SUNUŞ:

Elektromanyetik dalgalar, birçok doğal ve insan yapımı kaynaklar tarafından yayılmakta ve hayatımızda önemli bir rol oynamaktadır. Radyo Frekans (RF) bölgesinde yer alan elektromanyetik dalgalar iletişimde, radyo ve televizyon yayınlarında kullanılmaktadır. Teknolojideki gelişmelerin bir sonucu olarak da elektromanyetik dalgaların kullanımı her geçen gün artmakta ve bundan dolayı günlük yaşantıda doğada bulunanın çok üstündeki seviyelerde elektromanyetik dalgalara maruz kalınmaktadır. Son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan cep telefonları ve uzantısında baz istasyonlarına ilişkin soru işaretleri kamuoyu gündeminin ön sıralarına yerleşmiştir.

Bu gelişmelerin sonucunda elektromanyetik dalgaların insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkileri konusunda kamuoyunun duyarlılığı artmıştır. Bu duyarlılık doğal olarak bir bilgilendirme gereksinimi doğurmuş, ancak ülkemizde ne yazık ki sıkça rastlandığı gibi, kamuoyu “yeterliliği” ve “doğruluğu” tartışılır bilgilendirme girişimleriyle karşı karşıya kalmıştır.

Bu yaklaşımın ürünü olan elinizdeki doküman mobil haberleşme sistemleri, elektromanyetik dalgalar ve bunların insan sağlığı üzerindeki etkileri ve elektromanyetik dalgalara maruz kalınma yönünde oluşturulmuş standartlar hakkında sıkça sorulan bazı soruları cevaplamak amacıyla hazırlanmıştır.

2. EM Kirlilik nedir? Kirliliği oluşturan EM alanları neler yaratır?

EM alanları etrafımızdaki tüm akım taşıyan kablolar, elektrikli aletler, Yüksek Gerilim Hatları (YGH), TV ve bilgisayarlar, FM ve TV vericileri, mikrodalga fırınlar, mobil telefonlar, uydu antenleri ve verici antenler, yaratır. Evlerimizde kullandığımız çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolapları, mikrodalga fırınlar, saç kurutma makinesi, elektrikli traş makinesi, elektrikli ısıtıcılar vs her birinin etrafında EM alan vardır. Güneş ışığı da bir EM dalgadır / enerjidir ve bu dalga saniyede 10^{12} defa titreşim (10^{12} Hz) yapar. Mikrodalgalar saniyede 10^9 defa titreşir. Röntgende kullanılan X-ışını saniyede 10^{18} defa titreşir. Kanser tedavisinde kanserli dokuyu yok etmede kullandığımız gama ışını 10^{22} defa titreşim yapan EM dalgadır. Elektrikle çalışan ev ve işyeri aletlerinde kullandığımız EM dalga saniyede 50-60 defa titreşir.

EM dalga yayıcılar bu kadarla da bitmiyor. **Bizler** görünür ışığın titreşimi olan 10^{12} Hz'den biraz daha az titreşimli **IR (Infrared, Kızılötesi) EM radyasyon yapıyoruz yada EM dalga yayıyoruz** ve canlılığımız devam ettikçe IR radyasyon yapacağız. Vücudumuz, besinleri yakmakla oluşan ısıyı, vücut sıcaklığımızı 37°C sabit tutmak için sürekli etrafa vermek zorundadır. Bunu IR radyasyonla yapar. Yani vücudumuzdan ısıyı (yaklaşık % 60'ını) saniyede 10^{12} defa titreşim yapan EM dalgalarla uzaklaştırıyoruz.

Teknolojinin bize sunduğu yaşamımızı kolaylaştıran tüm aletler (cep telefonu, bilgisayar, televizyon, elektrikli ev aletleri, uydu antenler, kablolu iletişim sistemleri vs) bu uyumu bozmaktadır. Çünkü bu aletlerin EM alanları, insan vücudundaki EM alanlardan ve doğal çevre alanlarından çok daha fazladır. Örneğin, günlük hayatta ev ve işyerlerinde kullandığımız buzdolabı, bulaşık makinesi, kurutma makinesi, TV, bilgisayar, elektrikli ısıtıcı, ütü, mikser, mutfak robotu, floresan lamba, elektrikli traş makinesi, saç kurutma makinesi, elektrikli battaniye gibi aletlerin magnetik alanları 1 mG (miligauss) - 25 G arasında değişmektedir. **En fazla magnetik alana 25 G ile saç kurutma makinesi, 5-10 G ile**

elektrikli traş makinesi ile floresan lamba sahiptir. Renkli TV ve Bilgisayar monitörünün magnetik alanı 1-5 G arasındadır. Halbuki vücut magnetik alanları 10^{-6} G mertebesindedir.

Bugün dünyada milyonlarca cep telefonu kullanılmakta. Bu nedenle çok küçük bir sağlığa zararlı etkinin varlığının bile önemsenmesi gerekliliği ortadadır.

TANIMLAR

3. Anten nedir?

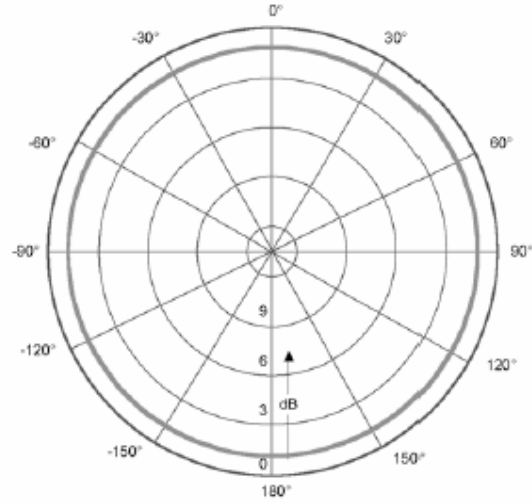
Anten, elektrik sinyallerini (voltaj ve akım) elektromanyetik dalgalara ya da elektromanyetik dalgaları elektrik sinyallerine dönüştürmek için kullanılan araçtır.



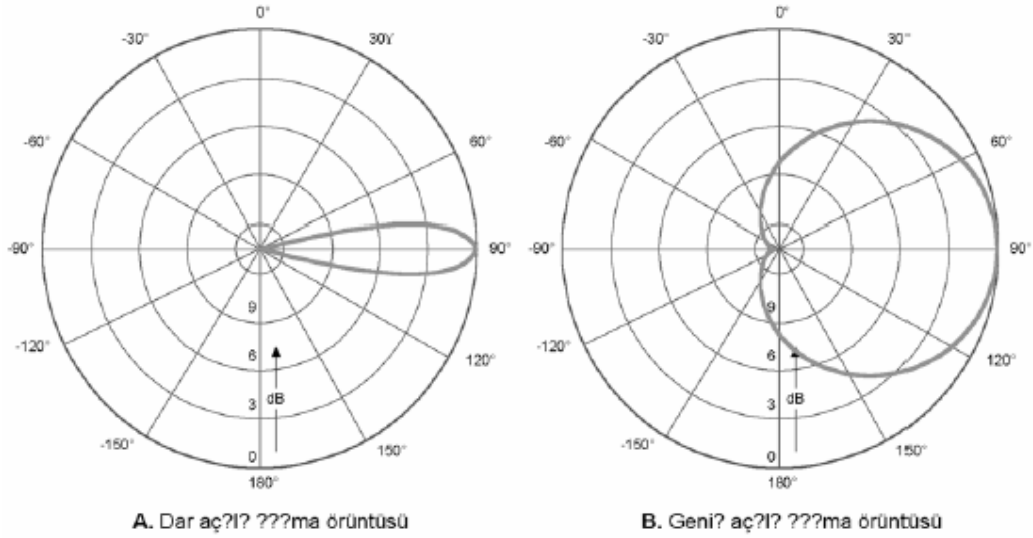
Şekil: 1

4. Yönsüz anten ve yönlü anten nedir?

Elektromanyetik enerjiyi uzayda kendinden eşit uzaklıktaki noktalara eşit olarak yayan ya da noktalardan eşit olarak alan antenlere yönsüz anten denir. Şekil 2'de yönsüz bir anten için bir düzlemdaki örnek bir ışınma örüntüsü verilmiştir. Genelde kullanılan antenler yönlüdür ve elektromanyetik enerjiyi belirli bir yönde diğer yönlere göre daha etkin olarak yayar ya da alırlar. Şekil 3A ve 3B'de yönlü antenlerin ışınma örüntülerine örnek gösterilmiştir. Aşağıdaki şekillerde dairenin merkezindeki nokta anteni temsil etmektedir.



Şekil 2. Yönsüz anten için örnek ışınma örüntüsü



A. Dar açılı ışınma örüntüsü

B. Geni açılı ışınma örüntüsü

5. Anten kazancı ve anten etkin çıkış gücü nedir?

Yönlü bir antenin bir noktadaki güç yoğunluğunun aynı güçle beslenen yönsüz antenin aynı noktadaki güç yoğunluğuna oranı, yönlü antenin o noktadaki kazancı olarak tanımlanır. Anten kazancı, antenin ne oranda yönlü olduğunu bir göstergesidir. Örneğin Şekil 3'te yer alan antenler arasında bir karşılaştırma yapılacak olursa, 3A'da yer alan anten 3B'deki antene göre daha yüksek kazanca sahiptir. Antenin ortama yaydığı toplam güç anten etkin çıkış gücü olarak adlandırılır.

6. Radyo frekans (RF) bandı nedir? Mikrodalga frekans bandı nedir?

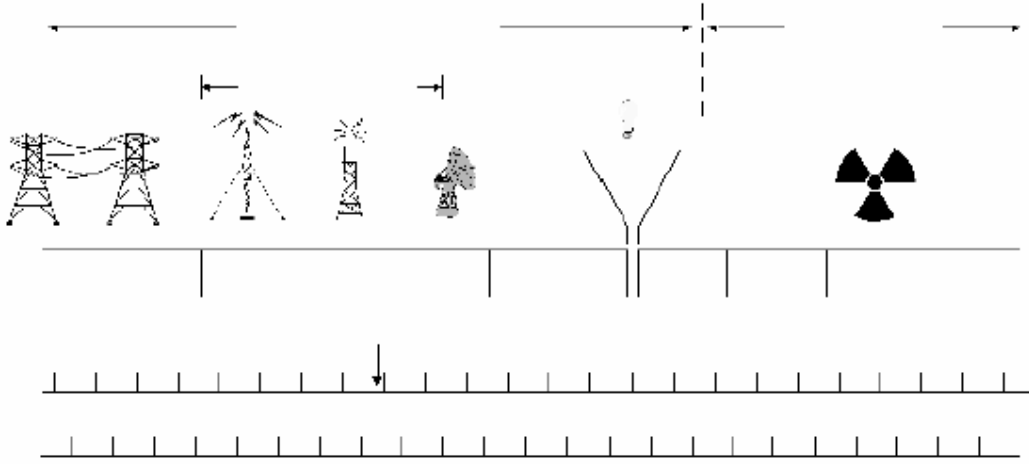
3 kHz - 300 GHz arasındaki frekans bölgesi RF frekans bandı olarak tanımlanmıştır. Mikrodalga frekans bandı, RF bandı içinde yer alıp birkaç yüz MHz'ten birkaç GHz'e kadar olan frekans bandını kapsar (Şekil 4). Mikrodalga enerjinin en tanınmış ve en yaygın uygulaması 2450 MHz'de çalışan mikrodalga fırınlardır.

7. Radyasyon (ışık) nedir?

Radyasyon (ışık) genel anlamda enerjinin uzayda dalgalar ya da tanecikler (fotonlar) halinde yayılmasıdır. Isı, ışık ve radyo dalgaları günlük yaşamdan bildiğimiz ışık yoluyla yayılma örnekleridir. Evlerde ısınma amacıyla kullanılan radyatörler değişimlerini ısı yayıcı anlamına gelmek üzere aynı kökten alırlar.

8. İyonlaştırıcı radyasyon nedir? İyonlaştırıcı olmayan radyasyon nedir?

İyonlaşma, atomlardan ve moleküllerden elektron koparılmasıdır. Enerji yüklü fotonlardan oluşan elektromanyetik dalgalar, çarptıkları cisimlerden elektron kopararak iyonlaşmalarına yol açabilirler. Yüksek frekanslı ve dolayısıyla yüksek enerjili olan x ışınları ve gama ışınları iyonlaştırıcı radyasyonlardır. Daha düşük frekanslı, bir başka deyişle düşük enerjili elektromanyetik dalgalar (RF gibi) ise iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak adlandırılırlar. Mobil iletişim sistemlerinin neden oldukları ışınım, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon bölgesi içinde yer almaktadır. İyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon bölgelerinin frekanslara göre dağılımı Şekil 4'teki "elektromanyetik spektrum" üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4. Elektromanyetik spektrum

9. Baz istasyonlarının neden olduğu toplam elektromanyetik enerji sabit bir değerde midir? Zamana göre farklılık gösterir mi?

Baz istasyonlarının neden olduğu toplam elektromanyetik enerji sabit bir değerde değildir; kullanıcı yoğunluğuna göre değişir. Hücredeki mobil telefon sayısı ve aynı anda yapılan görüşme sayısı arttıkça, baz istasyonu anteninden yayılan elektromanyetik enerji de artar.

10. Elektromanyetik dalgalar binaların içine girebilir mi? Binaların herhangi bir zayıflatıcı etkisi var mıdır?

Elektromanyetik dalgalar binaların içine girebilirler. Bütün cisimler elektriksel iletkenliklerine bağlı olarak elektromanyetik dalgaları yansıtma ya da geçirme özelliğine sahiptir. Elektromanyetik dalgalar, bina duvarından geçerken havada yayılmalarına göre enerjilerinin daha büyük bir kısmını kaybederek zayıflarlar.

11. Günlük yaşamımızda kullandığımız cihazlar elektromanyetik enerji yayar mı?

Elektrikle çalışan bütün cihazlar elektromanyetik enerji yayar. Günlük yaşamda sıkça kullanılan bazı ev aletlerinin ortamda neden oldukları elektrik alan şiddetleri Tablo 4'te örnek olarak verilmiştir.

Tablo 1. Bazı ev aletlerinin neden oldukları elektrik alan şiddetleri
Çalışma gerilimi = 110 V , çalışma frekansı = 60 Hz, uzaklık = 30 cm

Cihaz	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)
Elektrikli battaniye	250
Su ısıtıcısı	130
Müzik seti	90
Buzdolabı	60
Ütü	60
Mikser	50
Ekmek kızartıcısı	40
Saç kurutma makinası	40
Televizyon	30
Kahve makinası	30
Elektrikli süpürge	16

EM Kirlilik ve Tanımlar

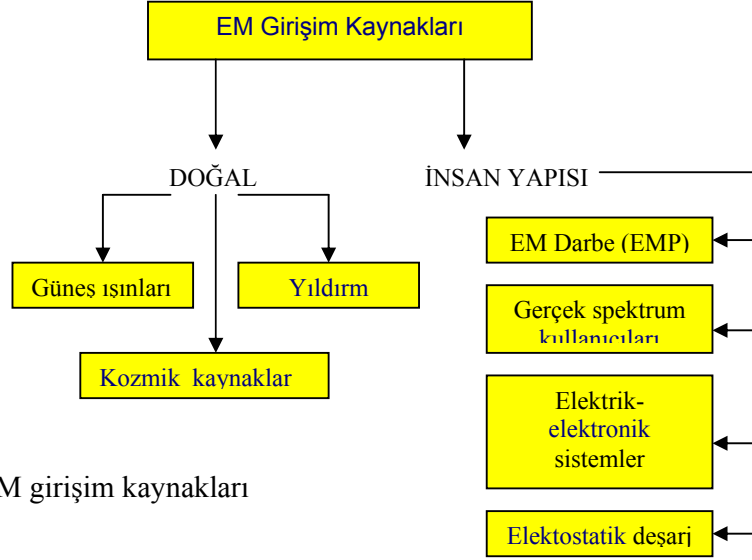
Bu bölümde elektromanyetik kirlilik tanımları üzerinde durulmuş, konu ile ilgili kurum ve kuruluşlarla bu kuruluşların oluşturduğu standartlar özetlenmiştir. Önce EM girişim (EMI) ortamı tanımlanmıştır. AB'nin EMC yönergesi temel alınarak oluşturulan kurum ve kuruluşlar, ilgili diğer uluslararası kuruluşlarla birlikte verilmiştir. EMC düzenlemeleri farklılık gösteren ülkelerden örnekler sunulmuştur. Yine bu bölümde EMC ile ilgili standartlar ele alınmış ve standartların oluşum süreci, standart aileleri örneklerle birlikte sunulmuştur.

1. EM Girişim Ortamı

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. Genelde her türlü haber işareti yüksek frekanslı bir taşıyıcının sırtına bindirilerek iletilir. Bu işleme modülasyon denir ve taşıyıcı işaretin iletim ortamında daha dayanıklı olması ve aynı anda birçok kişiyi aynı iletim kanallarından görüştürebilmekhaberleşirebilmek amaçlarıyla yapılır.

Haber taşıyan EM işaretlerin başka EM işaretlere karışmasını EMI (Electromagnetic Interference), yani EM girişim adı verilir. Haber işaretine faydalı işaret, bozucu işarete ise istenmeyen işaret adı verilir. Amaca ve ortama göre faydalı ve istenmeyen işaretler değişebilir. Telefonu kullanan bir konuşmacının işareti kendisine göre faydalı, ama diğer telefon kullanıcılarına göre istenmeyen işarettir. Ya da, bir radar ya da TV istasyonunun işareti her iki işaret için de istenmeyen bozucu işarettir.

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



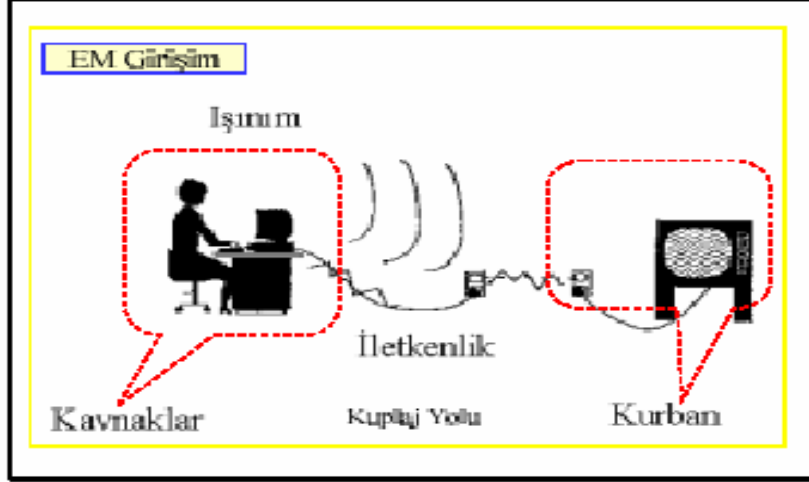
Sekil5: Tipik EM girişim kaynakları

ÖRNEKLER:

***Elektrik Makineleri,Fluoresant Aydınlatma,Endüksiyon ısıtması,Ark ocakları,Eviriciler (inverter) Enerji hatları,Lokal osilatörler,Bilgisayarlar (PC)...

2. EMC Probleminin Unsurları:

Kaynağı ve niteliği ne olursa olsun bir EM girişim probleminde üç unsur söz konusudur. Şekil6’da bu üç unsur, EM girişim kaynağı, EM girişimden etkilenen kurban ve kaynak ile kurban arasındaki iletim (ya da kuplaj ortamı), resmedilmiştir. şekilde, bir kullanıcının bilgisayarından sızan EM enerji girişim kaynağı, bir TV ise kurban olarak gösterilmiştir. Girişim kaynağı ile kurban arasında iki önemli girişim kuplaj yolu görülmektedir. Bunlardan birincisi kaynak ile kurban arasında iletkenlerden oluşmuş bağlantı yolunun neden olduğu iletkenlik yollu girişimdir (conducted interference). Diğeri ise kaynak ile kurban arasında bağlantı olmadan direk atmosfer yoluyla oluşan kuplajdır. Bu girişime de ışınım yollu girişim (radiated interference) adı verilir.



Şekil 6: EMC Probleminin üç unsuru

EM girişimin ortadan kaldırılması üç şekilde olabilir:

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

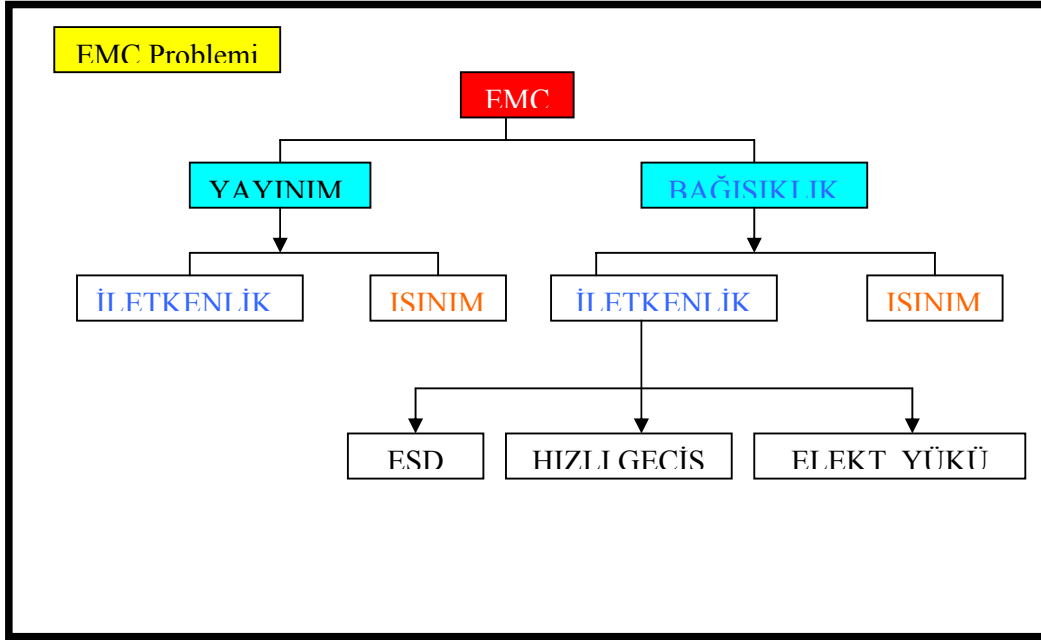
EM girişim etkileri çok farklı olabilir. Bu etki TV' de seyircinin göz zevkini bozan hafif bir karlanma olabileceği gibi, tamamen TV'nin çalışamaz duruma gelmesi şeklinde de ortaya çıkabilir. Bunun ötesinde, bir araç ABS fren sistemini kilitleyerek kazalara neden olabilir. Hatta, nükleer bir silahın elektronik ateşleme sistemini kazara harekete geçirip bir felakete yol açabilir. EM girişimin cihaz-cihaz etkileri yanında insan sağlığını tehdit eden, kansere yol açabilen, uykusuzluk, baş ağrısı, mide bulantısına neden olan etkileri de olabilir.

3. EMC, Elektromanyetik Uyumluluk;

Elektronik sistemlerin öngörülen bir elektromagnetik ortamda, amaçlanan verimlilikle çalışabilmeleri ve işlevlerini yerine getirebilmeleri olarak tanımlanır.

Bir uluslararası elektroteknik kuruluşu olan IEC'nin tanımı ise:

Bir sistem veya cihazın içinde bulunduğu EM ortamda fonksiyonlarını, bu ortamda telafi edilemez bir EM bozulma yapmaksızın yerine getirebilme yeteneği şeklindedir.



Şekil7: EMC Probleminin genel görüntüsü

Bir EMC probleminin temel unsurları şekilde gösterilmiştir. Yayınım (EM Emission) ve bağışıklık (EM Immunity) başlıklarıyla verilenler girişim kaynağı ya da kurban olmasına göre değişir. Girişim kaynağının iki tür yayını söz konusudur; iletkenlik yollu yayınım ve ışınım yollu yayılım. Yine kurban için bağışıklık iki yollu olabilir; iletkenlik yollu girişime karşı bağışıklık ve ışınım yollu girişime karşı bağışıklık. Bağışıklığın tersi alınganlık (susceptibility) da EMC tanımlarında yer almaktadır. Bir cihazın bağışıklığı ne kadar yüksek ise alınganlığı o kadar düşüktür, ya da tersine bir cihaz ne kadar alıngan ise o denli düşük bağışıklık seviyelerine sahiptir.

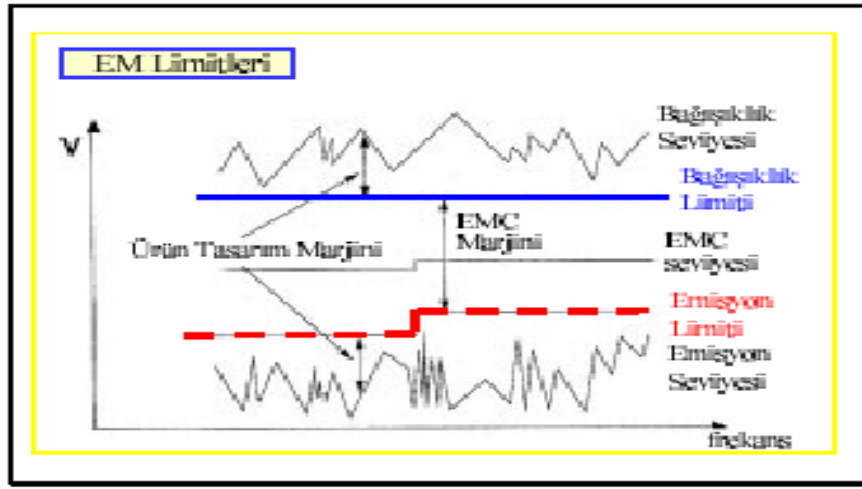
Uygulamada iletkenlik yollu girişim ile ışınım yollu girişim için 30MHz frekansı kabaca sınır olarak gösterilir. Yani, iletkenlik yollu girişim için doğru akımdan (direct current, DC) 30MHz frekansa kadar olan bölge söz konusudur (burada DC kısaltması hem gerilim hem de akım işaretleri için kullanılmaktadır).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

Benzer tanımlama bağışıklık için de söz konusudur. 30MHz frekansının altında iletkenlik yollu girişimlere karşı bağışıklık, üstünde ise ışınım yollu girişimlere karşı bağışıklık istenir. Şekil 8 de iletkenlik yollu girişimlere karşı bağışıklığın farklı durumları gösterilmiştir. ESD (elektrostatik deşarj) statik yük birikimi ve ani yük boşalmasını göstermektedir. Gündelik yaşamda, özellikle sentetik ortamlarda, buzdolabının ya da arabanın kapısını açarken statik yük boşalmasını hepimiz yaşamışızdır. Ya da ofisimizdeki bilgisayara dokunurken sık sık bunu hissetmişizdir. Araştırmalar, özellikle kuru havada ve sentetik bir halı üzerinde 8-10 adım atarak yürümenin bile 10-15kV değerinde bir statik yüklenmeye neden olabileceğini

göstermiştir. Bu denli yüksek statik elektrik yükü özellikle parmak gibi ucu sivri noktaların metal nesnelere yaklaştırılması ile aniden boşalabilir. Diğer bağışıklık alt başlıkları da darbesel işaretlere ve yüksek değerli akım ya da gerilimlere karşı dayanıklı olmak anlamına gelir.

EMC yayılım ve bağışıklık cihaz - cihaz etkileşimlerinde söz konusudur. Bu durum bozucu işaretlerin şiddeti kadar frekansıyla da ilgilidir. Şekil 8 'de EM limitleri ve yayılım ve bağışıklığın test edilmesi örneği gösterilmiştir. Şekilde altta kesikli çizgi ile belli bir cihaz için yayılım üst sınırının frekansla değişimi gösterilmiştir. Üstte ise sürekli çizgi ile bağışıklığın alt sınırının frekansla değişimi gösterilmiştir. Zikzak şeklindeki grafikler ise ölçülen yayılım seviyeleri ile test edilen bağışıklık seviyelerini göstermektedir. Belli bir frekansta aradaki farklar ise o ürünün tasarım güvenlik payını verir. Güvenlik payı ne kadar yüksek ise cihaz o denli az istenmeyen sızıntıya neden olur ve o denli yüksek bağışıklık seviyesine sahiptir.

Genelde; EMC yayılım limitleri * birkaç $\mu V/m'$ ler ya da $\mu V'$ lar mertebesinde iken bağışıklık limitleri genelde kV/m' ler ya da kV' lar mertebesinde olur.



Şekil 8: EMC Sızıntı ve Bağışıklık Limitleri

5. EM Alanların Günlük Hayatımızdaki Etkileri:

Gündelik yaşantımızda sık karşılaştığımız

- Düşen bir yıldırımın elektronik cihazlarını çalışamaz duruma getirebilmesi,
 - Evdeki yada ofisteki bilgisayarın FM dalga radyo yayınlarını bozması,
 - Elektrik süpürgesinin TV'lerde karlanmaya neden olması,
 - Floresan lambalar yandığında bilgisayar ekranının kırışması,
 - Havaalanı radarlarının diz-üstü bilgisayardan etkilenmesi,
 - Cep telefonları yada bilgisayarların araçların ABS fren sistemini kilitlemesi,
- benzeri olaylar elektromanyetik (EM) etkileşim ve girişim olaylarından sadece bir kaçıdır.

Yerleşik ve bilinen adı olması nedeniyle bu yazıda da ilgili disiplin EMC (Electromagnetic Compatibility = elektromanyetik uyumluluk) olarak anılacaktır. Bir EMC probleminde üç unsur bulunur. Bunlar (i) *EM girişim kaynağı*, (ii) *girişimden etkilenen kurban* ve (iii) *kaynak ile kurban arasındaki girişim yoludur*. Girişim kaynağı yada kurban bazen ayırt edilemese bile bu üç unsur bir arada *EMC problemi* oluşturur. EMC probleminin bir özel hali *kurbanın* canlı olması durumudur. Bu durumda elektromanyetik etkileşim, EM enerji ile canlı dokular arasındadır. Bu etkileşimle ilgilenen dala da özel olarak *Biyo-elektromanyetik (BEM)* adı verilmiştir. EMC mühendisliğinin ana amacı bu üç unsurdan en az birini ortadan kaldırmak yada etkilerini en aza indirmek iken BEM mühendisliğinin amacı

EM enerjinin canlı dokularda yaratacağı kısa, orta ve uzun süreli etkileri incelemek ve en aza indirmek yönündedir.

Teknolojik gelişme ve toplumsal istatistikler cep telefonları ve benzeri elektronik cihazların kullanımının daha da yaygınlaşacağını açıkça işaret etmektedir. Belki çok yakın gelecekte kola takılacak bir cihazla hem telefon, faks, görüntü iletimi sağlanacak, hem de kimlik, sağlık, banka hesabı gibi tüm kişisel bilgiler depolanacaktır. Bunun önüne geçilecek gibi görünmediğinden sorun ve çözüm yaklaşan bu yeni düzende EM kirlilik etkilerine ne derece önem verileceği noktasında yoğunlaşmaktadır. EM kirlilik elektrik, elektronik, elektromekanik, kimya, sistem, tıp ve biyoloji benzeri konuları içeren çok disiplinli bir konudur.

Yazının ikinci bölümünde EMC ve BEM ile ilgili tanımlar, ilgili uluslararası kuruluşlar ve bu kuruluşların belirlediği standartlar kısaca anlatılmıştır. Ele alınan konu gereği, özellikle cep telefonları ve baz istasyonlarına yönelik olan ve bu standartlarla belirlenen limitler verilmiştir. Üçüncü bölümde belirlenen limitlerin sayısal olarak ne anlama geldiği, ölçülebilir olup olmadığı üzerinde durulmuştur. Ölçülebilen büyüklüklerin ne tür cihazlarla ve nasıl ölçülmesi gerektiği, ölçülemeyen değerlere ise nasıl ulaşılabileceği belirtilmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise sonuçlar, yorumlar ve geleceğe dönük yapılması gerekenler sunulmuştur.

ELEKTROMANYETİK GİRİŞİM (EMI).

Dünyada geçmiş yıllarda basit düzeyden daha tehlikeli olanlara kadar çok sayıda EMI problemi ile karşılaşmıştır. Muhtemelen çok bilinen örneklerden biri, bir blender, elektrikli süpürgeler veya bir dc motor içeren ev aygıtları çalıştırıldığı zaman, bir televizyon ekranı yüzeyinde oluşan ‘‘çizgiler’’ olayıdır. Bu problem, dc motorun fırçalarında oluşan arklanma yüzündendir. Böylece ortaya çıkan gürültü işareti spektral içerik bakımından çok zengindir ve bu işaretin TV antenine doğrudan ışınması ve aygıtın ac güç kablosu vasıtasıyla evdeki ortak güç şebekesine geçişi ile problem oluşur.

Büro donanımı üreticilerinden biri, bir kopyalama makinesinin ilk prototipini iş yerine yerleştirir. İşyerindeki bir idareci, birisi bir kopyalama işlemi yaptığında, koridordaki saatlerin bazen sıfırlandığını veya tuhaf şeyler yaptığını fark eder. Problemin, kopyalama makinesinin güç regülatör (düzenleme) devresindeki silikon kontrollü doğrultucular (SCR) yüzünden olduğu anlaşılır. Bu elemanlar, düzenli bir dc akım üretmek amacıyla ac akımı "kıymak" için açılıp kapanırlar. Bu işaretler de, akımdaki ani değişim yüzünden spektral içerik bakımından zengindirler ve kopyalama makinesinin ac güç kordonu yoluyla binanın ortak güç hattına bağlar. Bu da saatlerin, bu işaretleri sıfırlama işareti olarak algılanmasına sebep olur.

Yeni bir otomobil modelinde mikroişlemci kontrollü emisyon ve yakıt izleme sistemine sahip olarak tasarlanır. Otomobilin belli bir caddeden geçerken durduğu şikayeti yapılır. Bu cadde etrafında yapılan ölçmelerde, yasadışı bir FM radyo vericisi bulunduğu belirlenir. Bu vericiden yayılan işaretler, işlemciye giden iletken tellerle bağlanmakta ve onun çalışmamasına sebep olmaktadır.

Bir çekici kamyonu elektronik fren sistemi takılır. Yanından geçen bir otomobildeki bir CB (halk bandı) vericisinin açılması, bazen kamyonun frenlerinin kilitlemesine yol açmaktaydı. Problemin kaynağının CB işaretinin, fren sisteminin elektronik devresiyle bağlanmasıydı. Devrenin ekranlanması problemi çözdü.

Ticari bir havaalanının yakınına büyük bir bilgisayar sistemi kurulur. Rasgele zamanlarda sistemin veri kaybettiği veya yanlış veri depoladığı fark edilir. Problemin, hava alanı gözetleme radarının, bilgisayar merkezinin bulunduğu yeri aydınlatmasıyla eş zamanlı olduğu anlaşılır. Bilgisayar merkezinin geniş bir şekilde ekranlanması ile girişimin önlenildiği görülür.

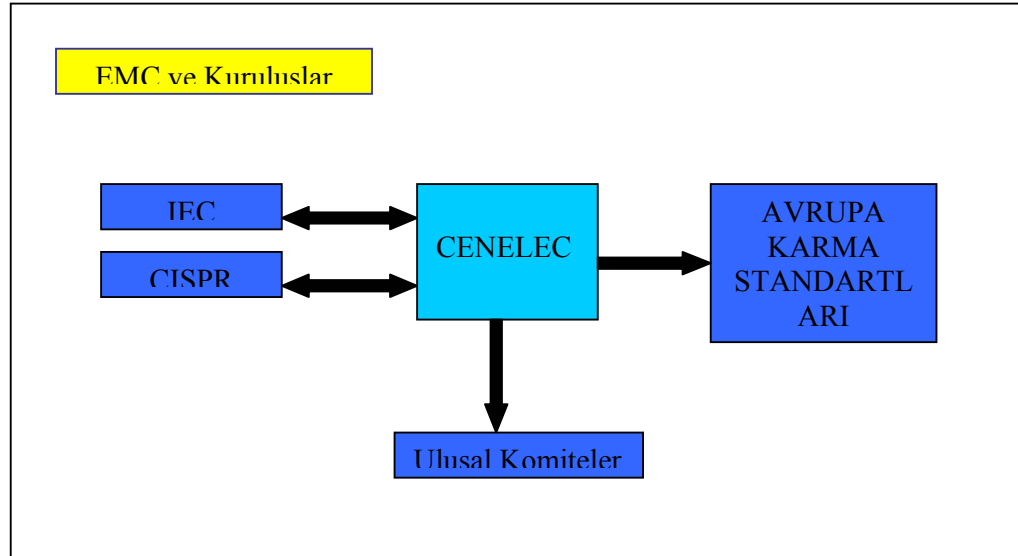
1982’de İngiltere bir destroyerini, bir Exocet füze yüzünden Falkland savaşında kaybeder. İngiltere ile haberleşme için kullanılan destroyerin radyo sisteminin, geniş anti-füze algılama sistemi çalışırken, iki sistem arasındaki girişim yüzünden uygun şekilde çalışmadığı ortaya çıkar. İngiltere ile bir haberleşme sırasında girişimi önlemek için anti-füze sistemi geçici olarak kapatılır. Tesadüfen bu sırada da karşı kuvvetler tarafından fırlatılan bir Exocet füzesi destroyerin batmasına sebep olur.

1982’den beri ABD ordusundaki Black Hawk (bir saldırı helikopteri) kazalarının çoğuna (bu kazalarda 22 kişinin öldüğü rapor edilmektedir) radar vericilerine, radyo vericilerine ve muhtemelen bir halk bandı vericisine çok yakın uçuşların sebep olduğunu göstermektedir. Helikopterin elektronik olarak kontrol edilen uçuş kontrol sisteminin bu elektromanyetik yayınlara duyarlı olmasının, bu kazalara neden olduğu değerlendirilmiştir.

1967’de Kuzey Vietnam’da bir ABD uçak gemisinde bulunan uçaklardaki füzelerden biri istemeyerek harekete geçer ve bir başka uçağa çarpar. Bunun sonucunda yakıt tankları patlar ve 134 görevli ölür. Problemin sebebinin, geminin yüksek güçlü arama radarının ekranlanmış bir konnektörün kontakları arasında radyo frekanslı voltajlardan kaynaklandığı sanılmaktadır.

EMC-BEM ile İlgili Kuruluşlar ve Standartlar

EMC problemleriyle profesyonelce uğraşan, ülkelerin, teknik kurum ve kurulların aynı dili konuşmalarını sağlayan, teknik gereksinimleri karşılamak üzere organizasyonlara giden önemli kuruluşlar Şekil 9 da gösterilmiştir. Bunlar IEC, CISPR ve CENELEC’ tir.



Şekil 9: Uluslararası EMC kuruluşları ve etkileşimleri

EMC, cihaz – cihaz etkileşimini göz önüne alır. Elektronik cihazların bir arada, birbirini rahatsız etmeden ve birbirinden en az etkilenecek çalışabilmesi için gerekli düzenlemelerle ilgilidir. Örneğin, evlerde kullanılan buzdolabı çamaşır makinası gibi yüksek akım çeken cihazların çalışabilmeleri için şehir şebekesinden enerji çekerken şehir şebekesine gürültü aktarmaması için üreticinin alması gereken önlemleri ayrıntılı olarak sıralar. Ya da, televizyon üreticisine ürününün ne tür etkilere karşı dayanıklı olması gerektiğini belirtir. Ya da, kişisel bir bilgisayardan çevreye istenmeyen sızıntının frekansa ve uzaklığa göre en fazla

ne olması gerektiğini belirler. Standartları belirleyen başlıca üç uluslararası kuruluş vardır. Bunlar; IEC (International Electrotechnical Committee) [3], CISPR (Comite International Special des Perturbations RadioElectriques), CENELEC (Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique) olup ilk ikisi dünya, üçüncüsü Avrupa temellidir. Bu kuruluşlar ve onların belirlediği teknik uzman kadrolarca hazırlanan bu belgeler değişik standartlar olarak kodlanır. Örneğin Tablo 2’ de bu üç kuruluşun hazırladığı standartlara ayrılan kodlar gösterilmiştir.

Tablo 2: IEC, CISPR ve CENELEC standartları

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

Hazırlanan bu belgeler uluslararası ya da ulusal standartlar olarak benimsenir ve cihazlar bu standartlara göre denetlenir. Tablo 3’ de CENELEC tarafından hazırlanan ve AB standartları olarak benimsenen tipik birkaç standart ve ilgi alanları verilmiştir.

Tablo 3: Avrupa Normu (EN) standartları örnekleri

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

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

BEM, cihaz – insan etkileşimiyle (EM enerji – canlı doku ilişkisi ile) ilgilenir. İnsan sağlığı ile ilgili EM etkilere ait limitleri belirleyen uluslararası kuruluşlardan önemli ikisi International Non-Ionizing Radiation Committee (INIRC) ve International Radiation Protection Agency (IRPA)’ dır. Bu kuruluşların belirlediği iki tip limit vardır; *temel limitler* ve *türetilmiş limitler*. Temel limit olarak

“ortalama insanda vücut sıcaklığını 1° arttıracak EM enerji yutulmasının zararlı olduğu”

düşüncesinden yola çıkılmıştır. Bunun sonucu ortalama kan dolaşımında 4W/kg değeri bulunmuştur. Yani, kilogram başına dokuların yutabileceği en yüksek güç 4W’ tır. İş yerleri için 10 kat, genel ve meskun yerler için ise 50 kat güvenlik payları alınarak temel limitler

- **fabrika, atölye gibi iş yerleri için** → **0.4 W/kg SAR**
- **genel yerler için** → **0.08 W/kg SAR**

olarak belirlenmiştir. Burada SAR, özgül soğurma oranı (Specific Absorbption Rate) olarak kullanılmaktadır. Yani bu limitler sadece dokularda yutulan ve ısıya dönüşen güçle ilgilidir.

Fizyolojik, kimyasal, biyolojik hatta psikolojik etkileri göz önüne almamaktadır. Temel limitlerden yola çıkarak türetilen limitler ise frekansa göre ortamlardaki en yüksek alan şiddetlerini belirlemektedir.

Bu sınır değerler nasıl oluşturulmuştur?

Bilimsel çalışmalar sonucunda insan vücut sıcaklığını 1_C arttırabilecek alt değerler belirlenmiş, mesleği gereği bu tür radyasyonun etkisinde kalanlar için bu değerlerin güç yoğunluğu cinsinden 1/10'unun, genel insan yaşam alanları için ise 5 kat daha ek koruma faktörü eklenerek 1/50'sinin sınır değerler olarak alınması kabul edilmiştir. Kontrollü ve kontrolsüz etkilenme için sınır değerler belirlenirken mesleği gereği elektromanyetik enerjinin etkisinde kalanların konu ile ilgili olarak bilgilendirilmiş ve gerekli önlemleri almış olabilecekleri varsayımı yapılmış ve genel yaşam alanlarında insanların kendi bilgi ve kontrolleri dışındaki etkilenmeleri düşünülerek kontrolsüz alanlar için sınır değerlere ek olarak 5 kat koruma faktörü eklenmiştir. GSM900 ve DCS1800 sistemleri için kontrollü etkilenme için sınır değerler Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Kontrollü etkilenme için sınır değerler

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

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

Bu konuda Türkiye'de oluşmuş standartlar var mıdır? Belirlenmiş sınır değerler mevcut mudur?

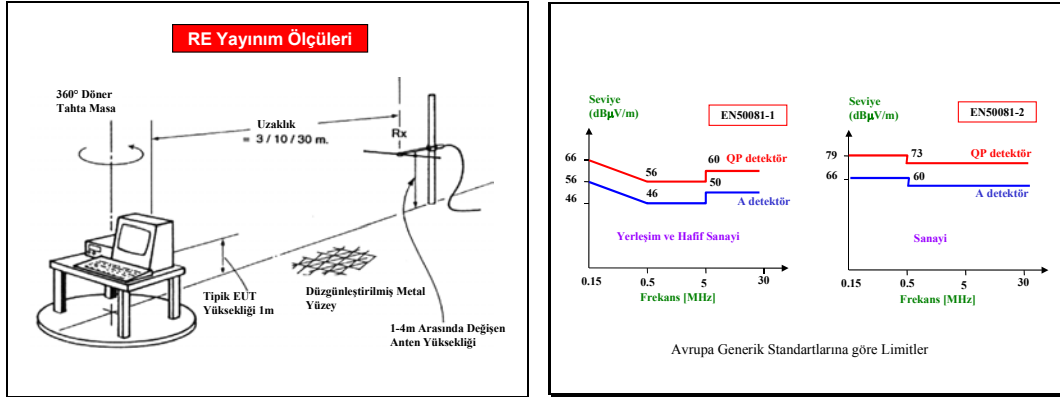
Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 1996'da TS ENV 501666-2 Sayı ve "İnsanların Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalması – Yüksek Frekanslar (10 kHz- 300 GHz)" başlıklı bir standart yayımlamıştır. Ayrıca TC Çevre Bakanlığı'nın 11 Mayıs 2000 tarihli genelgesi bulunmaktadır. Son olarak, Telekomünikasyon Kurumu tarafından 12.7.2001 tarihli resmi gazetede yayınlanan "10 KHz-60 GHz Frekans Bandında Çalışan Sabit Telekomünikasyon Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddeti Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Ölçüm yöntemleri ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik" ile Türkiye'de geçerli olan sınır değerleri belirlenmiştir. Bu yönetmelikte yer alan sınır değerlerin belirlenmesinde ICNIRP Klavuzu'nda yer alan sınır değerler esas olarak alınmış olup, buna ek olarak her baz istasyonu için ayrıca sınırlama getirilmiştir. Buna göre tek bir cihaz için 400-2000 MHz frekans bandında genel yaşam alanları için Telekomünikasyon Kurumu'nun yönetmeliğinde yer alan sınır değerler, elektrik alan şiddeti için $0,341f^{1/2}$ V/m (f = frekans (MHz)), manyetik alan şiddeti için $0,0009f^{1/2}$ A/m ve güç yoğunluğu için $f/800$ W/m² ifadeleriyle verilmiştir. Verilen sınır değerler altı dakikalık ölçüm sonucunda elde edilecek ortalama değerler içindir. Bu ifadeler kullanılarak Türkiye'de 900 MHz ve 1800 MHz'de uyulması gereken sınır değerler Tablo 2'te verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye’de kontrolsüz etkilenme için sınır değerler

Frekans	900 MHz		1800 MHz	
	Tek bir cihaz için sınır Değer	Ortamın toplam sınır değeri	Tek bir cihaz için sınır değeri	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

EMC-BEM Limitleri, Ölçümler ve Tipik Değerler

EMC limitleri açıktır ve bu cihazların bu limitleri sağladığının test edilmesi ve ölçülmesi kolaydır. Ele alınan cihazın bağlı olduğu standartta ölçü düzeni, ölçü ve testlerin hangi koşullarda ve nasıl yapılacağı, hangi özelliklere sahip ölçü aletlerinin kullanılacağına varıncaya dek ayrıntılı bilgi bulunur. Örneğin, şekil 10’ da bir bilgisayarın neden olduğu EM sızıntıyı ölçmek için tipik bir düzen ve standartlarda grafik şeklinde verilen limitlere bir örnek gösterilmiştir. Çalışır durumdayken, bilgisayarın 3m ötede neden olduğu EM sızıntısının frekansa göre değişimi uygun (frekans seçici) bir alıcı ile taranır ve her frekansta verilen limit değerlerin altında kalıp kalmadığı kaydedilir. Bu işlem bilgisayarın en fazla EM sızıntı yaptığı yön ve yükseklik bulunarak yapılır. Böylece en kötü durumda bile limitlerin altında kaldığı garanti edilmiş olur.



Şekil 10: Tipik EM sızıntı ölçü düzeni ve limitlerin frekansla değişimi

SAR nedir?

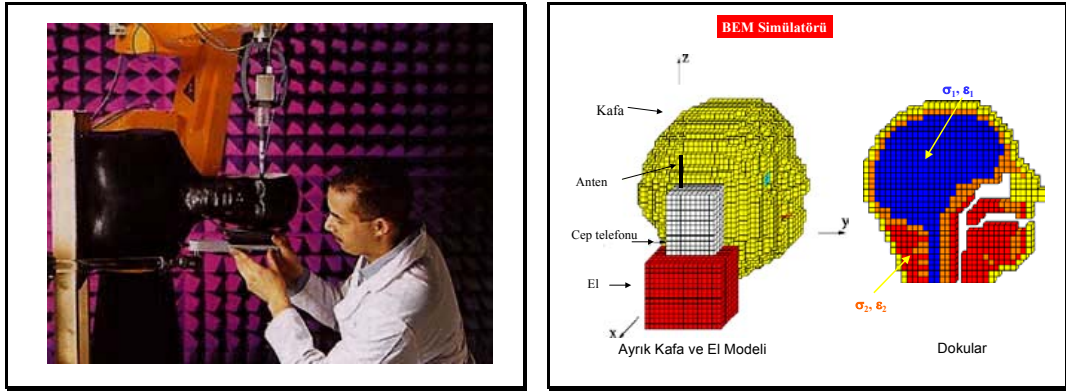
Özgül Soğurma Hızı SAR (Specific Absorption Rate), elektromanyetik enerjinin vücut dokuları tarafından soğurulma hızıdır. Birimi W/kg'dır. Bugüne dek yapılan araştırmalar insan vücudunun bir derecelik sıcaklık artışını düzenleyemediğini ve sorunlar yarattığını göstermektedir. İnsan vücudunda bir derece 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 ve/veya gözlemlenebilen parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğudur.

SAR Değerleri Nasıl Hesaplanır?

INIRC ve IRPA, genel halk için tehlike sınırını 0.08W/kg olarak belirlemiştir. Dokularda ısı yutulmaya neden olan parametre dokunun iletkenliğidir ve σ [S/m] sembolü ile gösterilir. Elektrik alan şiddeti E [V/m] olan bir ortamda, iletkenliği σ , yoğunluğu ρ [kg/m³] olan ve V hacmine sahip dokuda yutulan SAR değeri

$$SAR = \iiint_V \frac{\sigma E^2}{\rho} dV \quad [\text{W/kg}]$$

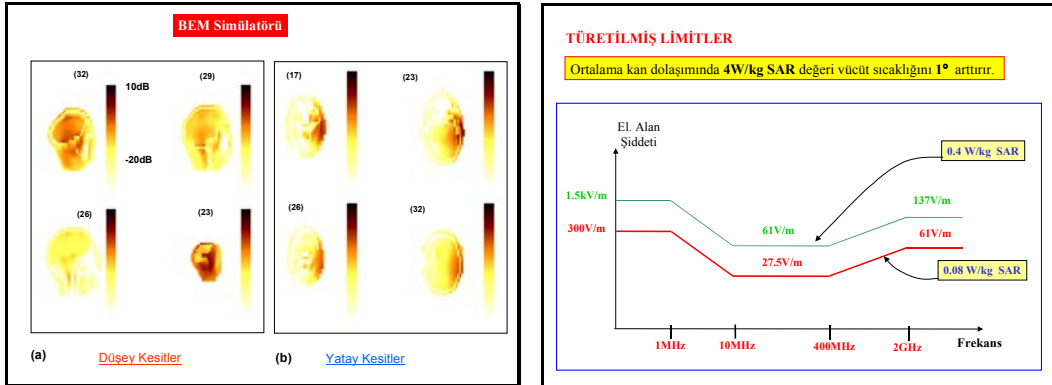
olarak bulunur. Görüldüğü gibi, SAR değerinin bulunması için dokunun içindeki elektrik alan şiddetinin ölçülmesi gerekir. Oysa canlılarda bu ancak tıbbi deneklerle yapılmaktadır. Bu nedenle SAR ölçülmesi şekil 11’ de verildiği gibi ya insanın EM özelliklerine yakın tuzlu su ya da değişik kimyasal jellerden yapılmış robotlar üzerinde yapılır, ya da bu amaçla güçlü sayısal teknikler kullanılarak bilgisayar simülasyonlarından yararlanılır .



Şekil 11: Dokularda yutulan EM enerji modellenmesi: Robotlar üzerinde SAR ölçülmesi ve Bilgisayar yardımıyla SAR simülasyonu

Gerek robotlar üzerinde yapılan ölçmeler gerekse bilgisayar simülasyonları sonucu şekil 12’de verilen SAR dağılımları elde edilir. Burada, yatay ve düşey kafa kesitlerindeki SAR değerleri gösterilmiştir. Koyu renkler yüksek SAR değerine karşı geldiğinden o doku içinde daha fazla zararlı EM enerji yutulması demektir.

SAR modellemesi cep telefonu – insan kafası etkileşiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. İnsanın göz, kulak, beyin gibi hassas uzuvlarının olduğu kafasının birkaç milim ötesinde 1-2 wattlar mertebesinde güç yayan bir cihazı kullanmasının kısa ve uzun dönem etkileri çok önemli olabilir. Bilim adamları bu konuda aralıksız çalışmalarını sürdürmektedir.



Şekil 12: (solda) SAR simülasyon sonuçları (sağda) elektrik alan şiddeti olarak türetilmiş limitler

BAZ İstasyonları ve Cep Telefonlarının Kabul Edilebilir Üst Sınırları Nelerdir?

Oysa baz istasyonları ve diğer cihazlar açısından limitleri SAR değeriyle belirlemek pratik olmaktan uzaktır. Bu nedenle SAR değeri olarak verilen temel limitlerden türetilmiş limitlere geçilir ve (kolay ölçülebilir olması nedeniyle) elektrik alan şiddeti ya da güç yoğunluğu olarak verilir. Şekil 3' te (sağda) türetilmiş limitlere bir örnek gösterilmiştir. Burada frekansa göre temel limitlerden yola çıkarak elde edilen ve izin verilen en yüksek elektrik alan şiddeti değerleri gösterilmektedir (kabaca insan vücudunun ortalama iletkenliği $\sigma=1\text{S/m}$, yoğunluğu $\rho=0.001\text{kg/m}^3$ alınırsa 1.6W/kg ' lık SAR değeri 40V/m şiddetindeki elektrik alana karşı gelmektedir).

Uluslararası kuruluşların belirlediği temel ve türetilmiş limitler arasında tanım ve değer olarak farklar bulunmaktadır. Bunun sonucu ülkelerin kabul ettikleri limitler arasında da farklılıklar vardır. Tablo 5' te bazı ülkelerin belirledikleri sınır değerlerle 2010 yılı ve sonrası için, özellikle tıp çevrelerince önerilen, sınır değerler verilmiştir. Bu değerler insanların bulunabileceği her ortamda izin verilen en yüksek değerlerdir.

Tablo 5: GSM şebekeleri için kabul edilen sınır değerler

Sınır Değerler	E	E	S	S
	[V/m]	[V/m]	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$
	900MHz	1800MHz	900MHz	1800MHz
Türkiye	42	57	450	900
AB	41	58	450	900
Rusya	6	6	10	10
İtalya	6	6	10	10
İsveç	4	6	--	--
2010	0.15	0.06	0.005	0.001

Çevre Bakanlığı'nca 11 Mayıs 2000 tarihinde yayımlanan genelge AB ve IRPA referanslarıyla sınır değerleri 900MHz bölgesinde 42 [V/m] , 1800MHz bölgesinde ise 59 [V/m] olarak belirlemiştir. Bu değerler uzak alan varsayımı ile belirlenmiş olup elektrik alan $E \text{ [V/m]}$, manyetik alan $H \text{ [A/m]}$ ve güç yoğunluğu $S \text{ [W/m}^2\text{]}$ arasında

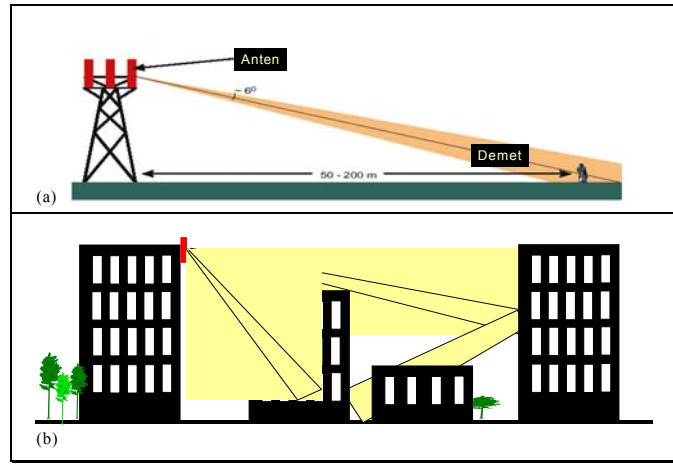
$$H = \frac{E}{377} \text{ [A/m]}, \quad S = \frac{E^2}{377} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

ilişkisi vardır. Dolayısıyla biri verildiğinde diğerleri hemen hesaplanabilir. Sözü edilen sınır değerlerin anlamlı olabilmesi için birkaç tipik değer vermek gerekir. Ayrıca, tipik baz istasyonları hakkında da kısa bilgi yararlı olacaktır. Şekil 13' de tipik baz istasyonu kulesi ve apartmanlar arası yerleşimin etkileri resmedilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, baz istasyonu antenin hangi çatıya kurulduğu değil ana hüzmelinin ne yöne baktığı önemlidir. Benzer düşünce uluslararası uzmanların raporlarında da belirtilmiştir. Bu raporda "EM kirliliğinin henüz bilinmeyen birçok etkisinin olabileceği, bu durumda temkinli ve akılcı davranmak gerektiği"nin altı çizilmektedir. Tartışmalar özellikle okul ve hastane çatılarına ya da bahçelerine kurulan baz istasyonu tesisleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Söz konusu raporda bu konuda da önerilen "tesislerin okul ve hastane çatı ya da bahçelerinden uzaklaştırmak" değil "ana anten hüzmelerinin buralara bakmamasını sağlamak"tır.

- Baz istasyonları tipik olarak 10-30m yüksekliğindeki kulelere yerleştirilir. Genelde her kulede 120° 'lik yatay açıyı kapsayan üç anten bulunur. Her anten düşeyde tipik olarak $5-6^\circ$ 'lik hüzmeye sahiptir. Bu hüzmeye yataydan biraz aşağı yöneltilerek kuleye en yakın 50m ' de yere düşer. Her anten birkaç konuşma kanalına (tipik olarak 2-4, en fazla 16)

sahiptir. Bir kule ile 30-40km'lik yarı çaplı bir alanın kapsanabilmesi için her kanal ortalama 40-60W çıkış gücüne ve antenler 15-18dB kazançla sahiptir. 60W güç ile 10m yüksekliğindeki bir kuleden 50m ötede ölçülecek alan şiddeti 4-6V/m civarında olacaktır. Bu değer çevredeki yakın binalardan ya da balkonlardan yansıma durumunda artabilir.

- Yapılan ölçmeler, çok anormal bir baz istasyonu yerleşimi seçilmediği sürece, ölçülecek elektrik alan değerinin 5-10V/m' nin üstüne çıkmayacağını göstermektedir. Ancak, yanlış yer seçimi ve hatalı yerleşim ile verilen sınır değerlerinin aşılması söz konusu olabilir. Ayrıca, şekil 11' de gösterildiği gibi, anten hüzmesinin yönü ve yansımalar durumu oldukça değiştirebilmektedir.
- Cep telefonlarında durum daha ciddidir. Ortalama 2W çıkış gücüne sahip 900MHz'de çalışan bir cep telefonundan 2.2cm ötede 400V/m şiddetinde elektrik alan değeri ölçülmüştür. Bu değer 1800MHz ve 1W çıkış gücü ile 200V/m' dir. Yani, beynimizin dibinde ölçülen değer baz istasyonlarının neden olduğu etki yanında yüz kattan daha fazla olabilmektedir.



Şekil 13: Tipik Baz istasyonu tesisleri ve EM enerji yayılımı

CEP TELEFONLARI SAR DEĞERLERİ

SAR (Specific Absorbtion Rate) Özgül Soğurma Oranı: Vücudun 1 kg'ının sıcaklığını 1°C yükselten elektromanyetik enerji miktarı.

ICNIRP: SAR= 4 Watt/kg Bu değer 10'da 1'i meslekleri gereği elektromanyetik alanlara maruz kalanlar için limit kabul edilmiştir (0.4 W/kg).(0.4 W/kg). Genel halk maruziyeti içinse mesleki maruziyetin 5'te 1'i alınmıştır. (0.08 W/kg).

SAR insan için ölçülmez. Laboratuvarlarda fantom modellemesi ya da bilgisayar modellemesi ile dokunun birim kütlelerinin soğurduğu enerji bulunur.

RF için SAR'ın zarar oluşturan biyolojik etki dozu

1 - 4 W / kg'dır. IEEE, ANSI, NCRP ve IRPA tüm vücut için SAR'ı 4 W kg kabul etmiştir.

SAR = 0.4 W / kg (meslekleri gereği maruz kalanlar için)

SAR = 0.08 W / kg (genel halk için)

Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü tarafından 1996 yılından beri yürütülen Elektromanyetik Alan Projesinde (WHO-EMF Project) cep telefonu SAR değerleri için üst sınıra (0.08 W/kg) yakın olan 0,1

W/kg SAR değeri önerilmektedir. Bu değerin üzerindeki cep telefonlarının kullanılmaması tercih edilmelidir.

Marka	Model	SAR (W/kg)*
Motorola	Star Tac 130	0.10
Nokia	Nokia 8810	0.22
Hagenuk	Global	0.28
Motorola	StarTac	0.33
Motorola	i1000plus	0.35
Mitsubishi	Trium Galaxy G-130	0.37
Motorola	Star Tac 130 (fixed antenna)	0.38
Sony	CM-DX 1000	0.41
Ericsson	SH888	0.42
Sony	CMD-C1	0.55
Ericsson	I8888 World	0.60
Nokia	6150	0.69
Motorola	CD 930	0.70
Siemens	C25	0.72
Nokia	8110i	0.73
Audiovox	HGP2000E	0.75
Ericsson	S828	0.77
Motorola	d160	0.81
Nokia	6110	0.87
Ericsson	A1018s	0.88
Sony	CMD-Z1	0.88
Ericsson	SH888	0.90
Ericsson	GF788	0.91
Trium	Galaxy	0.93
Motorola	cd 930	0.94
Panasonic	EB-G520	0.95
Ericsson	GH688	0.95
Audiovox	PCX-1000XL	0.98
Panasonic	EB G500	0.98
Audiovox	CDM 4000	1.00
Motorola	GSM 1900	1.00
Sharp	TQ G700	1.01
Philips	Genie	1.05
Nokia	1611	1.06
Philips	Diga	1.06
Philips	Savy	1.11
Bosch	GSM 909	1.13
Nokia	3210	1.14
Sanyo	SCP-400	1.16
Trium	Galaxy (fixed antenna)	1.16
Motorola	cd 920	1.17
Nokia	3110	1.24
Ascom	Axento	1.25
Motorola	Startac (TDMA)	1.25

Motorola	I500	1.25
Philips	Genie 1800	1.26
Nokia	6161	1.27
Samsung	SCH6100	1.27
LG	Info & Com	1.29
Mitsubishi	T250	1.29
Audiovox	9000	1.30
Bosch	M-Com 906	1.32
Ericsson	DH-668	1.32
Ascom	Elisto	1.33
Denso	TP 2200	1.33
Siemens	C25	1.33
Nokia	7160	1.33
Qualcomm	QCP-2760	1.33
Ericsson	A1228D	1.35
Motorola	Startac dualmode	1.36
Denso	Touchpoint	1.37
Sanyo	SCP-310	1.37
Neopoint	NP-1000	1.38
Samsung	SCH3500	1.38
Sanyo	SCP-4500	1.38
Nokia	8860	1.39
Sony	CMB-1200,2200,3200	1.39
Ericsson	T18	1.40
Ericsson	R280	1.41
Philips	Genie 1800 (fixed antenna)	1.41
Qualcomm	1960	1.41
Nokia	6162	1.42
Nokia	6185	1.42
Sanyo	SCP4000	1.44
Audiovox	3300	1.45
Nokia	5160	1.45
Mitsubishi	T200	1.47
Samsung	SCH8500	1.49
Ericsson	LX-588	1.51
Motorola	SC-3160	1.52
Philips	Genie 900	1.52
Ericsson	KF788	1.56
Motorola	v3688	1.58
Bosch	GSM908	1.59
Philips	Genie 900 (fixed antenna)	2.67

EPİDEMİYOLOJİ NEDİR ?

Epidemiyoloji sağlığı ilgilendiren tüm olayların sıklığı, dağılımını, nedenlerini ve üzüm yollarını inceleyen bilim dalıdır. Bir toplumun sağlık sorunlarının tanımlanması, zaman içinde değişimlerin incelenmesi, kişilerin belirli sağlık sorunları ile karşılaşma olasılık ve risklerinin saptanması; kişisel alışkanlıklar, vre, sosyal ve ekonomik etkenlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılması, sağlık sorunlarının zm için gerekli önlemlerin

belirlenmesi, sağlık ile ilgili kurum ve kuralların belirlenmesi epidemiyolojinin çalışma alanı içine girer.

EMC Hakkındaki Epidemiyolojik alışmalar Nelerdir?

- Günlük yaşamda maruz kalınan alanların beyin tümörlerini, özellikle erkeklerde lösemi ve akut myeloid lösemiye artırdığı gözlenmiştir. 2mG (iki miliGaus) gibi çok kk magnetik alanlar lösemi, lenfoma ve yumuşak doku sarkomlarını daha fazla olmak üzere tüm kanser türlerini 1.4 katı artırmaktadır.
- İngiltere, İsveç ve ABD; EM alanların akut myeloid lösemi riskini artırdığını rapor etmişlerdir.
- 1979'da ABD'de çocukluk kanserleri ve yüksek gerilim hatları ilişkisi 18 yaşında 344 çocukta araştırılmış ve hatta yakınlık arttıa çocuklarda lösemnin önemli ölçüde artış gösterdiği bildirilmiştir. Evleri hat yakınında bulunan yetişkinler için de lösemnin 2 kat arttığı gözlenmiştir.
- 1982 yılında İsveç'te 200KV'luk Yüksek Gerilim Hattı (YGH)'nın 150 m yakınındaki evlerde çocukluk kanserleri insidansının 2 katı arttığı rapor edilmiştir. (YGH'nın yerde oluşturduğu magnetik alan 0.1 G – 0.5 G). 1986'da ise 3mG'u açan şiddetlerde magnetik alana maruz kalanlarda kanser riski 2.7 iken, aynı adreste doğan ve hala yaşayan kişiler için riskin 5.6'ya yükseldiği bildirilmiştir.
- Elektrik hatlarında çalışanların beyin kanserine yakalanma oranı 7 kat fazla bulunmuştur.

EM Radyasyonun Canlılar zerindeki Kanıtlanmış Etkileri Nelerdir?

1996 yılında yüksek gerilim hatları yakınında yaşayan çocuklarda lösemi görülme riskinin diğerlerine göre 1.5 katı fazla olduğu Amerikan Bilimler Akademisi tarafından kabul edilmiştir.

- **Doku ve hücre sistemleri** ile yapılan çalışmalarda düşük şiddette EM alanlara maruz kalmanın; Biyomoleküllerin (DNA, RNA ve protein) sentezi, hücre bölünmesi, kanser oluşumu, hücre yüzeyine ait özellikler, membrandan kalsiyum giriş-çıkışı ve bağlanması üzerine etkili olduğu gözlenmiştir. Biyokimyasal ve fizyolojik olarak yine hücre ve dokularda; hücresel solunumun azaldığı, hormonların etkilendiği, doku ve hücrelerin hormonal cevabının değiştiği, karbonhidrat, nükleik asit ve protein metabolizmasının değiştiği, yapısal değişiklikler gözlendiği, farklı antijenlere karşı immun cevabın etkilendiği gözlenmiştir.

Radyo Dalgaları (RF: 10^4 - 10^9 Hz) ve Mikro Dalgalara (MW: 10^8 - 10^{12} Hz) maruz bırakılan deney hayvanlarında (kobay, fare, tavşan, kedi, sıçan) gözlenen etkiler aşağıda verilmiştir. **0.45 GHz - 1.9 GHz aralığında yapılan çalışmalar cep telefonu (Cellular Phone, CP) etkilerini yansıtmaktadır ve koyu harflerle verilmiştir** (↑: artış, ↓: azalış'ı simgelemektedir).

1) İmmünolojik Etkiler

- Eritrositlerde ve lenfoblastlarda ↑ 3.1 GHz (günde 120 dak/ 6 gün)
- T ve B Lenfositlerde ↑ 0.026 GHz (günde 15 dak/ 1gn)
- Blastogenesis ↑

2) Sinir Sistemine Etkiler

- Hipotalamusta norepinefrin ↓ 1.6 GHz (günde 10 dak/ 1gn)
- Hipotalamusta dopamin ↓ 1.6 GHz (günde 10 dak/ 1gn)

- **Hipotalamusta nöron büyümesi 1.7 GHz (22 gün)**
- Purkinje hücrelerinde ↓ 2.45 GHz (günde 1260 dak/ 5 gün)
- Beyin hücreleri sıcaklığında ↑ 2.45 GHz (günde 2.5-7 dak/ 1gün)
- EEG frekanslarında değişim
- **BBB (kan-beyin bariyeri) geçirgenliğinde ↑ 1.3GHz (günde 20 dak/ 1gün)**
- Beyinde peroksidaz ↑ 2.45 GHz (günde 120 dak/ 1gün)
- Myelin dejenerasyonu --- 3 GHz (günde 180 dak/ 90 gün)
- Glial hücre proliferasyonu --- 3 GHz (günde 180 dak/ 90 gün)

3) Hematolojik Etkiler

- Hematokrit ↑ 24 GHz (günde 180 dak/ 1 gün)
- Beyaz kan hücreleri ↓ --- 24 GHz (günde 180 dak/ 1 gün)
- Lenfosit ↑ 0.425 GHz (günde 240 dak/ 47 gün)
- Lökosit ↓ --- 24 GHz (günde 180 dak/ 1 gün)
- Eritrosit ↓ --- 2.45 GHz (günde 5 dak/ 1 gün)

4) Kardiyak Fonksiyonlara Etkisi

- Kalp hızı ↓ --- 0.96 GHz (günde 60 dak/ 1 gün)
- Bradikardi --- 0.96 GHz (günde 5-10 dak/ 1 gün)
- Taşikardi (başın maruziyeti) --- 2.4 GHz (günde 60 dak/ 1 gün)
- Solunum hızı ↑(sırtın maruziyeti) --- 2.4 GHz (günde 20 dak/ 1 gün)
- EKG 'de değişimler (QT kısalması, T dalgasının yüksekliğinde ↑) --- 2.4 GHz(günde 20 dak/ 10 gün)
- Nabız ↑

5) Nöroendokrin Sisteme Etkileri

- Tiroid hormon ↑ --- 3 GHz (günde 180 dak/ 48 gün)
- TSH ↓↓
- Serum thyroxine ↓ --- 2.45 GHz (günde 240-480 dak/ 1 gün)
- CS --↑ 2.45 GHz (günde 240-480 dak/ 1 gün)
- Leutinizing hormon --↑ 2.86 GHz (günde 360 dak/ 36 gün)
- Adrenal bez (agirlik) ↑--- 2.45 GHz (günde 5 dak/ 6 gün)

6) Büyüme ve Gelişim Etkileri

- Vücut & Beyin ağırlığı ↓ --- 2.45 GHz (günde 300 dak/ 16 gün)
- Fetus ağırlığı ↓--- 2.45 GHz (günde 100 dak/ 12 gün)
- Doğum sonrası ölüm ↑ --- 2.45 GHz (günde 10 dak/ 1 gün)

7) Genetik Etkiler

- Akciğer hücrelerinde kromozom aberasyonu --- 0.019 GHz (günde 30 dak/ 1 gün)
- Sperm hücrelerinde kromozom translocation --- 9.4 GHz (günde 60 dak/ 10 gün)
- Mutasyon ↑--- 9.4 GHz (günde 0.03 dak/ 1 gün)
- **Testis DNA 'sinin termal denatürasyon profilinde değişim--- 1.7 GHz (günde 80 dak/ 1 gün)**
- **Interstisyel hücrelerde değişim --- 1.6 GHz (günde 100 dak/ 1 gün)**
- **Doku nekrozu --- 1.6 GHz (günde 100 dak/ 1 gün)**

8) Klinik kimya ve Metabolizma

- **Nikotinamid adenin dinucleotid ↑--- 0.591 GHz (günde 0.5 dak/ 1 gün)**
- **ATP ↓ --- 0.591 GHz (günde 0.5 dak/ 1 gün)**
- Serum glikoz↑--- 2.45 GHz (günde 120 dak/ 1 gün)

- Ürik asit \uparrow --- 2.45 GHz (günde 120 dak/ 1 gün)
- **Beyinde demir ve manganez \uparrow --- 1.6 GHz (günde 10 dak/ 1 gün)**
- Metabolik hız \downarrow --- 2.45 GHz (günde 30 dak/ 1 gün)
- **Eritrosit (elektroforez) mobilitesi \uparrow --- 1 GHz (günde 4,8,15,30 dak/ 1 gün)**
- Eritrositlerde K+efflux \uparrow --- 2.45 GHz (günde 60,120,180,240 dak/ 1 gün)
- Eritrositlerde Na+ influx \uparrow --- 2.45 GHz (günde 60,120,180,240 dak/ 1 gün)
- Na+ pasif transportu \uparrow --- 2.45 GHz (günde 60 dak/ 1 gün)

9) Testisler Üzerindeki Etkiler

- Testiküler dejenerasyon --- 9.27 GHz (günde 4.5 dak/ 295 gün)
- Testiküler lezyon --- 10 GHz (günde 5 dak/ 1 gün)

10) Oküler Etkiler

- Intraoküler sıcaklık \uparrow
- Katarakt gelişimi ≥ 800 W/m²

EM Alanların İnsan Sağlığı Üzerindeki Diğer Olumsuz Etkileri Nelerdir?

EMA'nın iki tür etkisi vardır. Birinci kısım; Kısa zamanda hissedilen etkiler diyebileceğimiz baş ağrıları, göz yanmaları, yorgunluk, halsizlik ve baş dönmeleri gibi şikayetlerdir. Ayrıca gece uykusuzlukları, gündüz uykulu dolaşım, küskünlük ve sürekli rahatsızlık nedeniyle topluma katılmamak gibi neticeler de literatürde rapor edilmiştir. Diğer bir etki ise; Moleküler ve kimyasal bağlara, hücre yapısına, vücut koruma sistemine yaptığı ve uzun sürede ortaya çıkabilen etkilerdir.

EMA'nın kansere yol açıcı bir faktör olduğu % 100 henüz kesin olarak ispat edilmemiştir. Fakat yapmıyor da diyemeyiz. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalardan yorumlar yapılmaktadır. Kanseri arttırıcı etkisi mevcuttur. Etkilerinin oluşması EMA'nın frekansına, şiddetine, vücut ölçülerine, vücudun elektriksel özelliklerine, EMA'nın mesafesine ve en önemlisi etki süresine bağlıdır. Buna göre en çok tehlikeye yüksek gerilim hatlarında veya yüksek gerilim tesislerinde, radyo ve TV alıcı-vericilerinde çalışanlar maruz kalmaktadırlar. Yüksek gerilim ve akımdan dolayı enerji iletim hatlarının çevresinde elektro magnetik alanlar meydana gelmektedir. Çevre bilincinin giderek önem kazanması ile enerji iletim hatlarının çevresindeki alçak frekanslı elektrik ve magnetik alanların, çevredeki bitki örtüsü, hayvanlar, insanlar üzerindeki biyolojik etkisinin belirlenmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda evlerin yakınındaki yüksek akımlı elektrik hatları ile kanserin ilişkisinin daha ileri bir araştırması, erişkin kanserlerinin vaka-kontrol çalışması yürütülmüştür. Yüksek akımlı konfigürasyonlar yakınında yaşayan 55 yaşın altındakilerde sinir sistemi, rahim, göğüs ve lymphoma tip kanserlerde önemli artış gözlenmiştir. Kalkınmış ülkelerde TV, radyo ve cep telefon hizmetlerine yaydıkları güç açısından sınırlamalar getirilmiştir. Ülkemizde herhangi bir sınırlama yoktur. Kullandığımız teknolojik ürünlerin çoğunu, faydaları zararlarını aştığı için kullanmaya devam ediyoruz. Magnetik alanların intihar ile ilişkisi olduğunu iddia ederek işi aşırı seviyede abartanlar da yok değildir. Japonya'da bütün elektriksel ekipmanlar 1973'te yayınlanan Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı'nın düzenlediği Elektriksel Tesisatların Teknik Standartlarına mecbur tutulur. Kalabalık nüfuslu, % 25 ya da daha fazla yapıların kapladığı bölgelerde yüksek gerilim havai hatların yapımı yasaklanır.

Elektromagnetik alan oluşturan Radyo Frekanslarının (RF) gözler, sinir sistemi, üreme ile ilgili dokularda, dolaşım sisteminde ve bazı vücut organlarında ciddi etkileri vardır. Genital organlar RF alanlarına karşı çok duyarlıdır. Histolojik araştırmalar, çeşitli işlem fazında sperm oluşmasının kesildiğini veya durakladığını ortaya koymuştur. Bu morfolojik değişimler üreme çevriminde, döl azalma kısırlaşma ve dişi doğum sayısında artış olarak

kendini gösterir. RF hamile kadınların düşük oranında artmaya neden olduğu bilinmektedir. Hamilelik başlangıcında kısa dalga tedavisi gören bir annenin çocuk doğduğunda normalden çok daha az kemikleşme eksikliği gibi anormallikler görülebilir. Ayrıca dolaşım sistemindeki etkinin nefes almada hızlanmaya bazen de gecikmeye neden olduğu gözlenmiştir. Böbrek, böbreküstü bezler, karaciğer üzerine etkiler konusunda birçok çalışma yapılmıştır. RF alanlarda çalışan personelde özellikle kadınlarda, troid bezi büyümesi gözlenmiştir. Evlerde kullanılan cihazların ürettiği magnetik alanlar da ciddiye alınacak düzeydedir. Alternatif Akım kullanan makinalar yüksek şiddette magnetik alan üretirler. Elektrikli Tıraş makinesinden saç kurutma makinasına kadar birçok alet bu zararları beraberinde getiriyor. Televizyonlar, Floresan Lambalar, mikro dalga fırınlar, elektrikli battaniyeler, elektrikli ısıtıcılar ve fırınlar gibi daha birçok aleti de bunların yanında sayabiliriz. Binaların yapısında kullanılan maddeler Elektromagnetik enerjiye mani olamadıklarından, yeni doğmuş veya küçük çocukların yatakları TV arkasına gelen bölgelerde olmamalıdır. Fareler üzerinde yapılan deneyde TV'den gelen EM dalgaların büyümeyi önlediği ve beyin fonksiyonlarının etkilendiği ve erkek farelerin testislerinin küçüldüğü gözlenmiştir. Genel olarak alan şiddetine maruz kalmamak için küçük ekranlı TV'den en az 110 cm, büyük ekranlı TV'den 2 m uzakta oturmak gerekir.

Yapılan araştırmalara göre 10 W'lık Floresan lamba, 60 W'lık Akkor Telli Lambadan en az 20 defa daha fazla magnetik alan üretmektedir. Tavana yerleştirilen armatürdeki 20 W'lık Floresan Lamba içerdekilerin başlarında normalin üzerinde elektromagnetik alan ürettikleri gözlenmiştir. Bu gibi gözlemlerden dolayı bütün gün Floresan Lamba ile aydınlatılan sınıflarda ders gören okul çocuklarının anormal aşırılıklarını bu tür aydınlatmaya bağlayan ilim adamları mevcuttur. Bütün gün Floresan Lamba tarafından aydınlatılan işyerlerinde magnetik alan seviyesinin tehlikeli miktara ulaşabileceğini tahmin etmek zor olmasa gerek. Bu konuda maalesef hiç bir çalışma yapılmamıştır.

Mikro dalga fırının mutfağa, çalışırken önünde durulmayacak biçimde yerleştirilmesi uygun olur. 1500 kadın üzerinde yapılan araştırmalarda elektrikli battaniye kullanan kadınlarda kullanmayanlara göre düşük vakasının arttığı ortaya çıkmıştır. Elektrikle ısıtılan veya elektrikli battaniyeli yatağa girmeden önce kapatma işlemi düğmeden değil, duvardaki prizden fişi çekmek suretiyle yapılmalıdır. Aksi takdirde battaniye çalışmasa bile fiş takılı iken elektrik alan üretmeye devam edecektir.

Cep Telefonlarıyla Diğer EM Alan Üreten Araçların Sağlık Açısından Karşılaştırılması:

Çok düşük frekanslı alanların dört önemli yönden etkilerinden şüphe edilmektedir.

- Hücreler arası aktiviteyi etkilemek
- Hormon salgısını etkilemek
- Vücudun koruma sistemini etkilemek
- Embriyonlarda anormal gelişmelere neden olmak.

Radyo Frekans dalgalarının bilinen potansiyel biyolojik etkileri şu başlıklarda toplanabilir.

- Tek bir hücre veya hücre sistemlerini etkiler
- Genetik düzen ve gelişme üzerinde etkilidir.
- Gelişmiş organ, doku veya hücre sistemleri üzerinde etkilidir.
- Metabolizma ve düzenleme sistemleri üzerinde etkilidir.
- Moleküler sistemi üzerinde etkilidir

Magnetik alanların yayılmasına insan vücudu, örtü, duvar gibi şeyler engel olamaz. Sıvı kristal ekran (LCD) bilgisayarlarda elektrik ve magnetik alan yayılımı yoktur.

Video ve bilgisayar monitörlerden yayılan RF enerjisi hamile kadınların düşük yapma oranını, gözler üzerinde zararlı etki oluşturma ihtimalini maruziyet süresine bağlı olarak artırmaktadır.

EMA'yı en fazla hissettiren aletlerden biri cep telefonudur. Son yıllarda cep telefonlarının sağlığı etkileyen oranda EMA oluşturduğunun ortaya çıkması ile genelde Magnetik alan yayan aletler özelde ise cep telefonları masaya yatırılarak incelenmeye başlandı. Cep telefonları genellikle konuşma anında maksimum çıkış veren, darbeli çıkışa sahip EMA kaynağı cihazlardır. Etkisi birkaç günde ortaya çıkacak ya da bu etki laboratuarda birkaç seansta ispatlanacak şeklinde düşünülemez. Buna ne yeterli kobay bulunabilir ne de bu kobaylar aynı sağlık geçmişine sahip olurlar. Bunu bir çeşit açık mikro dalga fırın olarak düşünebiliriz. Mikro dalga fırınlar pizzayı yarım saatte pişirirken cep telefonları insanı belki beş-on senede pişirecektir. Cep telefonları dikkatli kullanıldığında EMA açısından kısa vadede çok ciddi bir tehlike taşımıyor. Tehlikeli periyot özellikle arama esnasında ve biraz da konuşma anında olmaktadır. Tehlikeyi artıran diğer bir unsur da konuşma süresidir. Telefonu vücuttan özellikle hassas organlardan mümkün olduğunca uzakta taşınmalı, uzun süreli oturmalarda cihaz vücuttan en az bir metre uzakta kalmalı, telefon konuşmaları mümkün olduğu kadar kısa olmalı, bebeklerin cep telefonundan ortalama bir metre uzakta olmalarına dikkat edilmeli, kalp pili veya işitme cihazı kullananların cep telefonu kullanmamalarına özen gösterilmesi sağlık açısından faydamızdır. Cep telefonları EMA yaydıkları için EMA duyarlı cihazları da etkilemektedir (Kalp pili, işitme cihazı en önemlilerindedir). Araştırmalar, cep telefonlarını 2-15 dk. arasında kullananlarda kullanmayanlara göre iki kat, 15-60 dk. arasında kullananlarda üç kat ve 60 dk.'dan fazla kullananlarda ise kullanmayanlara göre altı kat oranda baş ağrısı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Dış elektrik alanların aksine magnetik alanlar, insan vücudu tarafından bozulmazlar ve herhangi bir zayıflamaya uğramadan vücuda nüfuz ederler.

EM Kirlilik ile İlgili Güncel Sorular

1. Baz istasyonları nükleer radyasyona neden olur mu? Bu radyasyon canlılar üzerinde nükleer radyasyona benzer etkiler yapar mı?

Nükleer radyasyon, yüksek enerjili fotonların yol açtığı iyonlaştırıcı radyasyondur. Baz istasyonlarının neden oldukları ışınım iyonlaştırıcı olmayan radyasyon sınıfında olup baz istasyonları nükleer radyasyona neden olmazlar. İyonlaştırıcı radyasyon bölgesindeki dalgaların frekansları baz istasyonlarının çalışma frekanslarından yaklaşık milyon kere daha yüksektir.

2. Mobil telefonlar ve baz istasyonlarından yayılan elektromanyetik dalgaların kanser yaptığı yönünde tekrarlanmış herhangi bir kanıt var mıdır?

İyonlaştırıcı radyasyonun hücrelerin genetik malzemesini (DNA) etkileyerek mutasyon ve kansere yol açtığı bilinmekle birlikte, RF dalgaların benzer etkiler yaptığı kanıtlanmamıştır. Son yıllarda cep telefonlarının özellikle beyin tümörlerini arttırıp arttırmadığı konusu gündeme gelmiş, ancak bugüne kadar yapılan incelemelerde cep telefonu kullanımının kansere yol açtığını gösterecek kesin deliller bulunamamıştır. Son olarak A.B.D. ve Danimarka'da yapılan ayrıntılı çalışmalar cep telefonu kullanımının beyin tümörü riskini arttırmadığını açıkça ortaya koymuştur. Öte yandan bugüne kadar yapılan çalışmalar, cep telefonu teknolojisiyle kanser arasında kesinlikle bir ilişki yoktur demek için yetersizdir. Bu nedenle, başta Dünya Sağlık Örgütü (WHO) olmak üzere çeşitli kuruluşlar bu konuda daha kapsamlı çalışmalar başlatmışlardır. Bu çalışmaların sonuçlarının önümüzdeki yıllarda alınması beklenmektedir.

3. Mobil telefon ve baz istasyonları baş ağrısı, uykusuzluk, dikkat bozukluğu gibi durumlara neden olabilir mi?

Günlük yaşamda maruz kalınan RF seviyelerinin baş ağrısı, uykusuzluk gibi sorunlara yol açtığı kesin olarak gösterilememiştir. Ancak çeşitli çalışmalarda, ICNIRP' nin belirlediği

sınır değerlerin altında mobil telefon sinyallerinin beynin elektriksel aktivitelerinde ve algılama fonksiyonlarında (dikkat, hatırlama, tepki verme gibi) kısa süreli değişimlere neden olduğu gösterilmiştir. Fakat bu değişimlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri bilinmemektedir.

4. Cep telefonlarının bilimsel olarak kesinlikle kanatlanmış zararlı etkileri var mıdır?

Cep telefonu kullanımının sürücülerde kaza riskini arttırdığı kanıtlanmıştır. Kaza riski sürücünün yaşı ile orantılı olarak artmakta, cep telefonu yerine araç telefonu da kullanılsa risk aynı kalmakta (konuşmanın dikkati dağıtması nedeniyle) ve etki kanda %0,05 alkol bulunması düzeyine ulaşmaktadır.

5. Mobil telefonlar ve baz istasyonlarından yayılan elektromanyetik dalgalar düşük doğum ya da sakat doğuma neden olurlar mı?

Bütün vücudun ısınmasına yol açacak derecede RF dalgaların etkisinde kalmak düşük doğum ve sakat doğuma neden olabilir. Ancak mobil telefonlar ve baz istasyonu antenlerinin yaydığı güç, bu tür bir ısınmaya neden olmak için çok düşüktür. Mobil telefon ve baz istasyonları antenlerinden yayılan RF dalgaların yol açtığı ve halkın etkilendiği güç seviyelerinin düşük doğuma ya da sakat doğuma yol açtığını gösterir hiçbir laboratuvar ve epidemiyolojik kant yoktur.

6. Kalp pili kullananlar mobil telefon kullanabilir mi?

ANSI (American National Standarts Institute – Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü) standartlarında kontrolsüz etkilenme için belirlenmiş seviyeler korunduğu sürece vücut içine konulmuş tıbbi elektronik cihazların mobil telefon ya da baz istasyonlardaki antenlerinden yayılan RF dalgalarından etkilendiklerini gösteren bir kanıt bulunmamaktadır. Ancak mobil telefon anteni doğrudan kalp pili üzerine konulursa etkileşim olasıdır. Bu nedenle mobil telefonların kalp pili kullananlarca göğüs cebinde taşınmaması önerilmektedir.

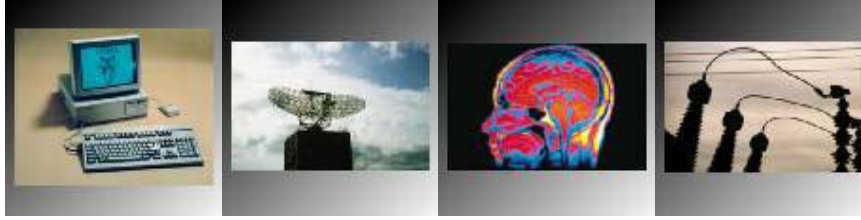
7. Elektromanyetik radyasyonun insan vücudunda en fazla etkili olduğu bölgeler nerelerdir?

Elektromanyetik radyasyonun ısıtma yönünden insan vücudunda en etkili olduğu bölgeler başka bölgelerden farklı olarak fazla ısıyı dağıtacak kan akışı olmamasından dolayı gözler ve testislerdir. Ancak mobil telefon ve baz istasyonlar antenleri tarafından yayılan güç, bu tür bir ısınmaya neden olmayacak denli düşüktür.

Radyo-TV Vericileri ve Baz İstasyonları'nın Çevreye Etkileri

8. Bir apartmanın çatısında ya da duvarında baz istasyonu anteni bulunması o apartmanda bulunanları yüksek risk grubu haline getirir mi?

Baz istasyonlarındaki antenler dar bir bölgeyi etkileyen yönlü antenlerdir. Bu antenler arkalarında ya da diplerinde ısımanın çok az olacağı biçimde tasarlanmışlardır. Bu nedenle buldukları binada yaşayanları yüksek risk grubu haline getirmezler. Ancak antenin konumu, antenin ısıma örüntüsünün kurulduğu binayı içine almayacak şekilde belirlenmelidir. Ayrıca, anten için yer seçimi ve antenin kurumu sırasında yakın alandaki binaların risk altına alınmamasına dikkat edilmelidir. Anten yeri, çalışma frekansı ve çıkış gücüne göre hesaplanacak güvenlik mesafesi içinde insanların istem dışı ve sürekli maruz kalmayacağı şekilde seçilmelidir.



9. Radyo ve TV verici yayınları güvenli midir?

Radyo ve TV vericileri de RF elektromanyetik dalgalar yoluyla yayın yaparlar. Yayın yapan antenlerden dolayı çevrede yaşayanları etkileyebilecek RF enerjisi miktarı, istasyon tipi, kullanılan antenin tasarım karakteristiği, antene iletilen güç, antenin yüksekliği ve antenden uzaklığa göre değişir. Bazı frekanslarda insan vücudu tarafından emilen elektromanyetik enerji başka frekanslardaki emilimi göre daha fazladır. Dolayısıyla yayınlanan sinyalin frekansı da önemlidir. Kişinin boyutlarına bağlı olarak ayakta duran bir yetişkinin RF elektromanyetik dalgalardan en fazla etkilenebileceği frekans bölgesi 80 ile 100 MHz arasındadır. Ancak, radyo ve TV verici antenleri yüksek kuleler üzerine kuruldukları ve kuruldukları bölgelerin yaşam bölgelerine uzak seçildikleri sürece halkın etkilenebileceği RF enerji seviyeleri önerilen seviyelerin altında olmaktadır. Dolayısıyla, radyo ve TV vericileri insanların yaşam alanlarından uzak yerlere kurulmalıdırlar.

10. Mobil araç telefonları güvenli midir?

Mobil araç telefon antenleri araba dışına monte edilirler. Standartlarla belirlenen RF seviyelerine etkisinde kalmak için çok uzun süre ve mobil araç telefonu antenine çok yakın bulunmak gerekmektedir. Aracın iletken olan metal gövdesi RF elektromanyetik dalgalara karşı kalkan görevi görmekte ve böylece etki azalmaktadır. Arka pencereye monte edilmiş mobil araç telefonu anteni dolayısıyla araçtaki kişilerin etkileneceği RF enerji seviyelerinin standartlarla belirtilmiş seviyelerin altında olması için tavsiye edilen uzaklık en az 30-60 cm'dir. En fazla 3W çıkış gücü olan ve düzgün monte edilmiş bir mobil araç telefonu anteniyle aradaki uzaklık en az 15 cm olduğunda, aracın içindeki ya da yakınındaki kişilerin etkilenebileceği RF enerji, FCC'nin belirlediği sınır değerlerin çok altında kalmaktadır. Etkinin zamana göre ortalaması alındığında etkilenilen değerler daha da azalmaktadır.

EM RADYASYONDAN KORUNMAK İÇİN PRATİK ÖNERİLER

- Elektrikli aletleri kendinizden mümkün olduğunca uzakta çalıştırın. Elektromanyetik etki mesafe ile hızla azalacaktır.
- Kullanmadığınız aletleri ya kapalı tutun ya da fişten çıkarın. 'Stand by' konumunda kaldığı sürece elektromanyetik kirlilik yaratacaktır.
- Düşük radyasyonlu bilgisayar ekranı kullanmaya özen gösterin yada ekran filtresi kullanın.
- Ekonomi (halojen ve floresan) lambaları mümkünse kullanmayın, kullanıyorsanız kendinizden uzakta tutun; gece lambası ve okuma lambası olarak kullanmayın. Halojen lambalar yüksek akımlar kullanırlar
- Eski telefon hatlarına bağlı telsiz telefonların çıkış güçleri çok yüksek değil; ancak cep telefonlarında durum bunun tam tersi.
- Araç telefonlarının antenleri araçların tepesinde olmalı, yanlarında ya da pencerede değil.
- Dinlendirici bir uykuya geçmek için en ideal koşul yatak odasında TV ve radyo bulunmamasıdır.
- Elektrikli saat/ radyo/ alarm'ı başucunuzda bulundurmeyin (pilli kullanmayı tercih edin). Elektrikle çalışan radyolu çalar saat kullanmayınız. Kullanmak zorundaysanız başınızdan

mümkün olduğunca uzakta tutunuz. Odada herhangi bir alet kullanılmadığı sürece odaya gelen elektrik akımı kesebilirsiniz.

- Yatak odasında başucunuzdaki duvara komşunuzda bir elektronik aletin bitişik durmamasını sağlamaya çalışın.
- Cep telefonu kullanmadığınız sürece kapalı tutun. Gerekeceği kadar cep telefonlarını kullanmayın. Üzerinizde açıkken bulundurmuyun (Kalp üstünde, bel ve göğüste bulundurmuyun). En iyisi cep telefonu kullanma çılgınlığına son verin.
- Açık telefonu kendinizden en uzak mesafede bırakın. Tercihen 1 m mesafeden kulaklıkla konuşun. Acil durumlar dışında yanınızda açık taşımayın veya hep kapalı tutun, gerektiğinde siz arayın. SAR < 0.1 W/kg olan cep telefonlarını tercih edin.
- Yatağınızı EM alanlardan olabildiğince uzağa koyunuz.
- Elektrikli battaniye kullanmayın yada yatmadan önce yatağınızı ısıtarak kullanın.
- Tüm VDU'lerin (TV, bilgisayar) arkalarında EM elektromanyetik alan daha büyüktür. Komşunuzda bu aletlerin nereye yerleştiğine dikkat edin.
- Lap Top bilgisayarlar (LCD ekran) şarjlı kullanıldığında düşük EM alana sahiptir (uzakta şarj edilmelidir).
- Saç kurutma makinesinin manyetik alanı çok yüksektir ve pineal bezden melatonin salgılanmasını etkiler. Sürekli kullanmak yerine aralıklarla kısa süreli kullanın. Akşamları kullanmayın.
- Evinizdeki ve işyerinizdeki elektrik ve manyetik alanları ölçtürün.
- Mikrodalga fırın çalışırken en az 1 m'den uzakta durun. Gerekeceği kadar kullanmayın.
- Fotokopi makinelerinden (yüksek manyetik alan) en az 50 cm uzakta durun.
- Elektrikli traş makinesi kullanmayın veya şarjlı kullanın veya jilet tercih edin.
- TV ekranlarından (ön ve arkasından) en az 2 m uzakta bulunun.
- Elektrikli daktiloları kullanmadığınızda fişten çıkarın.
- Çamaşır/ bulaşık vs. makineleri çalışırken yakınında bulunmayın.
- Cep telefonu baz istasyonlarının evlerinizin çatısına ve okullara veya yakın çevrenize takılmasına izin vermeyin. (Yeni Zelanda, ABD, UK'da bu konuya halk sahip çıktı. UK'de istasyonlara yakın evler daha ucuza satılıyor.)
- Bazı kimselerde bilgisayar monitörlerine ve diğer elektrikle çalışan aletlere karşı aşırı hassasiyet oluşmakta ve reaksiyonlar açığa çıkmaktadır. Bu reaksiyonlar:

- boğazda kuruluk hissi
- gözde problemler (ağrı ve görme bozukluğu)
- kısa süreli hafıza kaybı, konsantrasyon zorluğu , uyuklama hali
- baş ağrısı
- alerji
- uykusuzluk
- seslere karşı hassasiyet, işitme zorluğu
- yorgunluk

Bu semptomları daha çok aşağıdakilerin indüklediği öne sürülmektedir:

- elektrikle çalışan Lap Top bilgisayar ve bilgisayar monitörleri
- TV
- Floresan ve halojen lambalar
- Evdeki elektrik hatlarının yarattığı E alanlar
- Evdeki elektrikli aletler
- Cep telefonları

Unutmayınız ki kullandığınız herhangi bir alet yaşamınızı kolaylaştırıyorsa, karşılığında büyük olasılıkla sağlığınızdandır götürüyordur

EM Kirlilik Sorununun Ülkemizdeki Yansımaları Nelerdir?

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

Türkiye’de bugün 13 milyon civarında cep telefonu abonesi olduğu sanılmaktadır. Varolan Turkcell ve Telsim GSM şebekelerinin yanına İş Bankası konsorsiyumu da katılmak üzere ihaleyi kazanmıştır. Sadece bu yıl Türkiye’de 3000’den fazla yeni baz istasyonu kurulacağı, bu sayının üçüncü şebeke de devreye girdiğinde çok artacağı beklenmektedir. Çevre Bakanlığı bunlara bir düzenleme getirmek üzere genelgesini henüz yayınlamıştır. Bu genelge ile valiliklere sorumluluk, TÜBİTAK ve üniversitelere de denetleme ve ölçme yetkisi vermektedir. Sağlık Bakanlığı konu üzerinde uzun süredir çalışmalarını sürdürmektedir. TSE (Türk Standartları Enstitüsü) yıllardır standartların düzenlenmesi çalışmalarına eğilmektedir.

SONUC

Bu yazıda, özellikle cep telefonu ve baz istasyonlarına yönelik olarak, EM kirlilik konusu ele alınmıştır. Tanımlar, standartlar ve limitler irdelenmiş, ölçülebilecek parametreler ve ölçü teknikleri üzerinde durulmuştur ve kavram kargaşasına yol açan hususlar açıklanmıştır. Sonuç olarak:

- EMC ve BEM disiplinler arası, karmaşık konulardır.
- 900 ve 1800MHz frekans bölgesini kullanan cep telefonları daha da artan bir hızda yaşantımızda olacaktır. Konunun toplum sağlığı ve psikolojisi gibi boyutları olduğundan ciddi önlemler gereklidir.
- TÜBİTAK, üniversiteler, ilgili kamu kuruluşları ve bakanlıklar, meslek odaları, yerel yönetimler ve Telsim, Turkcell ve yeni konsorsiyum bir arada aynı dili konuşur duruma gelmelidir.
- Tipik ölçü aletleri saptanmalı ve aynı parametreler ölçülmelidir. Özellikle baz istasyonları civarındaki elektrik alan şiddetinin ölçülmesi için birkaç bin Amerikan dolarını geçmeyen basit, geniş bantlı taşınabilir alan ölçer cihazlar vardır. Bu alet ile herhangi bir ortamdaki birkaç yüz MHz’den birkaç GHz’e kadar geniş bir bantdaki eşdeğer güç ölçülebilir. Bu durumda elde edilen değer limitlerin civarında ya da üstünde is frekans seçici (örneğin, spectrum analyzer) bir alıcı ile daha hassas ölçüm yapılabilir.

- Gerek cep telefonları (bazı modeller hariç) gerekse baz istasyonu tesisleri belirlenen limitlerin altında EM etki yaratmaktadır. ANCAK, limitlerin kendileri tartışma konusudur ve ülkelere ve kurumlara göre farklılıklar vardır.
- ANCAK, tesis kurumu ve alan seçimi ÇOK ÖNEMLİdir. Dikkat edilmezse limitler kolayca aşılabilir. Tesis için yer seçimi ve kurumu, TÜBİTAK ve benzeri kurumlar gözetiminde üç şebekeyi de içine alçak bir planlama ile gerçekleştirilmelidir.
- Çevre, Sağlık gibi bakanlıklar BEM konusunda çalışmalarını sürdürmeli ve bu yönde ulusal projeler desteklenmelidir. Bu konuda bilinenler bilinmeyenler yanında çok ama çok azdır. Bu nedenle, konunun uzmanları olan saygın kurumlar bir yandan ölçülebilir, kontrol edilebilir limitler koyarken bir yandan da bilinmeyene karşı temkinli ve uyanık olmak gereğinin (bu yaklaşıma “precautionary approach” denmekte) altını ısrarla çiziyorlar. Özellikle zararlı EM etkiler bu etkilere maruz kalma süresi ile orantılı olduğundan önlerinde yetişkinlere göre daha uzun yaşam süresi olan çocuklara ve gençlere karşı daha koruyucu davranma gereği açıktır.

İNTERNET ADRESLERİ

Elektromanyetik dalgaların insan sağlığına etkileri konusunda internet üzerinden ayrıntılı bilgi edinilebilecek adresler:

American Radio Relay League: www.arrl.org
 American National Standards Institute: www.ansi.org
 Bioelectromagnetics Society: www.bioelectromagnetics.org
 COST 244 (Europe): www.radio.fer.hr/cost244
 DOD: www.brooks.af.mil/AFRL
 European Bioelectromagnetics Assc.: www.ebea.org
 Electromagnetic Energy Assc.: www.elecenergy.com
 Federal Communications Commission: www.fcc.gov/oet/rfsafety
 FEB - The Swedish Association for the ElectroSensitive: www.feb.se
 ICNIRP (Europe): www.icnirp.de
 ICNIRP Guidelines: www.icnirp.de/Documents/Emfgdl.PDF
 IEEE (America): www.ieee.org
 IEEE Committee on Man & Radiation: www.seas.upenn.edu/~kfoster/comar.htm
 International Microwave Power Inst.: www.impi.org
 Microwave News: www.microwavenews.com
 J.Moulder, Med.Coll.of Wisc.: www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html
 National Council on Radiation Protection & Measurements: www.ncrp.com
 NJ Dept Radiation Protection: www.state.nj.us/dep/rpp
 Richard Tell Associates: www.radhaz.com
 US OSHA: www.osha-slc.gov/SLTC
 World Health Organization EMF Project: www.who.ch/peh-emf
 Electromagnetic Fields and Public Health Cautionary Policies: www.who.int/pehemf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm
 Electromagnetic Fields and Public Health: www.who.int/int-fs/en/fact193.html
 Consumer Update on Mobile Phones: www.fda.gov/cdrh/ocd/mobilphone.html
 Cellular phones and Brain Tumors: www.nejm.org/content/2001/0344/0002/0133.asp