



ELEKTROMANYETİK ALANLARIN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ ÇALIŞTAY SONUÇ RAPORU

ANKARA 2014

PROJE SAHİBİ

MEHMET BAYRAMOĞLU
TEMKODER YÖNETİM KURULU BAŞKANI

PROJE GENEL KOORDİNATÖRÜ

SAMİ YALDIZBAŞ
TEMKODER GENEL SEKRETERİ

HAZIRLAYAN

Prof. Dr. Ersin FADİLLİOĞLU
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ ÖĞRETİM ÜYESİ

İNCELEYEN

Prof. Dr. UĞUR BAYSAL
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ ÖĞRETİM ÜYESİ

BASKI

Cem Veb Ofset Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti
Alinteri Bulvarı No 29 Ostim / İvedik / Yenimahalle / ANKARA

ISBN: 978-605-86215-1-0

Bu kitap TEMKODER (Elektromanyetik Kirliliği Önleme, Ölçme, Araştırma ve Eğitim Derneği) tarafından hazırlanmıştır.

Bu kitabın her hakkı saklıdır ve TEMKODER'e aittir. İlgili kuruluştan izin almadan kitabın tümü ya da bölümleri, mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt ve başka şekillerde çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz.

Bu kitap Tübitak 2223-d Türk Alman ikili işbirliği proje desteği kapsamında hazırlanmıştır. Bu kitaptaki veriler, projeyi hazırlayan ve uygulayan TEMKODER'in "Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığına Etkileri Çalıştayı" kapsamında yapılan tebliğler sonucu ortaya çıkan verilerdir. Tebliğ içeriği tebliği veren bilim adamlarına aittir. Bu veriler, projeyi destekleyen Tübitak'ı hiçbir şekilde bağlamamaktadır.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	4
(Mehmet BAYRAMOĞLU)	
AÇILIŞ KONUŞMASI.....	6
(Mehmet BAYRAMOĞLU)	
ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK EPİDEMİYOLOJİSİ.....	10
(PROF. DR. SAİD BODUR)	
ELEKTROMANYETİK ALANLARIN (EMF) HÜCRE	
DÜZEYİNDE ETKİLERİ	28
(PROF. DR. ERSİN FADİLLİOĞLU)	
SÜREKSİZLİK İÇEREN SİNİR AĞLARI VE	
ELEKTROMANYETİK ETKİLERİ.....	40
(YRD. DOÇ.DR. ENES YILMAZ)	
CEP TELEFONLARININ VE BİLGİSAYARLARIN GÖZ	
DOKULARINA ETKİLERİ	44
(DR. MEHMET BALCI)	
HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN ELEKTROMANYETİK	
ALANLAR VE CEP TELEFONLARI	50
(DOÇ.DR. TEVFİK PINAR)	
ELEKTROMANYETİK ENERJİ KULLANIMI VE SAĞLIK	
ETKİLERİ.....	68
(DOÇ.DR. SELÇUK ÇÖMLEKÇİ)	
ELEKTROMANYETİK ALANLARIN ÖLÇÜMLERİ VE	
DEĞERLENDİRİLMESİ	90
(YRD. DOÇ. DR. AHMET TEŞNELİ)	
EKLER	114

ÖNSÖZ

TÜBİTAK desteği ile gerçekleştirdiğimiz “Elektromanyetik Alanların İnsan Sağlığına Etkileri” çalıştayında çok değerli bilim adamları değerli görüşlerini açıkladılar. Başından sonuna kadar çok verimli geçen çalıştay katılımcıların yoğun ilgisi ile karşılaştıldı.

Yapılan çalıştayın bilim dünyasına, ülkemize ve milletimize yararlı olmasını dilerim.

Elektromanyetik alanlar uzun zamandır halkımızın kafasında soru işaretleri ile karşılanmaktadır. Bu çalıştay ile kafalardaki soru işaretlerine yönelik bilim adamlarımızın açıklamalarıyla bir katkı sağlanmaya çalışıldı. Bununla birlikte belki daha çok çalıştaylara ve bilimsel çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır. Kablosuz iletişim araçlarının her geçen gün artış göstermesi bu konuda daha çok çalışılması gerektiğinin bir göstergesidir.

Faaliyetlerimizi destek bulduğumuz ölçüde devam ettireceğimizin bilinmesini isterim. Bununla ilgili proje çağrılarına sürekli proje hazırlayarak sunma gayreti içerisindeyiz. Bu konuda tüm kurum ve kuruluşlarla paydaş olmaya açığız. Halkımız için faydalı olan çalışmaların içinde olduğumuzun bilinmesini isterim. Çalışma konumuzla ilgili katkı sağlayabilecek herkesi destek vermeye davet ediyorum.

Ülkemizde elektromanyetik alanlar ile ilgili düzenlemeleri Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından çıkartılmaktadır. Bu düzenlemeler daha çok kurulacak kablosuz haberleşme araçları ile ilgili teknik konularda düzenlemeleri kapsamaktadır. Bilimsel çalışmalar arttıkça sağlık alanında da konu ile ilgili bir düzenleme olacağı ümidini taşımaktayım.

Bir sivil toplum örgütü olarak henüz ülkemizde AB standartlarında STK örgütlenmesi-

ni benimseyen ve görüşlerine önem veren bir yönetim anlayışı oluşmadığını üzülerək söylemek istiyorum. Eğer AB standartlarında bir yaşam istiyorsak devlet yönetimde bulunanların sadece doğruyu biz biliriz anlayışından vazgeçerek STK’lar ile ülkemiz ve halkımız için daha iyiye daha güzele nasıl varırız bunu tartışarak güç birliğinin sağlanması ülkemiz yararına olacaktır.

Çalıştayı destekleyerek gerçekleşmesini sağlayan TÜBİTAK’a, görüşlerini açıklayarak aydınlanmamızı sağlayan değerli bilim adamlarımıza, onlarca üniversiteden katılım sağlayarak onurlandıran değerli hocalarımıza ve bilim adamlarımıza, bu kitabın hazırlanmasında emeği geçen değerli bilim adamı Prof. Dr. Ersin FADILLIOĞLU’na, bu kitabın incelenmesine katkı sağlayan değerli dost ve bilim adamı Prof. Dr. Uğur BAY-SAL’a çalıştayı organizasyonunu gerçekleştiren Genel Sekreterimiz Sami YALDIZ-BAŞ’a ve Genel Sekreter Yardımcımız Ahmet ULUDAĞ’a, bu kitabın hazırlanmasında ve tasarlanmasında emeği geçen Beytullah ÖZTÜRK’e teşekkür ederim.

Mehmet BAYRAMOĞLU

TEMKODER

Yönetim Kurulu Başkanı

AÇILIŞ KONUŞMASI

Mehmet BAYRAMOĞLU

Saygıdeğer bilim adamları ve kıymetli hocalarımız,

Değerli katılımcılar,

Değerli basın mensupları,

Bayanlar ve baylar Temkoder yönetim kurulu ve şahsım adına hepinizi saygıyla selamlıyorum.

Tübitak desteğiyle organize ettiğimiz çalıştayımıza hoş geldiniz.

Değerli konuklar,

Bu gün buraya sık sık kamuoyunda adını duyduğumuz ve hakkında sürekli haber konusu yapılan elektromanyetik dalgalar acaba gelecekte bizim belası mı yoksa herhangi bir sakıncası yok mudur bu konuda değerli bilim adamlarımızın bilgilerinden istifade etmek için toplandık.

Değerli katılımcılar,

Derneğimizle ilgili kısaca bilgi verecek olursam,

Temkoder, Mayıs 2010 yılında kurulmuştur. 300 üyesi vardır. 3 yılda çok başarılar imza attı ve yaptığı çalışmalarla kendisini ispat etti.

Baz istasyonu ve vericilerle ilgili Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından çıkartılan 21 Nisan 2011 tarihli yönetmelik için 14 madde ile teklifte bulunulmuştur. Teklifini yaptığımız bu 14 maddeden 8 tanesi yönetmelikte yer almıştır ve halen yönetmelik yürürlüktedir. Teklifinde

bulunduğumuz maddelerden bazılarını sizlere aktarmak istiyorum:

1. Elektromanyetik alan şiddeti ölçümü yapacak personelin eğitilerek sertifikalandırılması. Sertifikasız kişilerin ölçüm yapmasının engellenmesi. UYGULAMAYA GEÇTİ
2. Kararlı ölçümler yapmayan uzak doğu menşeli cihazlarla ölçüm yapılmasının engellenmesi. UYGULAMAYA GEÇTİ
3. Ölçüm yetkisi verilecek kuruluşların bağımsız kuruluşlar olmasının zorunlu tutulması. UYGULAMAYA GEÇTİ
4. Sahada ölçüm yapmadan ölçüm raporu tanzim eden kuruluşların önceki yıllardaki yapmış olduğu ölçümlerin iptal edilerek yeniden başka kuruluşlara yaptırılması. UYGULAMAYA GEÇTİ
5. Bazı ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de elektromanyetik alan şiddetinin limit değerlerinin vatandaşımız yararına daha düşük olarak belirlenmesi. UYGULAMAYA GEÇMEDİ
6. Baz istasyonları için verilen Güvenlik Sertifikasının baz istasyonu üzerine asılmaması durumunda cezai müeyyide getirilmesi. UYGULAMAYA GEÇMEDİ
7. Ölçümler insan sağlığı için yapıldığından yetkilendirilen kuruluşlar ve firmalarda kalite ve uzmanlık aranmalıdır. Kuruluş amaçları farklı olan firmalara yetki verilmemelidir. UYGULAMAYA GEÇMEDİ
8. Güvenlik Sertifikasının teknik terimlerden uzak halkın anlayabileceği bir dilde yazılmalıdır. UYGULAMAYA GEÇMEDİ

Değerli konuklar,

Derneğimiz, 110 okulda farkındalık seminerleri vererek 15.000 çocuğumuza ulaşmıştır. Bu seminerler esnasında 5.000 öğrenciye anket uygulanarak farkındalık ölçülmüş ve araştırma raporu olarak yayınlanmıştır. Bu araştırma raporu önünüzdeki dosyada sizlere sunulmuştur. Aynı zamanda kütüphanelerimize, basın kuruluşlarına, üniversitelere, Milli Eğitim Müdürlükleri ile Türkiye İstatistik Kurumuna dağıtımı sağlanmıştır.

Bu farkındalık çalışmalarımıza seminerlerle devam etmekteyiz.

Diğer yandan bize ulaşan halkımızın şikâyetlerini dinleyerek çözüm yolları bulmaya ve gerekiyorsa ölçüm yaparak yardımcı olmaya çalışıyoruz.

Kıymetli katılımcılar,

Buradan basın aracılığıyla da duyurmuş olalım. Bir yandan bu faaliyetlerimize devam ederken bir yandan da proje çalışmalarımız devam etmektedir. Dileyen üniversitelerimizle paydaş olabilir ve proje geliştirebiliriz.

Son olarak yapılmasında faydalar bulunan şu tekliflerimizi kamuoyu ile paylaşıyoruz.

1. Cep telefonlarının SAR değerini kullanıcı satın almadan önce görebilmesi için kutusunun üzerine yazdırılmalıdır.
2. Çocuklarımız için son derece tehlikeli olan bedava dakikaların sınırlandırılması veya kaldırılması gereklidir.
3. Kamusal alanlardaki kablosuz internet için düzenleme yapılmalıdır.
4. Okullarda “Elektromanyetik Kirlilik Kulübü” kurulmalıdır.
5. Cami minarelerindeki görsel kirlilik giderilmelidir.
6. Bu çalıştayı destekleyerek yapılmasını sağlayan Tübitak’a hazırlık safhasında emek veren yönetim kurulu üyelerimize ve oturumlarda verilecek sunumlarla kamuoyuna katkı sağlayacak olan değerli bilim adamlarına ve çalıştayımıza teşrif ederek katılan siz değerli misafirlerimize ve katılımcılarımıza teşekkür eder çalıştayın hayırlı olmasını temenni ederim.

ELEKTROMANYETİK KİRLİLİK EPİDEMİYOLOJİSİ

Prof. Dr. Said BODUR

Giriş

Elektromanyetik kirlilik (EMK) epidemiyolojisi, radyasyon fiziğinin temel bilgilerini, bilinen radyasyon kaynaklı sağlık etkilerini, radyasyonla ilgili epidemiyolojik yöntemleri, radyasyonla ilgili epidemiyolojik çalışmaların gözden geçirilmesini, risk kriterlemesini, risk **değerlendirmesini ve koruma ilkelerini kapsayan** bir yelpazedeki araştırma yöntemlerini içine alır. Epidemiyolojik yaklaşım, sağlıkla ilgili herhangi bir durumun toplum temelli olarak en azından **kişi, yer ve zaman** özelliklerine göre betimlenmesini ve konu ile ilgili risk faktörlerini yine toplum verilerine dayalı olarak ortaya koymayı içerir.

Epidemiyolojide bir konunun, temel olarak **etken-çevre-konakçı** şeklindeki epidemiyolojik üçgen çerçevesinde ele alınması en temel yaklaşımdır. EMK ile ilgili belirlenen sınır değerler genel olarak **termal etkiye dayalı** belirlendiğinden, kimyasal, biyolojik, genetik ve psikolojik etkileri değerlendirmekten uzaktır. Bir de ölçümlerin uzun süreler için yapılmaması ve daha **uzun dönemlerdeki etkileri** gözlemlene zorluğu gibi sebeplerle toplumdaki etkiler öncelikle ve **yaygın olarak vaka-kontrol** gibi retrospektif epidemiyolojik araştırmalarla ortaya konmaya çalışılmaktadır. **Bunun ötesinde kohort tipi** araştırmalarla daha kesin sonuçlara yönelinebilecektir. Daha ileri olarak da meselenin çözümü ile ilgili epidemiyolojik deneysel araştırmalar planlanır ve uygulanır.

EMK için epidemiyolojik üçgen

Bazı EM kirlilik kaynakları:

- Elektrik akımı taşıyan yeraltı ve yerüstü elektrik hatları
- TV, bilgisayarlar, Radyo/Kasetçalar
- Elektrikli ev aletleri (Elektrikli süpürge, saç kurutma, traş makinesi, Çamaşır Makinesi, Blender, Kahve Makinesi, Bulaşık Makinesi, Mutfak Robotu, Mikser, Elektrikli Fırın, Buzdolabı, Vantilatör, Ütü, Elektrikli Isıtıcı, Klima, vb.)
- Mikro dalga fırınlar
- Radyo ve TV vericileri
- Telsiz haberleşme sistemleri
- Telefonlar (Kablosuz, Uydu, Cep telefonu)
- Hücreli telefon sistemleri (GSM Baz istasyonları)
- Ofis malzemeleri (Fotokopi, Faks Makinesi, Floresan Lamba)
- Diğer (Pil Şarj Aleti, Matkap, Elektrikli Testere, Wi-fi sistemler, vd.)

Etken

Üçgenin ilk ayağı ‘**etken**’dir. Burada etken **elektromanyetik akı** (elektromanyetik alan, EMA) olup doğal ve yapay kaynaklardan yayılır. Konumuz yapay olan **ELF-EHF** bandındaki radyofrekans ve mikrodalga radyasyondur. Etken olan elektrik alanlar V/m, manyetik akı yoğunluğu ise μT uluslararası birimi veya mG ile ifade edilir. Kısaca Güneş, Yer çekirdeği, Bazı uzak yıldızlar ve Atmosferik deşarj doğal EM kaynakla-

rı oluştururken doğal olmayan EM kirlilik kaynaklarının bazıları şöyle özetlenebilir:



ICNIRP açıkladığı **sınır değerler kısa dönemdeki etkiler göz önünde bulundurarak** belirlenmiştir. Daha önce yapılan bazı araştırmalar, baz istasyonlarının kısa erimde baş ağrısı, uyku bozukluğu gibi bazı belirtilere yol açabildiğini ortaya koymuştur (Santini 2002, Abdel-Ras-soul 2007). Ancak uzun erimde ortaya çıkan kanser gibi etkileri inceleyen az araştırma bulunmaktadır (Eger 2004).



Konakçı

Üçgenin bir ayağı konak yani '**konakçı**=insan'dır. Burada insana ait olup incelenen etkenle ilişkili özellikler ele alınmalıdır. Bu özelliklerin bir kısmı yaş, fizyolojik durum, genetik yatkınlık, immünolojik durum, meslek, mevcut hastalık, elektrikli araç kullanım durumu, süresi ve benzeri gibi hususlardır. Herhangi bir doğal popülasyona kıyasla görece

risk altındaki kişilerden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

EMK riskinde olanlara örnekler:

- Baz istasyonu montaj ve bakımında çalışanlar
- Trafo işletme ve bakımında çalışanlar
- Server odalarında çalışanlar
- Enerji üreten tesislerde çalışanlar
- İndoor kapsama alanı bulunan plazalarda çalışanlar
- Baz istasyonu, enerji nakil hattı, televizyon-radyo vericisi, trafo yakınında bulunan evlerde oturanlar
- Tıbbi elektronik cihazlar kullananlar,



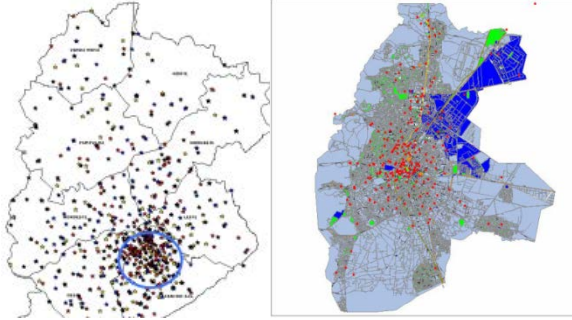
- Kablosuz ağlar, wi-fi bulunan yerlerde uzun süre vakit geçirenler,

En yüksek elektromanyetik etkilenim **elektrik işlerinde** çalışanlardır. Doğal ortamlarda çalışan çiftçi, ormancı ve balıkçılarda ise

çok daha düşük bulunmuştur (Zaffanella ve Kalton 1998). 30 yaş altında EMaya maruz elektrikçi, telefon hatçıları, elektrik enerji çalışanı erkeklerde meme kanseri riski 6,0 kat fazladır (Demers 1991)

Çevre (yer-zaman)

Son ayak ise hem etkeni hem de kişiyi içinde barındıran yer ve zamanı birlikte ifade eden ‘çevre’dir. Çevre değişkeni, içinde yaşanan herhangi bir evin odası, banyo, mutfak gibi sıradan ortamı ifade edebildiği gibi **AVM’leri, bazı eğlence merkezlerini, iş ortamını, sanayi ortamını, EM kaynakların güzergâhını ve kaynağa yakınlığı ya da bölgeleri, ülkeleri** ifade edebilir. Bölgesel olarak elektromanyetik kirliliği belirlemek ve ciddi bir problemin olduğu bölgelerde bu kirliliği uygun yöntemlerle kontrol altına almak amacıyla elektromanyetik kirlilik haritaları oluşturulmaya başlanmaktadır.



Bir bölgenin haritası üzerinde CBS yardımı ile problem kaynaklarının ortaya konulması, çözüm yollarının üretilmesi ve elektromanyetik kirliliğin haritalar üzerinde gösterilmesini amaçlamaktadır. Ölçümler yapılarak farklı noktalardaki kirlilik düzeyleri belirlenmekte, kirlilik

düzeyleri sınıflandırılarak farklı bir renk verilebilmekte böylece, az, orta, çok kirlilikteki alanlar belirlenip gelecekte bu alanlarda uygulanacak önlem çalışmalarının izlenmesine alt yapı oluşturulabilmektedir (Uygunol ve Dur-duran 2009).

Çalışmalar EMA düzeylerinin ülkeler arasında farklılıklar gösterdiğini, bunun uygun teknoloji kullanımı ile ilintili olduğunu düşündürmektedir. Önemli bir saptama yaşam koşulları, meslek, yaş grubu ve ülkeler arasında EMK seviyelerinin farklılıklarına karşın toplumun büyük bir kısmının önemli derecede EMK etkisi altında olduğudur:

ABD’de toplumun % 14,3’ünün 24 saatlik ortalama maruziye-ti $0,2 \mu T$ ’dır. Toplumun % 6,3’ünün $0,3 \mu T$, % 2,4’ünün $0,5 \mu T$ ve % 0,5’inin $1 \mu T$ etkilenim olduğu saptanmıştır. Toplumun % 25’i bir sa-atini $0,4 \mu T$ ’dan, % 9’u ise $0,8 \mu T$ ’dan yüksek alanlarda geçirmektedir (Zaffanella 1993; Zaffanella ve Kalton 1998). Taiwan’da çocukların %7,3’ünün $0,3 \mu T$ ve % 5,4’ünün $0,4 \mu T$ ’dan fazla etkilenimi bildirilmiş (Li ve ark 2007), İspanya’da da kentsel alanda ölçümlerin %7,3’ü IC-NIRP’in referans değerlerinin üzerinde bulunmuştur (Paniagua ve ark 2007). Ankara’da yüksek gerilim hatları izdüşümündeki ortalanca değer $0,9 \mu T$ bulunmuştur (Vaizoğlu ve ark 2007). İstanbul ve Ankara’nın bazı bölgelerinde yürütülen çalışmada halkın % 46,6’sı $3mG$ ’un üzerinde bu-lunmuştur (Fırlarer ve ark 2007). Bursa’nın Nilüfer ilçesinde gerçekleştirilmiş kentsel EMA çalışması Türkiye’de ki elektromanyetik kirliliğin bir- çok Avrupa ülkesinden daha fazla olduğunu göstermektedir (Pala ve ark 2007).

Etkilenim, metropoliten alandaki konutlarda kasaba ve kırsal alana göre daha fazladır. Eski yapılar, iş yerlerinin de bulunduğu binalar ve enerji hatlarına yakın konutlarda etkilenim daha fazladır (Li ve ark 2007). EMA etkilenimi en az gece, en fazla iş ortamındaki saatlerde olmakta, kısa süreli ve ani yüksek düzeyler, yerüstü ve yer altı elektrik hatları yakınında yürümek ve elektrikli aletlere fazla yaklaşmakla oluşmaktadır (NIEHS 2002).

EMK maruziyeti ve sağlık

EMK ve sağlık ilişkisini araştıran çok sayıda makale olduğu söylenebilir. Bunlardan konularına göre seçilmiş çalışma sayılarına örnekler verebiliriz:

Alzheimer's disease	15	Immune system disorders	24
Autism	16	Increased blood pressure	31
Blood-brain barrier damage	33	Learning disabilities	25
Brain tumors	20	Leukemia	21
Depression	23	Loss of concentration	29
DNA damage	32	Lowered sperm counts	30
Fatigue	22	Memory loss	26
Headaches and migraines	28	Miscarriage	19
Heart disease	18	Parkinson's disease	17
Hormonal imbalance	34	Sleep disorders and insomnia	27

Çocukluk kanserleri: Yüksek gerilim hattı kaynaklı EMA ile çocukluk lösemileri ilişkisini 16 yaş altı çocuklarda 1999-2007 yılları arasında araştıran olgu-kontrol ve meta analiz çalışmalarında riskin 1,6-8,8 kat arttığı gösterilmiştir (Tablo). Ölçü birimi cinsinden yatak odalarında

manyetik alan seviyesi 0.4 μT ya da daha yüksek olanların 0.1 μT altındakilerle karşılaştırıldığında AML ve ALL için riskin 2.6-4.7 kat arttığı saptanmıştır (Kabuto ve ark 2006). Gece boyunca 0,2 μT ve üstünde akut lösemi riski 3,2 kat artmaktadır (Schüz ve ark 2001). İngiltere ve Galler’de yapılmış bir çalışmada 0-14 yaş grubundaki 9700’ü lösemi olmak üzere 29081 kanserli olgu ve aynı sayıda kontrol grubunda yürütülmüştür. Bu olgu-kontrol çalışmasında, lösemi açısından doğumlarındaki ev adresleri yüksek gerilim hattına **200 metreden daha yakın** olanların 600 metreden uzak olanlara göre 1,69 kat risk altında olduğu bildirilmiştir. (Draper ve ark 2005).

Tablo. Yüksek gerilim hattı kaynaklı **EMA** ile çocukluk lösemileri ilişkisini araştıran çalışma örnekleri

Yıl / ref	Çalışma tipi	Yaş grubu	OR
Ahlbom ve diğ., 2000	Meta analiz	0-14	2,0
Draper ve diğ., 2005	Olgu/kontrol	0-14	5,5
Feizi ve Arabi, 2007	Olgu/kontrol	0-14	3,6 ve 8,8
Feychting ve diğ., 1993	Olgu/kontrol	0-15	3,8
Green ve diğ., 1999	Olgu/kontrol	0-14	4,5
Greenland ve diğ., 2000	Meta analiz	0-14	1,7
Schuz ve diğ., 2007	Meta analiz	0-16	1,9
Schüz ve diğ., 2001	Olgu/kontrol	0-15	4,67

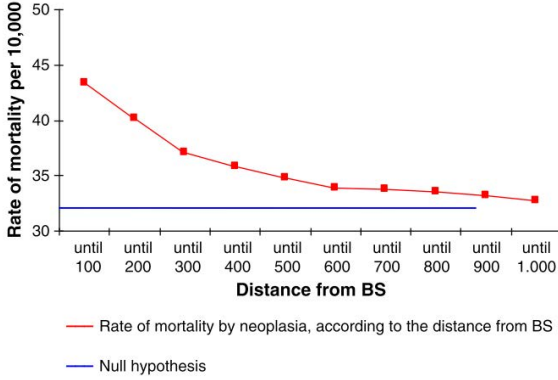
Yetişkin kanserleri: EMA maruziyeti ile meme kanseri arasındaki anlamlı ilişkiyi gösteren çalışmalar vardır (Kliukiene ve ark 2004). **Keza mesleki maruziyet ile meme kanseri** riskinde artış olduğu bulunmuştur (McElroy ve ark 2007; Peplonska ve ark 2007). Benzer şekilde **Elektrik işçilerinde artmış lösemi** riski gösterilmiştir (Bethwaite ve ark

2001). Uzun süreli elektrikli battaniye kullanan kadınlarda ise **endometrium kanseri** görülme oranının % 36 daha fazla olduğu bildirilmiştir (Abel ve ark 2007). 41 araştırmanın meta-analizinde İşyeri manyetik alan maruziyeti **beyin tümörü için %10**, lösemi için %13'luk risk artışı gösterilmiştir (Kheifets 2008).

Belo Horizonte araştırması: Belo Horizonte, BM Nüfus Kriz Komitesi tarafından 2007'de Latin Amerika'da yaşam kalitesinin en iyi ve sağlık sistemi **"çok iyi" kent seçilmiştir**. Çalışmada 1996-2006 yıllarındaki 7191 kanser ölümünün yarısı, baz istasyonuna 100 metre ve daha az mesafede yaşayanlarda gerçekleşmiştir. Kansere bağlı ölüm hızı, kent genelinde onbinde 32 iken baz istasyonuna 100 metre mesafede yaşayanlarda onbinde 43'tür (RO=1.35 kat fazla). Yazarlar, ihtiyat ilkesine dikkat çekmiştir. (Tablo 1 ve Şekil 1) (Dode 2011) Gerçi çalışma yöntem bakımından ciddi sayılabilecek eleştiriler almıştır (Foster 2012)

Tablo. Kansere bağlı ölüm hızının baz istasyonuna olan mesafeye göre değişimi

Mesafe	Ölüm sayısı	Toplam nüfus	Ölüm hızı (onbinde)	Görelî risk
<100	3569	821.890	43.42	1.35
<300	5950	1,602,869	37.12	1.15
<500	6724	1,934,032	34.76	1.08
<1000	7044	2,148,327	32.78	1.00



Şekil. Belo Horizonte’de baz istasyonuna olan mesafeye göre kanserden ölüm hızları (doz-cevap ilişkisi, 1996-2006).

Depresyon ve intihar: Yüksek enerji hatlarına yakın yaşayanlarda uzak yaşayanlara göre ciddi **depresyon riski 4,7-9,4 kat** arttırdığı bildirilmiştir (Verkasalo ve ark 1997). Elektrikçiler ile iletim hattı çalışanları ve 50 yaşından genç erkeklerde **intihar riskinin** daha fazla olduğu bildirilmektedir (VanWijngaarden ve ark 2000).

Alzheimer ve demans: Alzheimer hastalığı için de yüksek EMA seviyesi risk oluşturmaktadır (Håkansson ve ark 2003). EMA’nın birikim etkisinin olduğu ve yıllık her 10 μ T birikim etkileniminin **bunama riskini % 5,7; Alzheimer Hastalığı riskini % 9,4 arttırdığı** bildirilmiştir (Röösli ve ark 2007).

Gebelik ve EMA: Artmış manyetik alan etkilenimi ile **düşük riski** arasında ilişki bulunmuştur (RR= 1,8-2,2) (Li ve ark 2002). Yine EMA ile doğumsal **yemek borusu anomalileri** arasında ilişki olduğu bildirilmektedir (Blaasaas ve ark 2003).

Melatonin salınımı: EMA etkisinin önemli bir antioksidan ve doğal anti kanser ajan olan melatoninin salgısına etkisinin olup olmadığı tartışmalıdır. Manyetik alan etkisi ile **melatonin konsantrasyonunda azalma** olduğu bildirilmiştir (Graham ve ark 1998; Touitou ve ark 2002; Karasek ve ark 1998).

Davranış sorunları: Prenatal (da daha yüksek olmak üzere) ve postnatal cep telefonu maruziyetinde **davranış sorunları için OR 1.80** (%95 CI 1.45, 2.23) (Divan 2008). 7 yaşındaki 28,000 çocuk ve onların anneleri incelenmiş, **gebelik sırasında** telefon kullananlar ama kendileri de kullanmayan çocukların davranış problem görülme ihtimali %40 daha fazla. Hem gebelik sırasında annesi hem de **kendisi telefon kullananlarda** ise %50 daha fazladır.

Bağıışıklık zaafı: 50 Hz manyetik alanın tümör hücrelerini yok eden immun sistem doğal hücrelerinin etkinliğini azalttığı gösterilmiştir (Canseven ve ark 2006). İşçilerde 1 μ T üzerinde ELF-MF maruziyeti ile dolaşımda bulunan **natural killer hücrelerin aktivitelerinde düşüş** gözlenmiştir (Gobba 2009).

Diğerleri: **Eklem ağrısı, sinirsel rahatsızlıklar ve üst solunum yolu enfeksiyonları** ile YGH'larına, 30 metreye kadar yakın yaşamak arasında anlamlı ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Elhasoğlu 2006). Baz istasyonların **kötü etkilerine yönelik endişe ile özellikle baş ağrısı** olmak üzere bir grup şikayet arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur (Hutter 2006). **Parkinson hastalarının mortalitesi** ise genel popülasyondan 1,23 kat fazla (Sorahan 2007). Maruziyet olan köylerde rapor edilen **migren, baş ağrısı ve baş dönmesi** sıklığı istatistiksel

olarak anlamlı düzeyde daha fazladır (Preece 2007).

Baz istasyonlarının kısa erimde baş ağrısı, uyku bozukluğu gibi bazı belirtilere yol açabildiğini ortaya koymuştur. Ancak uzun erimde ortaya çıkan kanser gibi etkileri inceleyen araştırma çok azdır. Öte yandan yukarıdaki çalışmaların bazı benzerlerinde EMK ile anılan sağlık riskleri arasında ilişki saptanmamıştır. Ancak risklere dikkat çekilmesi ve ihtiyatlı olunması açısından pozitif bulgular dikkatle izlenmelidir.

Sonuç

Kanıtların yeterince kesin olmayışı, risklerin kesin olarak yokluğunun kanıtı değildir. Bilinen riskli durumlar için ‘sakınma’, şüpheli ve bilinmeyen durumlar için de ‘ihtiyat’ ilkesi benimsenmelidir. Daha kesin sonuçlar için toplum içi büyük çaplı ve uzun süreli epidemiyolojik araştırmalara olan ihtiyaç açıktır.

Kaynaklar

Elhasoğlu D. Elektromanyetik kirliliğin zararlı etkileri. Adana: Çukurova Üniversitesi (YL tezi); 2006.

Preece AW, Georgiou AG, Dunn EJ, Farrow SC. 2007. Health response of two communities to military antennae in Cyprus. Occup Environ Med 64:402-408.

Abdel-Rassoul, G., et al., Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. Neurotoxicology, 2007. 28(2): p. 434-440.

Ahlbom, A., Day, N., Feychting, M., Roman, F., Skinner, J.,

Dockerty, J., Linet, M., McBride, M., Michaelis, J., Olsen, J.H., Tynes, T., Verkasalo, P.K., (2000) A pooled analysis of magnetic fields and childhood

leukaemia, British Journal of Cancer, 83(5), 692-698

Bethwaite, P., Cook, A., Kennedy, J., Pearce, N. (2001) Acute leukemia in electrical workers: a New Zealand case-control study. Cancer Causes Control, 12(8), 683-9.

Blaasaas KG, Tynes T, Lie RT. (2003) Residence near power lines and the risk of birth defects. Epidemiology, 14(1): 95-8.

Demers PA, Thomas DB, Rosenblatt KA, et al. Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Breast Cancer in Men. Am. J. Epidemiol. (1991) 134 (4): 340-347.

Dode, A.C., et al., Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. Science of the Total Environment, 2011. 409(19): p. 3649-3665.

Draper, G., Vincent, T, Kroll, M.E., Swanson, J., (2005) Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study, BMJ, 330:1290-1295.

Eger, H., et al., Einfluss der räumlichen Nähe von Mobil funksende anlagen auf die Krebsinzidenz. Umwelt-Medizin-Gesellschaft, 2004. 17(4): p. 326-335.

Feizi, A.A., Arabi, M.A., (2007) Acute childhood leukemias and exposure to magnetic fields generated by high voltage overhead power lines-a risk factor in Iran, Asian Pac J Cancer Prev, 8(1):69-72.

Feychting M., Ahlbom A.,(1993) Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high- voltage power lines. Am J Epidemiol 138,467-81.

Fırlarer, A., Tepeçam, S., Özden, S., Canseven Kurşun, A., Seyhan, N.,

(2007) YGH ELF-MF Ölçüm Sonuçları: Uluslararası Yaklaşımlar, Türkiye'deki Durum ve GNRK'nın Önerileri, 19. Ulusal Biyofizik Kongresi Konferans ve Bildiri Özetleri Kitabı, 10.

Green LM, Miller AB, Villeneuve PJ, et al., (1999) A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario, Canada, and exposure to magnetic fields in residences, *IntJ Cancer*, 82:161-70.

Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, et al., (2000) A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology*, 11:624-34.

Håkansson, N., Johansen, P., Floderus, B. (2003) Neurodegenerative disease in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields. *Epidemiology*, 14:420-26.

Kabuto M., Nitta H., Yamamoto S., Yamaguchi N., Akiba S., Honda Y., et al. (2006) Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan, *IntJ Cancer*, 119(3),643-50.

Kliukiene J., Tynes T., Andersen A., (2004) Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women: a population-based study. *Am J Epidemiol*, 1;159(9):852-61.

Li, C, Mezei, G., Sung, F.C., Silva, M., Chen, P.C., Lee, P.C., Chen, L.M., (2007) Survey of residential extremely-low-frequency magnetic field exposure among children in Taiwan, *Environment International*, 33:233-238.

Lowenthal, R.M., Tuck, D.M., Bray, I.C., (2007) Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and mye-

loproliferative disorders: a case-control study, Intern Med J,37(9):614-619.

National Institute of Environmental Health Sciences, (2002) Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power, <http://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/emf/docs/emf2002>. Pdf (erişim: 27/03/2008).

Pala, K., Türkkın, A., Sinmaz,V., (2007) Bursa İlinin Nilüfer İlçesinde Elektromanyetik Kirlilik, XI. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi Kongre Kitabı, 231.

Röösli, M., Lörtscher, M., Egger, M., Pfluger, D., Schreier, N., Lörtscher, E, Locher, P., Spoerri, A., Minder, C. (2007) Mortality from neurodegenerative disease and exposure to extremely low-frequency magnetic fields: 31 years of observations on Swiss railway employees. Neuroepidemiology, 28(4):197-206.

Abel, EL, Hendrix, SL, McNeeley, GS., O’Leary, ES., Mossavar-Rahmani, Y., Johnson, SR., Kruger, M. (2007) Use of electric blankets and association with prevalence of endometrial cancer, EurJ Cancer Prev,16(3),243-50.

Canseven, AG., Seyhan, N., Mirshahidi, S., Imir, T., (2006) Suppression of natural killer cell activity on Candida stellatoidea by a 50 Hz magnetic field. Electromagn Biol Med25 (2): 79 - 85.

Graham, C., Cook, M.R., Riffle, D.W., Gerkovich, M.M., Cohen, H.D. (1998) Nocturnal melatonin levels in human volunteers exposed to intermittent 60 Hz magnetic fields. Bioelectromagnetics, 17 (4):263- 273.

Karasek, M., Woldanska-Okonska, M., Czernicki, J., Zylinska, K., Swietoslowski, J. (1998) Chronic exposure to 2,9 mT, 40Hz magnetic field reduces

melatonin concentrations in humans, *Journal of Pineal Research*, 25(4)240-244.

Li, D.K., Odouli, Ft., Wi, S., Janevic, T, Golditch, I., Bracken, T. D., Senior, FT., Rankin, FT, İriye, FT (2002) A Population-Based Prospective Cohort Study of Personal Exposure to Magnetic Fields during Pregnancy and the Risk of Miscarriage, *Epidemiology*, 13(1): 9-20.

McElroy, JA, Egan, KM., Titus-Ernstoff, L, Anderson, HA., Trentham-Dietz, A, Hampton, JM., Newcomb, PA. (2007) Occupational Exposure to Electromagnetic Field and Breast Cancer Risk in a Large, Population-Based, Case-Control Study in the United States, *J Occup Environ Med*, 49 (3): 266 - 274.

Verkasalo, P.K., Kaprio, J., Varjonen, J., Romanov, K, Heikkila, K, Koskenvuo, M. (1997) Magnetic fields of transmission lines and depression, *Am J Epidemiol*, Dec 15; 146(12):1037-45.

Paniagua, J.M., Jiménez, A., Rufo, M., Gutiérrez, J.A., Gómez, FJ., Antolín. A., (2007) Exposure to extremely low frequency magnetic fields in an urban area, *Radiat Environ Biophys*, 46:69-76.

Santini, R., et al., Enquête sur la santé de riverains de stations relais de téléphonie mobile : I/Incidences de la distance et du sexe. *Pathol Biol*, 2002. 50: p. 369-73.

Schüz J, Svendsen AL, Linet MS, et al. (2007) Nighttime exposure to electromagnetic fields and childhood leukemia: an extended pooled analysis, *Am J Epidemiol*, 166:263-9.

Schüz, J., Grigat, J.P., Brinkmann, K., Michaelis, J., (2001) Residential

magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: results from a German population-based case-control study, *IntJ Cancer*, 91 (5),728-735.

Touitou, Y., Lambrozo, J., Camus, F., Charbuy, H. (2002) Magnetic fields and the melatonin hypothesis: a study of workers chronically exposed to 50-Hz magnetic fields, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 284 (6): 1529-1535.

Uygunol O, Durduran SS. GSM baz istasyonlarında elektromanyetik kirlilik haritalarının coğrafi bilgi sistemi (cbs) yardımıyla oluşturulması; Konya örneği. 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1115 Mayıs 2009, Ankara.

Vaizoğlu, S. A, Göçgeldi, E, Tekbaş, Ö.F., Güler, Ç., (2007) Bir Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde yüksek gerilim hatlarına bağlı düşük frekanslı elektromanyetik kirlilik düzeylerinin incelenmesi. XI. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi Kongre Kitabı, 229.

Van Wijngaarden, E., Savitz, D.A., Kleckner, R.C., Cai, J., Loomis, D. (2000) Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study, *Occup Environ Med*, 57(4):258-63.

Zaffanella, L. (1993) Survey of residential magnetic field sources, Volume 1: Goals, Results and Conclusions. EPRI Report No. TR-102759. Palo Alto, CA:Electric Power Research Institute, 1-224.

Zaffanella, L.E., Kalton, G.W. (1998) Survey of Personal Magnetic Field Exposure Phase II: 1000- Person Survey EMFRAPID Program Engineering Project 6. Oak Ridge, TN: Lockheed Martin Energy Systems, Inc.

Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. 2008. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology*

19:523-529.

Kheifets L, Monroe J, Vergara X, Mezei G, Afifi AA. Occupational electromagnetic fields and leukemia and brain cancer: an update to two meta-analyses. *J Occup Environ Med* 2008;50(6):677-88.

Gobba et al. Natural killer Cell Activity Decreases in Workers Occupationally Exposed to Extremely Low Frequency Magnetic Fields Exceeding 1 MicroT. In *J Immunopathol Pharmacol*. 2009 Oct-Dec, 22(4):1059-66.

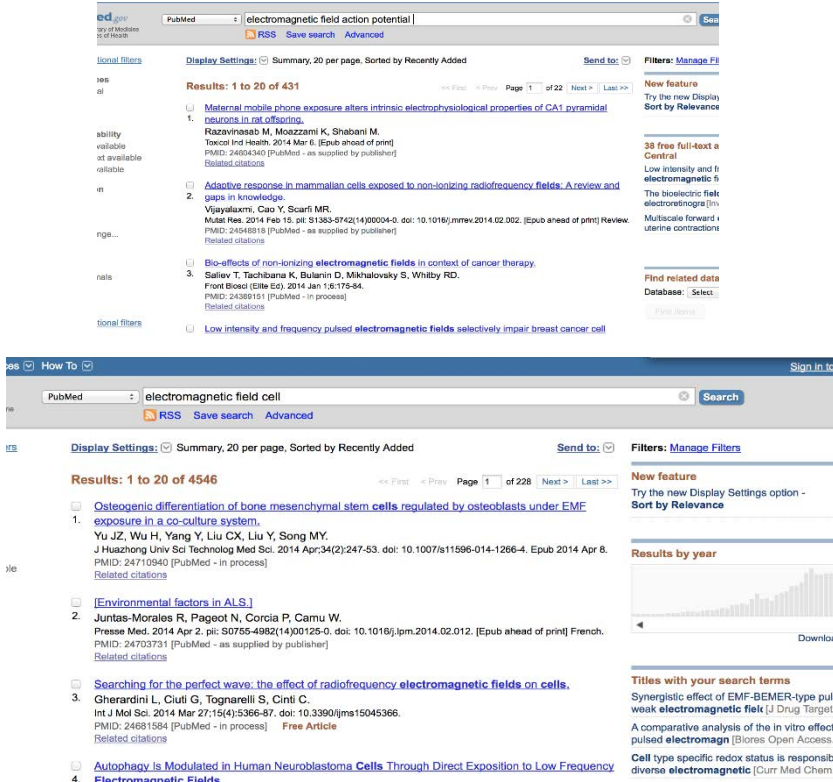
Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, Kundi M. 2006. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 63:307-313.

Sorahan T, Kheifets L. Mortality from Alzheimer's, motor neurone and Parkinson's disease in relation to magnetic field exposure: findings from the study of UK electricity generation and transmission workers, 1973-2004. *Occup Environ Med*. 2007[Epub ahead of print]

ELEKTROMANYETİK ALANLARIN (EMF) HÜCRE DÜZEYİNDE ETKİLERİ

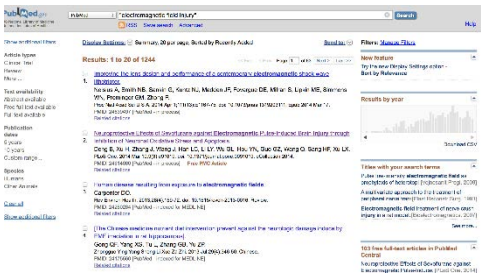
Prof. Dr. Ersin FADILLIOĞLU

Elektromanyetik (EM) alan ilgili çalışma sayısının binleri geçmektedir. Hücre düzeyinden sistem analizlerine kadar birçok



Şekil 1. **a.** Elektromanyetik alan ve hücre konulu çalışmaların sayısı, **b.** EM alanine hasar yapma etkisi konusunda yapılan çalışmaların sayısı.

fizyolojik olayı değiştirip değiştiremediğini test eden çalışmalar bir çok bilimsel soruyu cevaplamanın yanında yeni sorular da oluşturuyor. EM ile oluşan hücre, doku veya organ hasarı ilgili birçok çalışma ile karşılaşıyoruz.



Şekil 2. EM alan ile aksiyon

potansiyel konusunda yapılan çalışmaların sayısı.

Hücre düzeyinde elektriksel aktiviteler üzerine etkileri de EM'nin etkisini inceleme açısından ilgi çekmiştir. Bu çalışmalar açısından en önemli değişikliklerin beyin aktivitesi ve dolayısı ile nöronal aktivite üzerine olanları dikkat çekmektedir. Temel itibariyle hücre düzeyindeki etkiler içerisinde elektrofizyolojik etkilere bakmakta fayda var. Ayrıca bu etkiler ile birlikte hücre zarında olan değişikliklerden bahsetmek gerekmektedir. Ancak hücre içinde olan etkiler ve bir dizi sinyal iletim sistemine ait mekanizmaların etkilerinden söz etmemiz

hücreye etkileri?

- Hücrenin elektriksel aktivitesini
 - Aksiyon potansiyeli
 - İyon kanalları
- Hücre zarı proteinlerini
 - Reseptör
 - İyon kanalları
- Hücre içi sinyal iletim sistemlerini
 - Sinyal yolları
 - Nitrik oksit
 - Oksidatif sistem
 - Apoptosis

gerekmektedir. Uyarılabilen hücrelerimiz özellikle nöronlarımız etkile-

nebilecek mesafede bir EM alan maruziyetine uğruyorlar. Çünkü telefonla konuşurken direk bu cihazları kulağımıza geçiriyoruz ve aslında şunu yapıyoruz: eğer 10 dakika konuşursak bu süre boyunca periferel sinir sisteminden fasiyal siniri, trigeminal siniri ve vestibulkoklear siniri direk EM alan etkisine maruz bırakmış oluyoruz. İşitme gibi görme gibi reseptör hücreleri periferel yerleşimleri dolayısı ile elektriksel aktivitelerinin bozulması açısından direk hedef olmaktadırlar. Hücre aksiyon potansiyeli üzerine etkileri incelendiğinde ne yönde etkilenmeler olduğuna bakan çalışmalar şunları göstermiştir: özellikle aksiyon potansiyelin frekansının ve latent sürenin değişmesi ile olan uyarılabilen hücrelerde gözlemlenen değişikliklerdir.

hücreye etkileri

- Hücrenin elektriksel aktivitesine
 - Aksiyon potansiyeli
 - İyon kanalları
- Hücre zarı proteinlerine
 - Reseptör
 - İyon kanalları
- Hücre içi sinyal iletim sistemine
 - Sinyal yolları
 - Nitrik oksit
 - Oksidatif sistem
 - Apoptosis

"Etiler semineri 9. Etilerlerin Envanterinde Etilerler" FADILLIOĞLU

Şekil 3. Hücre düzeyinde EM alanın muhtemel etkileri.

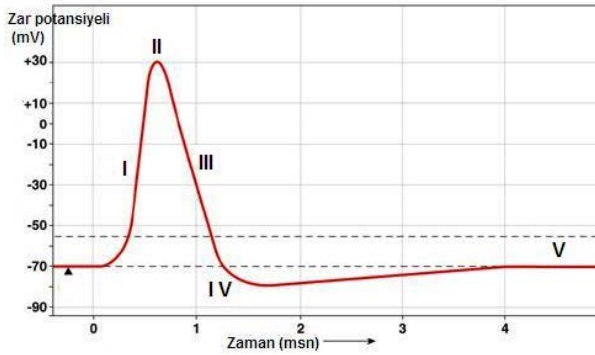
Hücrede olan elektriksel aktiviteler mV düzeyinde ve her biri ancak bir kaç mSn sürmektedir. Bunun oluşmasında hücre içine veya hücre dışına geçen iyonlar neden olmaktadır. Sodyum iyonunun kendine ait iyon

kanallarından hücre içine geçişi hücrenin dinlenme halinden yani negatif durumdan pozitive geçmesine ve potasyum iyonun hücrenin içinden kendine ait iyon kanallarından dışarı çıkması hücrenin yeniden pozitiften dinlenme potansiyeli olan negatife dönmesini sağlar. Bu değişime bazen kalsiyum iyonunun eşlik ettiği hücrelerde vardır. EMF işte bu iyonların geçişini etkileyebilmektedir. Bu şekilde iyon kanallarında olan etkilenme dolayısı ile hücrenin elektriksel durumunu da bozabilmekte ya da değişmesini etkileyebilmektedir. Ama burada karşı bir soru akla geliyor: Protein yapısındaki iyon kanalları nasıl etkileniyor, hücre zarında yer alan bu proteinlerde EMF ne tür değişikliklere yol açıyor, hücre zarı proteinleri etkileniyor ise reseptör düzeyinde ne tür etkiler oluyor ve sinyal iletim sistemi bundan etkileniyor mu? Sinir hücreleri reseptör sayısını değiştirerek nöronal plastisite diye adlandırdığımız sinir hücrelerinin öğrenmesi sürecinde bu etkiler görülebilir. Nöronal plastisite ile reseptör sayısında değişme yanında sinir hücrelerinin birbirleri arasında yaptığı ve iletişimlerini sağlayan sinapsların sayısında ve özelliklerinde olan değişiklikler EM alanının etkisi ile nasıl olmaktadır? Yapılan çalışmalarda EM alanının bu konuda ilgisi olduğunu göstermektedir. İşte burada en önemli olay sinirsel gelişimini tamamlamayan çocuklarımız açısından önem arz ediyor. Yaşamının ilk 5-6 yılı bizim için nöronal gelişim için belki en stratejik dönemdir ve bu dönemde sinir sisteminde olan değişiklikler kalıcı değişiklikler olarak karşımıza çıkıyor.

Diğer bir konu hücrenin içinde neler olduğudur. Birçok araştırmacı özellikle EM alanının toksik etkileriyle ilgili çalışmalar yapılmış ve hangi düzeyde etkilenmenin güvenli olduğu sorusunun cevaplanması gerekiyor.

2 watt/kg başına güvenli olduğu bildirilmiş ve 2 nin altında uygulanan deney modellerinde hayvan çalışmaları bize bu düzeyin doğru belirlenen bir düzey olduğu kanısını vermektedir. Yapılan araştırmalarda toksik etkinin 2'nin altında gerçekten az olduğu gösterilmiş. Çalışmalar arasında özellikle sinyol yollarına ve gen transkripsiyonuna etkisi sonucu oluşan toksik etkiler dikkat çekmektedir. Özellikle bazı mediatörler nitrik oksit gibi, oksidatif stres parametreleri gibi etkilenen parametreler çıkıyor. Bu etkilenmeler açısından nöronların ya da diğer bütün hücrelerin etkilendiğini söyleyebiliriz.

Birde dikkatimizi çeken apoptoz ve bu sürecin aktif hale gelmesi var. Apoptoz aslında hücrelerin normal döngüleri içinde gerçekleşen bir süreç. Ama bu sürecin hızlanması veya erken aktive olması ile karşılaşabilmektedir. Bu süreçte karşımızdaki soru hücre niye apoptoza doğru bu şekilde erken girmektedir. Eğer apoptoz süreci hızlanıyorsa o zaman erken hücre kayıpları ile karşı karşıya kalındığını söyleyebiliriz.



Şekil 4. Bir sinir hücresinden alınan aksiyon potansiyel kaydı örneği

EEG kayıtları ile sinir hücrelerinin toplam kayıtlarının hücre dışından toplam alınan elektriksel aktiviteler olarak görebiliyoruz. Ancak bu kayıtlar ile sadece bir sinir hücresinin kaydı yerine sinir hücrelerinin birlikte etkilerini görmüş oluruz. Tek bir aksiyon potansiyelde olan değişikliği vermese de bize sinir hücrelerinde muhtemel değişiklikleri hakkında bir fikir vermektedir. EM alan özellikle sinir sistemine ve EEG değişikliklerine etkisi incelenen bir bulgudur. Uyarılmış potansiyellerin amplitüdlerinde değişiklikler tespit edilmiştir. Fakat bu işte az önceki aklımızdaki soruyu cevaplamıyor. Hücrede ne oluyor açıklamıyor, çünkü hücre kendi başına bir sinir hücresi olarak ne tür etkilere maruz kalmaktadır. mV düzeyinde olan bu etkiler sodyum ve potasyum iyon geçirgenliklerinde olan değişiklikler ile gözlemlenmektedir. Aslında EMF özellikle cep telefonu dozunda oluşan etkileri ile ilgili yumuşakça nöronlarında çalışma yapılmış. İnsana sinir hücresinden farklı olmasına rağmen genel özellikler açısından ve aksiyon potansiyeli oluşma prensibi açısından uymaktadır. Bu çalışmada EMF latent dönemi değiştirdiği gösterilmiş. Ayrıca EMF'nin sinir hücresindeki etkilerinin kalıcı etkiler olduğu görülmektedir. Bunlardan en önemlisi iyon kanalları üzerine olan değişikliklerdir. EMF ile aksiyon potansiyel üzerinde gerçekten bir değişiklikle karşı karşıyayız. Ve bir başka şey de biz ilk hücreyi uyarıyoruz ve hücrenin uyarılmasını bir süre sonra adaptasyon ile karşılaşa biliyoruz ki bu olmasını geciktirmektedir. Ve buradan da şu şey aklımıza geliyor ki özellikle epileptik nöbetler, epileptik nöbetlerdeki en önemli sorun eşik değerin geçilmesindeki kolaylıktır. İki ihtimalle eşik değeri geçmede kolaylık vardır. Ya sizin uyarınız çok güçlüdür eşik değeri geçecek güçlülülükteydir ya da bizim eşik

değerimiz gerçekten azalmıştır ve bu yüzden de ufacık bir uyarın bile epileptik nöbetlerin oluşmasına neden olabilir. Uyarılmanın alışıması dediğimiz hadise bir uyarın sonrası bir başka uyarana karşı direnç olmasındır. Aksiyon potansiyellerin oluşmasını güçleşmesi direnç gibi bir durumun oluşmasını sağlamaktadır. İşte burada bizim açımızdan da bir risk karşımıza çıkıyor. Bir başka şey ise frekansla ilgili etkileridir. Şekilde görülen aksiyon potansiyellerin frekansını yani sayısını EMF uygulaması değiştirmiştir. İyon kanallarıyla ilgili acaba neler var diye baktıklarında bunla ilgili araştırma yapan araştırmacılar bunun ilgili bir bozuklukları akıllara getirmektedir. Fakat bulabildikleri şimdiye kadar en belirgin deneysel sonuç kalsiyum ve potasyum kanallarının etkilenmesidir. Kalsiyum geçirgenliğindeki değişikliklerle ilgili çalışmalar hala ciddi miktarda ilgi bekliyor, orası açık bir konu gerçekten buraya ilgilenecek araştırmacılar güzel bilgiler elde edeceklerdir. Şimdi konuşmamın başında belirttiğim telefonu kulağımıza getiriyoruz burada o yüzden işitme nasıl etkileniyor. Kulağımız işte iç kulakta bulunan koklear bölge, işte burada koklear sinirimizden merkezi sinir sistemimizdeki temporal bölgeye bilgi aktarılıyor ve koklear sinirimiz EMF açısından çok yakın etkileşmeye maruz kalmaktadır. Yapılan intraoperatif bir çalışmada ameliyat sırasında koklear sinire (8. Kranial sinire) bir uyarılma ve kayıt alıyorlar. EMF 5 dakika uygulanıyor. EMF uyguladıkları ve uygulamadıkları arasında amplitüd ve latens bakımından fark görüyorlar. Bu çalışma insan çalışmaları açısından gerçekten kliniğe ait en önemli delillerden bir tanesidir. Aynı ekip daha sonra bunu bluetooth ile yapıyorlar ve bluetooth ile yaptıklarında buradaki bulguları bulmuyorlar, buradaki değişiklikleri görmüyorlar. Elektriksel bir düzeyde etkileşimin büyük çoğunluğunun termal etkiden

kaynaklandığını görüyoruz. Bir başka çalışmada fasiyal sinirle ilgili çalışılıyor. Fasiyal sinirdeki etkileşimin büyük çoğunluğunun termal etkiden kaynaklandığını gösteriyorlar. O bölgeden direkt sıcaklık artışı etkiliyor ve her bir derecelik sıcaklık artışı sinir sisteminde değişikliklere yol açıyor. Kan beyin bariyerinde değişik bunlardan biridir. Bu şekilde kan beyin bariyerinin değişmesi yine nörotoksisite açısından önemli bir hadisedir. Çünkü kan beyin bariyerindeki bozukluklar dolaşımda bulunan nöronlar içindeki toksik maddelerin kolaylıkla sinir hücrelerine ulaşmasını sağlayacaktır. Evet nörotoksisite açısından yapılan çalışmalarda bazı parametrelerde hücre içi bazı belirteçler olarak cFos ve GPAP gösterilmiş ki bunlar aynı zamanda hücre içi kalsiyum artışıyla da ilişkili olduğu da gösterilmiştir. Bir başka sonuç olarak da beyin aktivitesinde belirli bir artış olduğudur. Bunun da yine aynı şekilde nöbet geçirme ihtimalini artırdığını söylemişler. Burada yapılan farklı dozlardaki uygulamalar 1-1,5 watt/kg arasında ve sonuçta hangi basamakta nasıl etkilediğini görüyoruz. Normalde kortexte daha fazla etkileşme göstermişler. Özellikle hipokampus bizim için önemli bir yer. Hipokampus limbik sistemin bir parçası ve şu an size anlatılan her yeni bilgi için önce hipokampus üzerinden işlemekteyiz. Yani belleğinize kaydetmedne önce hipokampusu bu iş için kullanırız. Yani hipokampus bizim için önemli bir yerde duruyor. Ve burada bir etkileme aynı şekilde az önce bahsettiğimiz cFos ve GPAP toksisite belirteçlerinin arttığını göstermişler. İşte bu limbik sistemin tam beynin iç kısmındaki kısa görüntüsü ve hipokampus bunun en önemli parçalarından bir tanesi hipokampus niye önemli özellikle öğrenme için sürekli bilgilerin karşılıklı alındığı ve sonra da merkeze aktarıldığı yer bir geçiş noktası aslında ve bizim geçmişteki ve daha önceki aso-

siye bilgi bölgemiz diyelim ikincil alanlardan bilgileri kıyasladığımız ve sonunda tamam ben bunu öğreneyim diye kayıtlarımıza gönderdiğimiz yerler buralardır. Pekiştirme için kullandığımız bölge ve bu bölgedeki en önemli nörotransmitterler glutamat ve glutamatta NMDA reseptörü dediğimiz bir iyon kanalını kullanıyor ki bu iyon kanalı kalsiyum kanalıdır ve buradaki yapılan çalışmalarda NMDA'nın etkilendiğine yönelik bulgular var. Özellikle NMDA reseptörünün etkilendiğine yönelik. Yine aynı şekilde hipokampusta bir başka nörotransmit bahsedebiliriz ki nitrik oksit, nitrik oksit önemli bir nörotransmitterdir. Limbik sistemde bulunur ve öğrenme mekanizmasının bir parçasıdır. Nitrik oksidin etkilendiği sistemler mekanizmalar burayı etkileyecektir. Ve yine buralarla ilgili hipokampustaki nitrik oksit mekanizmasının etkilendiğine yönelik bulgu ve bilgi henüz yok, fakat şunu biliyoruz ki glutaminaljik deşarjla NMDA reseptörü etkilediği zaman aynı zamanda nitrik oksit salgısını da başlatıyor. Ve bu iki mekanizma beraber çalışıyor ve bunların etkilenmesi de aynı şekilde öğrenmeyi etkilediğini gösteriyor. İşte bunun üzerine fareler üzerine bir çalışmadan bahis edeceğim: EMF'nin akut ve kronik etkilerine bakmışlar, akut ve kronik etkilerine bakınca objeleri tanıma becerisini araştırmışlar ve bunun bozulduğunu göstermişler. Ve kalsiyum bağlayan proteinlerin özellikle etkilendiğini düşünüyorlar araştırmacılar. Peki hipokampusun az önce size bahsettiğim hipokampusun CA1 bölgesindeki piramidal hücre kaybını özellikle 28 gün uygulanan EMF uygulaması ile olduğunu bu çalışmada göstermişler. Gene aynı şekilde biz bazı bilgileri duygu durumumuza göre aktarırız. Yani bizi çok mutlu eden bir şeyi ya da üzen bir şeyi unutmamız ve bu tür bilgi aktarımına emonsiyonel bir hafıza oluşturuyoruz. Ve burada 15 dakikalık tek dozluk bir uygulama

yapıyorlar 900 MHz ve SAR: 6 W/kg). Farklı yaşlarda sıçanlar kullanıyorlar: 6 haftalık genç ve 12 aylık yaşlı grubu oluşturuyor. Ve biraz önceki toksik belirtilere bakmışlar ve beyinde yine bazı sitokinlere bakmışlar ve kortikosterona bakmışlar. Stres ile artan hormonlarımız ve aynı zamanda emansiyonel hafıza ile ilgilidir. Şimdi burada tabî ki yapılan bu çalışma model yaşlı ve genç beyindeki etkileşimi gösterme adına yapılıyor. Fakat karşımıza biraz önce söylediğim gibi kan- beyin bariyerini değiştiriyor mu diye baktığımız zaman gerçekten bu bariyer değiştiği zaman kandaki bulunan her maddenin rahatlıkla beyin hücrelerine nöronlara ulaşabilecektir. Buda toksik etkiyi artırabilecektir. Biraz önce söylediğim gibi her santigrat değişimdeki artış sonuçta da o bölgedeki kan beyin bariyerinin değişmesine yol açabilecek ki ancak cep telefonları bunu termal etkiyle yapabiliyor. Bunların dışında cihazların non-termal etkiyle de geçirgenliği değiştirdiğine yönelik bulgular göstermişler.

Protein sentezi etkileniyor mu sorusunun cevabı: evet. Özellikle gen ekspresyonu ve spesifik bir protein sentezini uyardığını göstermişler. DNA'yı etkileyebilecek güçte bir etkileşim ile mi karşı karşıyayız? Şimdiki buraya kadarki şeylerde anlattıklarım aslında hücrenin dış kısmındaydı hatta tam içerisine girmedik ya hücre zarındayız ya iyon kanallarındayız. EMF'nin promotor bölgeleri etkileyebildiğini göstermişler ve DNA hasarını başlatabildiğini ve bunlardan en güzel örneklerden bir tanesi ısı şok proteinlerinde (HSP) olan değişikliklerdir. Yani stres zamanında hücrede salgılanan proteinlerde HSP de artış tespit edilmiş. Ve elektromanyetik alan uygulaması ve DNA da HSP artışını sağlayarak sinyal iletim yollarını etkiliyor. Gene aynı şekilde EMF'ler reaktif oksijen

türlerinin (ROS) yapını arttırarak etki edebiliyor. Fakat şu aralardaki

EMF özellikleri (çok düşük frekanslı)

– Biyolojik sinyallerde etkisi

- NF-kB
- Sitokin sentezi
- Hücre proliferasyonu
- iNOS ve eNOS regülasyonu → NO
- COX-2 ekspresyonunda azalma

bilgiler boş, bunlar cevaplanması gereken sorular bilimsel olarak bu konularda araştırmaların yapılmasına ihtiyaç var. Ve farklı enzim aktivitelerinin etkilendiğini görüyoruz mesela sodyum potasyum ATPaz. Bu pompa nöronlarda en fazla enerji kullanan ve en çok çalışan pompadır. Elektromanyetik alan etkileşimlerinde sitokrom oksidazlar gibi enzimlerde de etkilenme söz konusu.

Şekil 5. Elektromanyetik alanın düşük frekansda hücreye etkileri.

Peki EM alanların faydalı etkilerinden bahsedebilir miyiz? Fizyolojik bazı etkilerden, yani patolojik etki oluşturmada yaptıkları etkiler nelerdir? Bu tür etkilerine de yönelik birçok çalışmadan bahsedilmektedir. Düşük frekanslarda bazı yolları aktive edebiliyor. Bu yolların aktive olması o hücre için istediğimiz bir şey olabilir. Çünkü sorun çözme adına

yardımcı olacak NFkB gibi, sitokin sentezi gibi hücre proliferasyonunun uyarılması gibi ve nitrik oksit sentezini uyaran enzimlerin upregüle olması daha fazla üretilmesi gibi ve bir başka da gene prostoglandin lökotrien ya da araşidonik asit metabolizmasının en önemli enzimlerinden COX2 enziminin ekspresyonunda azalma olması gibi işte bu yollar baktığımız zaman NFkB den tutun da nitrik sentez yollarına kadar

hepsinin temel hedefi aslında DNA da bir protein sentezini başlatmak ya da durdurmak ya da kolaylaştırmasıdır. Karşımıza transkripsiyonel faktörler olarak EMF'nin etilerini düşünmek geliyor. Ve transkripsiyonel faktörlerden MAP kinaz, JNK, ERK, P38 yollarında özellikle EM alandan etkilendiğini gösterilmiş adımlar vardır. Peki o zaman bu yolda bir şeyler oluyor ve bundan bir etkileşme söz konusu ve bu da bütün hücreler açısından bizim karşımıza çıkan bir soru işareti. O zaman bu tedavi amacıyla kullanılabilir. Bu da karşımıza çıkıyor ve bununla ilgili önemli çalışmalar da var. Örnek olarak osteoblastik aktiviteyi arttıran çalışmaları sayabiliriz. İnflamasyonun bazı bölgede belirli düzeyde artmasını istiyorsak bu EMF uygulaması ile sağlanabilir. Toksik dozda zararlı olan bir EMF uygulaması farklı bir dozda tedavi edici olabilecektir. Eğer apoptotik bir süreci etkiliyorsa bunu kanser hücrelerinin apoptotik sürecini arttırmaya yönelik kullanabilir miyiz? Ya da bir ilaç bu ilacı bir kenetlenmenin içine koysak ve bizim ulaştıracağımız EM etkiyle bu paket tümör bölgesinde açılrsa işte buna yönelik tıp alanında yapılan çalışmalar bu amaçla da kullanılabilir.

SÜREKSİZLİK İÇEREN SİNİR AĞLARI VE ELEKTROMANYETİK ETKİLERİ

Yrd. Doç. Dr. Enes YILMAZ

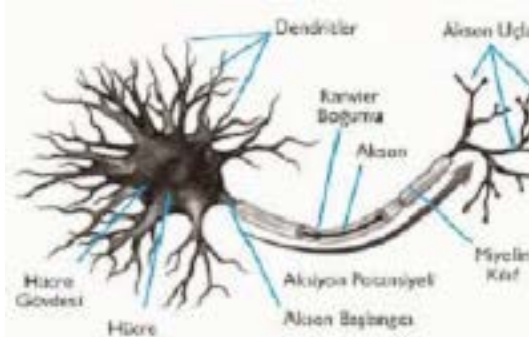
Bu konuşmada, matematiksel sinir bilimindeki yeni modellerden: hücre fonksiyonları ve insan beyninin yapısı ile birçok benzerlik gösteren yapay sinir ağlarından ve elektronik devreler yardımıyla hücrelerin fonksiyonlarından bahsedilmektedir. Bu ağlar örüntülerin sınıflandırılması, çağrışımlı bellekler, görüntü işleme, sinyal işleme ve optimizasyon problemlerindeki geniş uygulamalarından dolayı incelenmektedir. Bu uygulamalar önemli bir şekilde ağların dinamik davranışlarına bağlıdır. Dinamikler süreksiz diferensiyel denklemler: genel tipteki parçalı sabit argumanlı diferensiyel denklemler, ve hem sabit zamanlı itmeler ve parçalı sabit arguman, ile gösterilmiştir. Ayrıca, söz konusu olan uygulamalara örnek teşkil eden modellerin tartışması yapılmıştır. Ayrıca, Matematiksel sinir bilimi, doğadaki karmaşık sinir sistemlerinin dinamiklerini anlamak için kullanılan matematiksel ve hesaplama teknikleri içeren uygulamalı matematiğin yeni bir dalıdır. Bu alanın yukarıda bahsedilen birçok alanda uygulaması olduğundan bilim adamların, özellikle,

matematikçilerin ilgisini çekmektedir.

1952’de Alan Hodgkin ve Andrew Huxley lineer olmayan adi diferansiyel denklemleri kullanarak aksiyon potansiyelinin matematiksel modelini buldu. Bu çalışmaları ile 1963’te Fizyoloji ve Tıp Nobel Ödülü’nü aldılar. Bu bilim adamları, Plymouth Deniz Biyolojisi Laboratuvarında yaptıkları çalışmalarında mürekkep balığının “dev aksonunu” kullandı. 1960’lı yıllarda Wilfrid Rall’ın dendritik ağacın kablo modelini bulması matematiksel sinir biliminde kayda değer bir diğer gelişmeydi. Rall ikili kısmi diferansiyel denklemler yardımıyla, sinir hücresinin zar potansiyelinin yerel iletkenlik değişimine (snaptik girdi) bağlı olarak dendritik dallar boyunca nasıl yayıldığını bulmuştur. Bu ve bunun gibi birçok örnekler Matematikçilere ilham kaynağı olmuş ve olmaya devam etmektedir.

Biz bu konuşmada, süreksizlik içeren farklı diferansiyel denklemler çeşitlerini kullanarak yeni sinir ağları modellerinden bahsedeceğiz. Bu yaklaşım sayesinde beyinin yapısını daha gerçekçi anlayabileceğimizi düşünüyoruz. Tabi ki, aynısı olmayacaktır ama gerçek sinir hücresiyle birçok benzerlikler olacaktır. Bir sinir hücresinden diğerine iletilen sinyaller her zaman dentritler sayesinde sürekli bir şekilde aktarılmaz, atlamalar olur. Bu atlamalara “impals” diyoruz. Dolayısıyla atlama olan

bir dinamik davranışı bildiğimiz diferansiyel denklemler ile modelleyemeyiz. Yeni bir tip diferansiyel denkleme ihtiyacımız vardır. Biz bu tip diferansiyel denkleme impulsif diferansiyel denklemler diyoruz. Karşıma çıkan birçok simülasyonda bu atlamaları görebiliriz.



Sinir Hücresi

Son olarak, sinir hücrelerinde meydana gelen elektromanyetik dalgaların etkisini daha gerçekçi bir yaklaşım ile ortaya koyacağız. Matematikte küçük değişikliklerin büyük etkileri olduğu bilindiğinden, elektromanyetik dalgaların etkisinin “t” zaman geçtiğinde insan sağlığına etkilerinin olabileceğini konuşacağız. Mesela yukarıda bahsedilen atlamaları bir anten olarak düşünüp bahsettiğimiz süreksizlik içeren diferansiyel denklemler yardımıyla modelleyebiliriz. Çünkü, sinir hücresinde akson da meydana gelen iyonlaşmadan dolayı elektriksel dönüşüm

oluyor ve dolayısıyla elektromanyetik dalga oluşuyor. Daha ayrıntılı şu şekilde açıklayabiliriz: Bir sinir hücresinde oluşan sinyalin diğerine iletilmesi için akson boyunca ilerlemesi gerekir. Sinir hücreleri bu işlevi aksiyon potansiyeli olarak adlandırılan elektriksel itmelerle yerine getirir. Bu itmeler, bir ip boyunca ilerleyen bir dalga gibi sinir lifleri boyunca ilerler. Bu, akson zarındaki elektrik yükü iyonların geçmesine izin vermek üzere açılıp kapanabilen sodyum (Na^+) ve potasyum (K^+) iyon kanalları sayesinde gerçekleşir.

Sonuç olarak, süreksizlik içeren diferansiyel denklemler yardımıyla gerçekçi modellere ulaşabilir ve sağlığımızı kontrol edebiliriz.

Kaynakça

[1] E. Yılmaz, Sinirlerde Gizlenen Matematik, Bilim ve Teknik Dergisi, Kasım 2012.

[2] M. Akhmet, E. Yılmaz, Neural Networks with Discontinuous/Impact Activations, Springer New York, 2014.

CEP TELEFONLARININ ve BİLGİSAYARLARIN GÖZ DOKULARINA ETKİLERİ

Dr. Mehmet BALCI

İnsan sağlığı üzerine etkileriyle ilgili çalışmalar, aynı frekans grubundaki radarlarla başlamıştır. Radyasyonun insan sağlığına zararsız olduğunu gösteren ilk çalışmaların sonuçları, bazı üretici firmaların desteğinden dolayı sonradan şüphe ile karşılanmıştır. Mikrodalga grubu radyasyonun (cep telefonu frekasını da bu grup içerisindedir) göze etkileri ile ilgili ilk deneysel çalışmalarda, tek veya tekrarlayan dozlarda, iyonize radyasyona benzer özelliklerde katarakt oluşturduğu gözlenmiştir.

Elektromanyetik Radyasyonun Göze Etkileri

Kornea: tekli veya gruplar halinde endotel kaybı, epitel hasarı, korneal ödem, **İris:** Damar geçirgenliğinde artış ve ödem, **Lens:** Katarakta kadar gidebilen değişiklikler, (vakuolizasyon, veziküller, granüller oluşumlar), post./ant. subkapsüler katarakt. **Retina:** retinal hücrelerinde yıkım, chorioretinal skar, retinal ödem.

Katarakt gelişimi: Saatler veya günler içerisinde posterior/anterior subkapsüler (ön ve arka subkapsüler) katarakt geliştiği, ilk lezyonların küçük granüller veya veziküller, küçük boşluklar veya küçük kütleler olabildiği saptanmıştır.

Katarakt mekanizması:

Önce sadece ısı etkiye bağlı olduğu düşünöldü (koagölasyon kataraktı). Mikrodalga sonrası askorbik asid(AA) seviyesinde düşme, (Merola & Kinositbas) yine mikrodalga sonrası askorbik asit ve glutasyon düzeyinde düşme (Richardson ve ark.) gibi heriki değışiklik de ısı etkiye bağlandı.

İlk olarak Carpenter(1977) ısı etkinin gerekli ama yeterli olmadığını söyledi. Baillie(1979); ısı etkiye bağlı koagölasyon kataraktı ile, geç dönemde gelişen opasitelerin farklı olduğunu, 2.sinin metabolik bozukluklarla birlikte olduğunu gösterdi.

Mikrodalga sonrası glutasyon düzeyinde düşme ile beraber peptidase aktivitesinde ki değışiklikler gösterildi, (Bernat 1985) Mikrodalga sonrası korneal değışikliklerin termal etkiden kaynaklanmadığı (Kues H, 1985) gösterilmiş, non-ısı etkiye vurgu yapılmıştır.

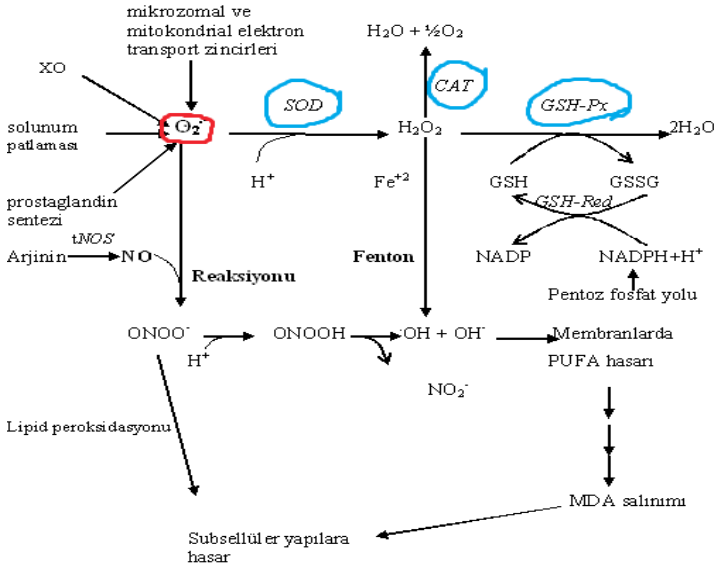
Bilgisayar Etkileri

computer vision syndrome (CVS) (bilgisayara bakma sendromu)

Baş ve göz ağrıları, göz yorgunluğu, kuruluk ve batma hissi, sulanma, kanlanma, odaklanma güçlüğü semptomları ile bilinen bir sendromdur. Yakın çalışma mesafesi, ekrandan kaynaklanan ışık ve ısıya maruziyet başlıca etkenler olarak düşünölürken, ışık ve ısıyla birlikte daha pek çok risk faktörü tesbit edilmiştir. Bunlar; ekrandan (resim tüpü) yayılan X (Röntgen) ışınları, morötesi (ultraviolet), kızılaltı (infrared) ışınlar, VLF, ULF, ve ELF (çok düşük ve pek çok düşük frekanslı) elektromanyetik radyasyon, statik elektrik yükleri, akustik gürültü (ultrason, infrason), elektronik devre elemanlarından havaya yayılan kimyasallar (polichlori-

nated biphenils), v.b. olarak tanımlanmaktadırlar.

Reaktif oksijen türlerinin eliminasyonu tablosu



Şekilde oksijenden enerji elde edilirken oluşan yan ürünler (**reaktif oksijen türleri**)(ROT) ve bunların zararsız hale getirilmesi görülmektedir. Oluşan yan ürünler iyonize ürünler olup, belli moleküller tarafından (antioksidan sistem) zararsız moleküllere dönüştürülmektedir. Bu sistem hücre içinde bir denge halindedir. Hücre içinde aşırı üretim ve/veya dışardan gelebilecek etkilerle ROT miktarı artabilir ve hücre yıkımına yol açabilir. Başlıca **reaktif oksijen türleri**: O_2^- , H_2O_2 , $ONOO^-$, NO dur.

Lipit (hücre zarında yoğun olarak bulunur) peroksidasyonunun son ürü-

nü olan Malondialdehit (MDA) ise lipid oksidasyonun göstergesi olarak kullanılmaktadır.

Süperoksit dismutaz (**SOD**), glutatyon peroksidaz (**GSH-Px**) ve katalaz (**CAT**) antioksidan olarak görev yapan başlıca enzimlerdir. Ayrıca **C ve E vitamini** gibi bazı moleküllerinde antioksidan etkileri olduğu bilinmektedir.

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda cep telefonları v.b cihazlardan yayılan radyasyonun göz ve diğer vücut dokuları üzerinde oksidan/antioksidan parametreler üzerine etkileri gösterilmiş ve bazı moleküllerin koruyucu etkileri saptanmıştır. Özgüner ve ark. ile Solokovic ve ark. melatonin ve CAPE (caffeic acid phenethyl ester) nin cep telefonu radyasyonunun etkilerine karşı koruyucu olduğunu göstermişlerdir.

Yaptığımız iki çalışma ile elektromanyetik radyasyonun (**EMR**) göz dokularındaki antioksidan enzim sistemi üzerine etkileri olduğu gösterilmiştir.

1: Balci M, Devrim E, Durak I. Effects of mobile phones on oxidant/antioxidant balance in cornea and lens of rats. Curr Eye Res. 2007 Jan;32(1):21-5.

2: Balci M, Namuslu M, Devrim E, Durak I. Effects of computer monitor-emitted radiation on oxidant/antioxidant balance in cornea and lens from rats. Mol Vis.2009 Dec 2;15:2521-5.

Bu iki çalışmada cep telefonlarının ve tüplü bilgisayar ekranlarının yaydığı dalgaların kornea ve lens dokularında oksidan/antioksidan denge üzerinde neden olduğu değişiklikler ile **C vitamininin olası koruyucu**

etkilerinin araştırılması amaçlandı.

GEREÇ ve YÖNTEM 1(cep telefonu çalışma grubu)

10'ar adet rattan oluşan 4 grup

1.grup: sadece cep tel. grubu

2.grup: cep tel.+C vit. grubu

3.grup: sadece C vit. grubu

4.grup: kontrol grubu

Cep tel. grubu 4 hafta süre ile radyasyona maruz bırakıldı. 1 saat/gün cep tel arandı, diğer zamanlar stand-by konumunda.

2. ve 3. gruba hayvan başına 250 mg/kg/gün dozunda c vit. oral yoldan (içme suyuna katılarak) verildi.

GEREÇ ve YÖNTEM 2 (bilgisayar çalışması)

10'ar adet rattan oluşan 4 grup

1.grup: sadece bilgisayar grubu

2.grup: bilgisayar+C vit. grubu

3.grup: sadece C vit. grubu

4.grup: kontrol grubu

İlk iki grup 12 sat/gün bilgisayar radyasyonuna maruz bırakıldı.

Son iki grup kontrol için kullanıldı

2. ve 3. gruba 250 mg/kg/gün oral C vit. Verildi.

Sonuç olarak;

En belirgin değişiklikler **kornea dokusunda** cep telefon grubunda görülmüştür.MDA düzeyinde çok belirgin artış,CAT aktivitesinde belirgin artış,SOD aktivitesinde belirgin düşme tesbit edilmiştir.

Lens dokusunda ; cep telefon grubunda MDA düzeyinde ve CAT aktivitesinde belirgin artış saptanmıştır.antioksidan sistem değişiklikleri EMR nun oksidatif stres oluşturduğunu göstermektedir.

Bu moleküler düzeydeki değişikliklerin uzun dönemde hücre kaybı oluşturarak daha kalıcı ve gözle görülür patolojiler oluşturabilmesi olasıdır.

Yorum:

Her iki durumda da besine C vitamin ilavesi ile değerlerin normal düzeylerine gerilediği görülmüştür. Bundan da C vitamini veya başka antioksidanların (melatonin, caffeic acid phenethyl ester,ellagic acid v.b) EMR zararlarına karşı koruyucu olabileceği **düşünülmeli midir ?.** Ayrıca **teknolojiyi kullanma konusunda nasıl bir tutum takınmalıyız ?.**

ÖNERİLER

- LCD ekranlarda EMR tüplü ekranlardan daha düşük olduğu için önemi azalmış görünüyor,
- Cep telefonlarında ise korunma yöntemleri önem kazanmaktadır.Mümkün olduğu kadar kısa süreli ve kulaktan uzaklaştırarak mümkünse kulaklıkla kullanmak,
- Uyku sırasında yatak odamızdan çıkarmak ,veya uçak modu ile kullanmak

HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN ELEKTROMANYETİK ALANLAR ve CEP TELEFONLARI

Doç. Dr. Tefvik PINAR

Yirminci yüzyıl, elektriğe dayalı teknolojik uygulamaların patlama çağı oldu. Bu uygulamalar aynı zamanda elektromanyetik alanlar (EMF) üretti. Bu gelişme sürerek 21. yüzyıl teknolojik inovasyon çağı oldu. Neredeyse tüm yaşam alanlarımız EMF ile sarılıdır ve her gün değişik kaynaklardan bunlara maruz kalmaktayız.

Doğal kaynaklardan: Dünyanın manyetik alanı ve görünen ışık, infrared ve ultraviyole frekanslarını içeren güneş ışınları.

Evlerimizde: Mikrodalga fırınlar, saç kurutma makineleri, elektrik kabloları, uzaktan kontrol cihazları, vs.

İşyerimizde: Bilgisayar ekranları, endüstriyel elektrikli fırınlar, elektrikli motorlar, güvenlik sistemleri.

Sokakta: Enerji hatları, radyofrekans iletişim antenleri, elektrikli tren ve tramvay kabloları, kablosuz network'ler. Hava alanları, mağaza, süpermarket ve kütüphane gibi yerlerdeki güvenlik kapıları, kontrol sistemleri...



Teknoloji, yaşamımızın daha sağlıklı daha müreffeh ve daha güvenli olması imkanlarını sunmakta, yaşam kalitemizi yükselten ekonomik ve sosyal gelişimimiz için önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu nedenle artık yaşamımızdan çıkmaları da pek mümkün görünmemektedir.

ELEKTROMANYETİK ALANLAR

Elektromanyetik alanlar, dalga boyları yüzlerce metre olan düşük frekanslı elektrik temin hattı, trilyon metre ile ölçülen dalga boyuna sahip radyo ve görünür ışık frekanslarına ve tıbbi X-ışınlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsar.

İyonize EMF, kimyasal bağları kırar, iyon oluşturur ve maddede radikal değişikliklere neden olur. **Non-iyonize radyasyon**, kimyasal bağları kıramaz, ancak ısıya neden olur. Elektromanyetik alanlar **hertz** ile ölçülen osilasyonlarına göre tanımlanırlar. **Frekans**, bir saniyedeki elektromanyetik alan dalgalarının (osilasyon) sayısını ifade eden hertz (Hz) cinsinden ölçülür. 1 megahertz (MHz), bir saniyede 1 milyon kez osilasyon demektir.

Günlük yaşamımızdan örnekler:

Prizler 50 Hz (saniyede 50 kez osilasyon) ve

Radyo dalgaları kullanan mobil telefonlar 900 MHz (saniyede 900 milyon kez osilasyon)

Elektromanyetik spektrum kullanım alanına göre değişik parçalara ayrılır:

Infrared aralığı — TV uzaktan kumanda için kullanılır

Mikrodalga aralığı — Pişirme için

Radyofrekans (RF) dalgaları — Radyo ve televizyonlara sinyal taşır.

Aşırı düşük frekanslar (ELF) — Ev aletlerimizin güç kaynağını oluştururlar.

CEP TELEFONLARI

En yaygın EMF maruziyeti, günümüzde en hızlı gelişen iletişim alanında, özellikle mobil telefonlarla olmaktadır. Sağladığı yararlar nedeniyle insanların yaşamlarına severek aldıkları mobil telefonlar özel bir EMF kaynağıdır. 2005 yılında Dünyada 1.8 milyar kişinin mobil telefonu kullandığı tahmin ediliyor. Bu 1920 yılının Dünya nüfusuna denktir. Günümüzde bu rakamın 4.6 milyar (WHO) ya da bazılarına göre 6 milyar civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Mobil telefonlar, telefon network'ü ile iletişim kurabilmek için düşük-güçlü radyo-frekans (RF) (450-2700 MHz; pik güç= 0.1-2 Watt) elektromanyetik alanlar (EMF) yayarlar.

Mobil telefon teknolojisi iki yolla EMF üretir:

1. Şehirlerimizin, yollarımızın çevresinde yerleştirilen baz istasyonları ile
2. Bizim konuşmalarımızı istasyona gönderen telefonlarımızın kendisi aracılığı ile

Bütün yararlarının yanısıra, elektromanyetik alanların sağlık üzerine etkisi konusunda ciddi tedirginlikler vardır. International Agency for Research on Cancer (IARC), radyo-frekans elektromanyetik alanları şüpheli (possibly) karsinojen (2B) olarak sınıflandırmaktadır (2002).

Bu fiziksel etkenin oluşturduğu riskleri tam olarak anlamak ve güvenlik standartları geliştirmek için bilimsel çalışmalara ihtiyaç vardır. Ancak bu alanda araştırma yapmanın kendine özgü zorlukları bulunmaktadır. Bu zorluklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Yapılacak Araştırmaların Zorlukları

- Çevresel etkenlere uzun süre düşük dozda maruziyetin sağlık üzerindeki etkilerini araştırmak çok uzun zaman gerektirir.
- Non-iyonize elektromanyetik alanın sağlık etkilerini araştıran bilim insanları muazzam genişlikte (statik elektrik ve manyetik alandan tetra-hertz aralığında frekanslarla elektromanyetik alanlara) bir elektromanyetik spektrumla uğraşmak ve belirli genişlikteki ölçüm alanlarının her

birinin etkisini araştırmak zorundadırlar.

– İnsan organizmasının karmaşıklığı ile uğraşmak zorundadırlar. Bu iki sistemin etkileşim yollarının sayısı ve doğası, bu gün için sadece tahmin edilebilir düzeydedir.

Henüz çok yeni sayılabilecek bu araştırmaların yaklaşım ve tekniklerinin farklılığı da sorun oluşturabilir.

– En yaygın sorunlardan biri, değişik araştırma gruplarının kendilerine özgü yaklaşım, deneysel tasarım, yöntem, laboratuvar olanakları ve laboratuvar uygulamalarının olmasıdır. Bu durum çalışmaları ve sonuçlarını birbirlerinden farklı hale getirmektedir.

– RF maruziyetine bağlı bir çok hastalığın latent periyodu uzundur.

– Araştırılacak etkinin erken safhalarını saptamak zordur.

– Sonuçların tekrarlanabilir olması gerekir, ancak bunu yapabilmek zaman, insan gücü gerektirir, maliyetlidir ve bu nedenle de uygulanması oldukça zordur.

– Çalışmaların sonuçlarının doğruluğunun onaylanabilmesi için tekrarlanabilmesi gerekir.

– Tek bir çalışmanın sonucu yeterli değildir.

– İleri teknoloji ekipman gerektirmektedir.

– Etik sorunlar mevcuttur

– Çalışmanın yayınlanması ve diğer araştırmacıların eleştirilerine sunulması gerekir.

Ayrıca, bu alanda çıkarları bulunan dinamik sosyal ve politik güçler, muazzam paydaşlar, araştırma grupları; bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde politika üretenler, politikacılar, hükümetler ve düzenleme yapan kuruluşlar, sağlık profesyonelleri, sanayiciler, yatırımcılar, meslek kuruluşları, sendikalar, pazarlama profesyonelleri, EMF oluşturan aletleri kullananlar, hastalar, modern medya, vs vardır.

BU ALANDAKİ BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

Gereksiz duplikasyonlardan kaçınmak ve yapılan çalışmaların önceden yapılanların üzerine yapıldığından emin olmak için koordineli ve ortak çalışmalara ihtiyaç vardır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 1996 yılında, halkın EMF'lere maruziyetinin hızla arttığını, bu durumun halkta gerginliğe ve spekülasyonlara neden olduğunu saptamış ve RF ve ELF (Extremely Low Frequency) alanların sağlığa potansiyel zararlarını değerlendirmek ve yeni çalışmalara yardım etmek için Uluslararası EMF Projesini başlatmıştır. Bu alanda dünyada yapılmış çalışmaları değerlendirerek 2007 yılında EMF maruziyet limitleri belirlemiştir.

DSÖ, bilimsel literatürde 0-100 KHz arasındaki frekansların (ELF) biyolojik sistemler üzerine etkilerini araştıran çalışmaları değerlendirmiş ve kitap olarak yayınlamıştır (*Extremely Low Frequency Fields Environmental Health Criteria Publication No: 230 ILO, ICNIRP, WHO, 2007.*)

DSÖ, bu alanda literatürde bulunan bilimsel çalışmaları analiz ederken;

1. Bazı eksiklikleri bulunan çalışmaları “*sınırlı* (limited)” olarak
2. Büyük yöntem hataları bulunan çalışmaları ise “*Uygunsuz* (inadequa-

te)” olarak değerdendirmiştir.

Buna göre EMF ve RF’ların insan sağlığı üzerindeki etkisi Tablo 1’deki gibi özetlenebilir:

Tablo 1. Elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileri ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmaların değerlendirilmesi

ETKİ ALANI	HASTALIK	SONUÇ
Nöro-Davranışsal etkiler	Beyin elektriksel aktivitesi, bilişsel durum, uyku, hipersensitivite, duyu durumu	Tam net değil
	Depresyon ve intihar	Uygunsuz
Noroendokrin sistem		Uygunsuz
Nörodejeneratif sistem	(Parkinson, multipl skleroz, Alzheimer hastalığı, amiotrofik lateral skleroz (ALS))	Uygunsuz
Kardiyovasküler bozukluklar		Bulgular olumsuz ilişkiyi desteklememektedir.
İmmunoloji ve Hematoloji		Uygunsuz
Üreme ve gelişme	Düşüğe neden olma	Uygunsuz
	Gelişim üzerinde olumsuz etki (memeli türlerinde)	Olumsuz ilişki saptanmamıştır
Kanser		IARC, radyo-frekans elektromanyetik alanları insan için şüpheli (possibly) karsinojen (2B olarak sınıflandırmıştır –2002).
	Çocukluk çağı lösemisi	Nedensel ilişki için güçlü bulgular yok
Diğer	Çocukluk çağı kanserleri	Uygunsuz
	Meme kanseri	Etkisi yok
	Erişkinlerde beyin kanseri ve lösemi	Uygunsuz

AVRUPA BİRLİĞİ

Avrupa Birliği'nin bu konuya yaklaşımı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Kablosuz teknoloji çok net bir şekilde modern yaşam tarzının köklü bir parçası haline gelmiştir ve Avrupa'da önümüzdeki 10 yıllarda iletişimdeki büyüme ve inovasyonun önemli itici gücü olması beklenmektedir. Ancak, toplumda mobil telefonlarla spesifik ve non-spesifik sağlık sorunları arasında bağlantı olabileceği endişesi oluşturan bu teknolojinin ilerleyen Avrupa toplumunun güvenli yaşamsal bir bileşeni olarak kalmasından emin olunmalıdır.

AVRUPA BİRLİĞİ KOMİSYONU

Avrupa Birliği Komisyonu (Directorate of Biotechnology, Agriculture and Food Research)

2000'li yıllarda, elektromanyetik alanlar ve sağlık ilişkisini irdeleyen bir çok çokuluslu bilimsel araştırmalar organize etmiştir (*Community Research; Health and Electromagnetic Fields*). Bu amaçla “European Framework Programmes for Research and Technology

Development” tarafından sekiz büyük proje desteklenmiştir (1998-2006). Bu projelerin çoğunluğu mobil telefonlardan yayılan EMF ile kanser ilişkisini, az bir kısmı ise işitme, hafıza ve davranışlar üzerine etkisini araştırmıştır.

Bu çalışmalar üç yöntem kullanılmıştır:

1. In vitro: Biyolojik materyal kullanılarak laboratuarda

2. In vivo: Sıçan ya da insan gibi canlı organizmalar üzerinde

3. Epidemiyolojik çalışmalar: Çevresel faktörler ve hastalıkların oluşumu arasındaki

ilişkilerin araştırılması yöntemi

Bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

INTERPHONE PROJESİ

(International case-control studies of cancer risk in relation to mobile telephone use)

RF-EMF'a maruz kalma ile baş-boyun tümörleri arasındaki muhtemel ilişki hakkında bilgi edinmek için 2000 yılında başlatılmıştır.

IARC'ın koordine ettiği bir projedir. Veriler 13 ülkeden (Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, israil, italya, Norveç, isveç, ingiltere, Avustalya, Kanada, Japonya, Yeni Zelanda) aynı yöntem ve enstrumanlarla IARC'ın merkezindeki (Lyon, Fransa) veri tabanında toplanmıştır.

Bütün çalışmalar Vaka-kontrol çalışması olarak dizayn edilmiştir.

- Çalışmaya 30-50 yaş arası kişiler ve
- Mobil telefon sisteminin en eski kurulduğu ve en çok kullanıldığı seçilmiş bir bölgede yaşayanlar alınmıştır.

Vakalar, mobil telefondan yayılan RF-EMF'ı en fazla absorbe eden dokulardan kaynaklanan ve tanıları kesinleşmiş üç sınıftan oluşmuştur:

1. Parotid bezi, tükürük bezi

2. Glial ve meningeal beyin dokuları
3. Sekizinci kranial sinirin vestibuler kısmı (Akustik nörinom)

SONUÇ

10 yıl ya da daha uzun süre mobil telefon kullananlarda mobil telefon kullanımının, beyin tümörleri glioma, meningioma ve akustik nörinom insidansını artırmadığı saptanmıştır.

PERFORM-A PROJESİ

(In vivo research on possible health effects of mobile telephones and base stations [carcinogenicity studies in rodents])

1997 yılında Avustralyalı araştırmacılar (Michael Repacholi) 18 ay boyunca, günde 1 saat fareleri (pim1) GSM mobil telefonlardan yayılan elektromanyetik alana maruz bırakmışlar, bu etkilenimin lenfoma riskini normalden 2.4 kat artırdığını iddia etmişlerdir. Ulaştıkları sonuç, bilim çevrelerinde güvenli bulunmamıştır. Daha sonra yapılan bir çok çalışmada da bu sonuç doğrulanmamış, EMF ile kanser arasında ilişki saptanmamıştır.

Perform-A projesi bu çalışmayı replike etmek amacı ile yapılmıştır. Araştırma için Almanya, isviçre, Avusturya ve italya’da 4 deney seti oluşturulmuştur. Mobil telefon frekanslarına maruz bırakılan sıçan ve fare kullanılarak altı adet büyük çapta hayvan çalışması yapılmıştır. Çalışmalarda kontrol grubu kullanılmıştır.

SONUÇ

RF'ların fareler üzerinde olumsuz sağlık etkileri saptanmamıştır. (*Bioelectromagnetics* 28: 173-187, 2007)

CEMFEC PROJESİ

(Combined effects of electromagnetic fields with environmental carcinogens)

Bir çok çalışma mobil telefonlardan yayılan elektromanyetik alanların kansere doğrudan neden olup olmadıklarını saptamayı amaçlamıştır. Oysa kanser oluşumunda dolaylı mekanizmalar da rol oynayabilir. Bu projede, GSM'lerin, kansere neden olan kimyasalları aktive edebilecekleri hipotezi araştırılmıştır.

Dünyanın her yerinde klorlu sularda bulunan, yeterli konsantrasyonlarda verildiğinde sıçanlarda çeşitli tip kanserlere neden olan ve çevresel (kimyasal) karsinojen olarak bilinen 3-chloro-4-(dichloromethyl)- 5-hydroxy-2(5H)-furanone kullanıldı. Bu bileşime kısaca MX de denmektedir.

Projeye Finlandiya, Almanya, Belçika, İtalya katılmış ve 4 yıl sürmüştür. Araştırma, Vaka-Kontrol çalışması şeklinde tasarlanmış, in-vivo ve in-vitro (hücre kültürü çalışmaları) çalışmalar yapılmıştır.

Araştırmada MX kullanılmış ve miktarı, EMF ile etkileşime girip dolaylı etki göstermesi için, doğrudan karsinojenik etki oluşturmayacak düzeyde tutulmuştur. Sıçanların içme sularına MX konmuş ve günde 2 saat, 900

MHz radiofrekans (düşük güçlü mobil telefonlarla aynı düzeyde) uygulanmıştır. Hücre kültürleri de MX ve RF-EMF'ye maruz bırakılmıştır.



SONUÇ

Deneyisel çalışmalar (hayvan deneyleri ve hücre kültürleri), mobil telefonlarla aynı düzeyde RF-EMF'a maruz kalmanın, MX'in (kimyasal karsinojen) kanser oluşturma aktivitesini güçlendirmedini göstermiştir.

GUARD PROJESİ

(Potential adverse effects of GSM cellular phones on hearing)



RF-EMF'in işitme üzerine etkisini araştıran çok az çalışma vardır. Oysa, mobil telefon kullanıcılarının çoğu telefonu kulaklarına çok yakın tutmaktadırlar. Kulaklar, telefonların yaydığı elektromanyetik alanların biyolojik etkilerine karşı özellikle duyarlı olabilirler. **İç kulakta mekanik vibrasyonu işitme sinirine iletmekte büyük rolü olan** kohleadaki tüy-s hücreler, bir çok dış uyarana karşı duyarlıdır.

Bu alışma RF-EMF'in işitme üzerindeki potansiyel etkisini araştırmak üzere tasarlanmıştır. Çalışmanın koordinatörlüğünü İtalya'nın yapmış ve çalışmaya 7 Avrupa lkesinden (İtalya, Fransa, İngiltere, Yunanistan, Litvanya, Macaristan, Rusya) kurumlar katılmıştır.

Çalışmada;

1. Sıçanlara, 4 hafta boyunca günde 2 saat, iki GSM frekansında, 900 ve

1800 MHz RF-EMF uygulanmıştır. Sıçanların ışıtmeleri, çalışma öncesinde, sırasında ve sonrasında objektif odyo testleri (otoakustik emisyon) ile ölçülmüştür.

2. Gönüllülere, 10 dakika telefon konuşmasının hemen öncesinde ve hemen sonrasında subjektif ve otoakustik emisyonla ısıtme testi yapılmıştır.

Bu çalışma tekrarlayan kullanımları da test edebilmek için mobil telefon kullanan iki grup üzerinde de çalışılmıştır:

- Az kullanan grup: Günde 5 dk’dan az kullanan
- Sık kullanan grup: Günde 30 dk’dan fazla kullanan

SONUÇ

490 hayvan ve 550 insan üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda RF-EMF’in ısıtme

üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

RAMP2001 PROJESİ

(Risk assessment for exposure of nervous system cells to mobile telephone EMF:

from in vitro to in vivo studies)

RF-EMF’ler termal etkiye sahiptirler ve vücuttaki etkileri bunun üzerin-

den gerçekleşmektedir. Bu projede, RF-EMF’nin non-termal etkilerinin sağlık üzerindeki etkileri ve “RF-EMF’e mevcut güvenli sayılan limitlerde maruz kalmak, beyin ya da sinir sisteminde hücresel ya da moleküler değişikliklere (termal etki dışında) neden olabilir mi?” sorusunun cevabı araştırılmıştır.

Mobil telefon kullanıcılarının vücudu kaçınılmaz olarak, dokularda ısınmaya neden

olan bazı dalgaları absorbe etmektedir. Bu büyük bir etki değildir. Üretici firmalar, pil ömrünü maksimize etmek için telefonları düşük radyo frekansı çıkış gücü ile çalışabilecek şekilde tasarlarlar. Ancak, kullanıcılar telefonu başlarına tam olarak dayayarak kullanırlar. Başın absorbe ettiği güç önemsenmeyecek düzeyde ve düzenlemelerde belirlenen güvenlik limitinde olmayabilir.

Fazla ısı artışının yeterince uzun sürmesi beyin dokusuna zarar verebilir. Ulusal ya da uluslararası öneri ve düzenleme yapan kuruluşlar, güvenlik standartları belirlerler. Bu değer, Spesifik Absorbsiyon Hızı (SAR) indeksi ile ifade edilir.

SAR, 1 kg vücut kitlesinin radyo-frekans enerjisini absorbe etme hızıdır. Vücut ısını 1°C artıran SAR değerinin onda biri (0.1°C) güvenli sınır olarak saptanmıştır.

Ancak, artan sayıdaki araştırmalar, bu değerlere güveni sarsmaya başlamıştır. RF maruziyetiyle ilişkili bir çok hastalığın latent periyodunun uzun olması nedeniyle uzmanlar, mobil telefonların uzun süre kullanı-

mının sinir sisteminin gelişimine ve fonksiyonlarına zarar vermeyeceği konusunda emin olamazlar.

Birçok bilim ve endüstri çevrelerinde araştırma konusunda ihtilaf olsa da bazı gruplar non-termal etkiler konusunda daha ileri çalışmalara ihtiyaç olduğunu avunmaktadırlar.

Bu projede, hayvan deneyleri ve hücre kültürleri ile kısa ve uzun dönem RF-EMF maruziyetinin, beyin ve sinir hücreleri (nöronlar) üzerindeki özellikle non-termal biyolojik etkileri çalışılmıştır. Projede, İtalya, Fransa, İsveç ve İngiltere’den biyofizikçi, hücre biyologu, bilgisayar programcısı, nörofizyolojist ve farmakolog bilim insanları çalışmıştır.

Çalışmada ikincil ve üçüncü nesil mobil telefon sistemleri kullanılmıştır.

Dört çeşit SAR değeri referans alınmıştır:

Güncel güvenlik sınırlarının;

- Birisi üzerinde
- Birisi o değere yakın
- İkisi o değerin altında

Sıçanlar, değişik sürelerde RF-EMF maruz bırakıldıktan sonra davranış ve hafıza testlerinden geçirilmiştir. Daha sonra sıçan beyinleri çıkarılarak biyokimyasal testler yapılmıştır. GSM frekanslarına en hassas bölgeleri saptamak için elektron mikroskopla görüntüleri alınarak beynin enerji tüketimi ölçülmüştür. Beyin haritaları çıkarılmıştır (davranış testleriyle değerlendirilmek üzere, vs). Çalışmada kontrol grubu kullanılmış, maruz

kalmayan sıçanların (kontrol grubu) beyinleri çıkarılmış ve incelenmiştir. Bu araştırmada RF-EMF maruziyetinin hücreler üzerinde proliferasyon ve diferansiyasyona neden olup olmadığının saptanması da amaçlanmıştır. Bu amaçla, araştırma ekibi nöron hücre kültürü üzerinde çalışmışlar, teorik modeller ve bilgisayar simülasyonları ile RF-EMF etkisini araştırmışlardır.

SONUÇ

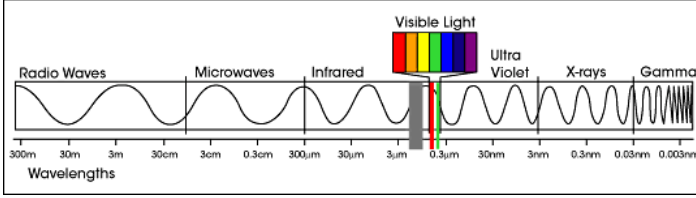
Araştırma 4 yıl sürmüş, 2005 yılında bitmiştir. RF-EMF'a maruziyetin, incelenen biyolojik sistemler üzerine herhangi bir özel etkisinin olmadığı saptanmıştır.

ELEKTROMANYETİK ENERJİ KULLANIMI VE SAĞLIK ETKİLERİ

Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

Öncelikle hoş geldiniz. Öncelikle, daha önce böyle bir kuruluşun, Temkoder gibi sivil toplum örgütünün bu faaliyetinden dolayı teşekkür etmek istiyorum. Kendilerini kutluyorum çünkü yurtdışında hep görme-ye alışkın olduğumuz bu tür sosyal sorumluluğun içerisinde bir bizim de kuruluşumuzun olması çok güzel. Ben tanıştığıma çok memnun oldum öncelikle. Hep yurtdışında yapıyoruz böyle bilgilendirme toplantılarını ama ben kendi ülkem için de artık, İzmir’de bir-iki konuşmamız olmuştusu sonra burası olması nasip oldu, bir farklılık yaratmanın gerekli olduğunu düşünen bir bilim insanıyım. Topluma karşı sorumluluğumuz olduğunu bilen bir bilim insanıyım.

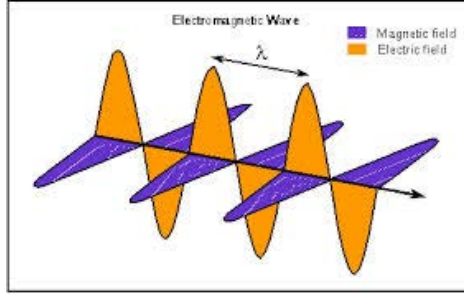
Bugünkü sunumumuzun içerik olarak bakacak olursak ve ben mühendis kökenli olduğum için daha çok teknik ayrıntılara ve yapılan hatalara değinmek istiyorum. Çünkü yurtdışı(ndaki) araştırmalarda, daha doğrusu yurtdışındaki konuşmalarda gördüğümüz, toplantılarda gördüğümüz birtakım uyarılar var. Bu uyarıları yapmak istiyorum. Lütfen beni mazur görünüz. Tıp insanların yaptıkları çok büyük hatalar var. Metodoloji olarak yaptıkları hatalar var. Biz mühendislerin yaptıkları olası mekanizmalar (possible mechanisms) hakkında yaptığımız hatalar var. Ben dilim döndüğünce bu hataları Türk bilim insanlarına anlatmak istiyorum. Lütfen kusura bakmayın. Bir defa ilk uyarıyı şöyle yapmak istiyorum: Bütün çalışma grupları içerisinde, matematikçi hocamız burada herhalde, bir matematikçinin olması gerekiyor ve mutlaka bir teknik elemanın olması gerekiyor. Çünkü frekanslar karıştırılıyor, dozajlar karıştırılıyor.



Hızlı bir şekilde geçeyim çünkü geniş slaytlar var. Önce teknik bir şeyler anlatmak istiyorum. Biz elektromanyetikçiler, mühendis kökenli insanlar, elektromanyetik ve elektromanyetik enerjinin uzayda nasıl yayıldığına bakarız.



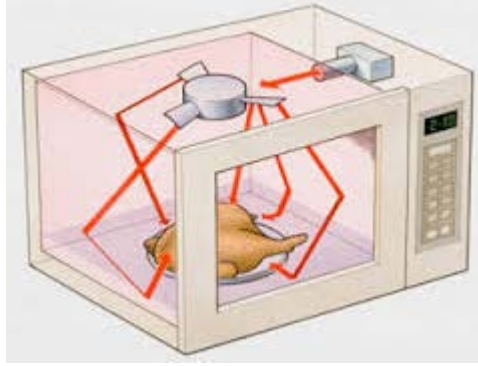
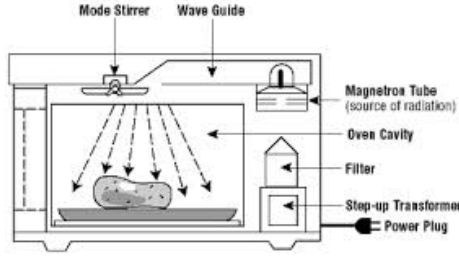
Bir kaynak varsa bu kaynak öncelikle üye ayrılmalı. Alan mıdır dalga mıdır bu enerji önce ona bakarız. Frekansıyla çok büyük bir ilişkisi vardır. Elektrik alan ve manyetik alan komponentleri bir aradaysa, yani bu bir anten varsa, bir antenden yayılıyorsa o enerji elektromanyetik enerjidir. Bu hatayı yapmamak lazım. Örneğin bir paralel plate varsa, örneğin bir elektrik hattı varsa ama içinden akım geçmiyorsa orada elektrik alan vardır, manyetik alan yoktur.



Bu hataların çok yapıldığını görüyoruz. Yani bir Helmholtz bobin kullanıyorsanız eğer setup’ınızda orada elektromanyetik alandan bahsedebilirsiniz frekansınıza bağlı. Dolayısıyla, uzayda yayılan elektromanyetik enerji türüne göre. Kaynaktan uzaklaştıkça, çok yakın alanlar $1/r^3$ ile ters orantılı, yani mesafenin küpüyle ters orantılı, uzak bir alandaysa mesafenin karesiyle ters orantılı bir şekilde etkisini azaltır.

Şimdi polarizasyon çok önemli tabi. Eğer uzayda yayılan bu elektromanyetik enerji, hem elektrik hem manyetik bileşenlere sahipse birbirlerine 90° diktirler vektörel olarak ve aynı zamanda iletim doğrultusuna da diktirler. Vektörel çarpımlarının anlamlı olabilmesi için iletilen noktaya doğru da diktirler. Ancak bu doğrusal polarizasyondur. Dairesel ve birtakım başka polarizasyon sistemleri de var. Buradayken hemen şunu söylemek istiyorum sayın bilim insanları, sayın dinleyiciler: cep telefonunun kendisiyle bir setup yapmamaya gayret gösterelim çünkü eleştiriler, herhangi bir cep telefonu bu anda bu çıkışı yaparken 10 dakika sonra aynı çıkışla çalışmayabilir. Sizi homojen bir exposure’den bahsediyorsanız, cep telefonu ile exposure sistemi yapmamalısınız. Bunu taklit eden, GSM benzeri sinyalleri verebilen özel aparatlarımız var. Onları kullanmak gerekli ki her an homojen olarak o dokunun expose edildiğine emin olalım. Sırası geldiği için söylemek istiyorum. Uygun bir iletken hem elektrik hem manyetik alanı birlikte yayıyor, yani dalga hâline getiriyorsa, uygun dalga hâline getirebilmesi için çalışma frekansı-

nın dalga boyuna uygun bir boya sahip olması gerekir. Yani kural şudur: frekansımız ne kadar yüksekse uygun bir çıkış yapabilmesi için o kadar kısa bir antene ihtiyaç vardır. Bunu şunun için söylüyorum, ileride bahsedeceğim, örneğin çocuklar boy olarak ortalama daha düşük boyda oldukları için, size olarak küçük oldukları için, büyükleri koruyan kurallar küçükleri korumazlar. ICNIRP, Uluslararası Non-iyonize Radyosyandan Koruma Örgütü'nün Prag'taki toplantısında bu konular çok konuşuldu.



Şimdi etkileşim mekanizmasına bakacak olursak, şunu söylemek lazım: 2. Dünya Savaşı'nda Almanlar, Alman bilim adamları, su varilindeki H_2O 'yu çok iyi titreştirecek bir frekans arayışına girdiklerinde 2450 MHz olarak buluyorlar. Yani molekül bondlarını en iyi titreştirebilen frekans 2450 MHz, yani 2.45 GHz. Ve dolayısıyla, mikrodalga fırınlar da

bu frekansta çalışıyorlar. Hâlâ günümüzde de bu frekansta çalışıyorlar. Ne yazık ki, benim Türkiye'yi temsil eden bir üyesi olarak söylemem lazım, IEEE, Uluslararası Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü, bütün kablosuz iletişim araçları, kablosuz mouse'lar, bluetooth kulaklıklar, bluetooth teknolojisi,



Wi-Fi teknolojisi denilen endüstriyel teknolojileri 2450 MHz'de çalıştırıyorlar. Şimdi bu hatanın farkına vardılar ama dönüşü yok artık. 100 milyar dolara yakın yatırım yapılmış. Wi-Fi unitlerinin 2450 MHz'de çalıştırılması çok büyük bir hata. Dünya sağlık örgütü artık bunun farkına vardı. Yani şunu söylemek istiyorum ki, siz eğer 2450 MHz'de bir bluetooth kulaklıktan korkmuyor olabilirsiniz. Mikro-Watt düzeyinde bir çıkışa sahip ama dokularımızdaki suyu en iyi titreştiren frekansı kullanıyorsunuz. Bu çok tehlikeli bir durumdur. O yüzden mutlaka, bu revizyona gittiler zaten, mutlaka bizim otoritelerimiz de bu revizyonu yapacaklar.



Avrupa’da bu revizyonlar hızla yapılmaya başlandı. Hatta yakın frekanslar, yani 2450 olmasına gerek yok 2100 MHz’de, biliyor musunuz bilmiyorum ama, 3G frekanslar 2100 MHz’dedir. 2000 MHz’nin üzerine çıktığınız zaman çok daha fazla etkileniyoruz. Çünkü bant genişliği için 3G’de, 3G gönderme sisteminde, çok daha fazla etkileniyoruz. Dolayısıyla, bunlar masum değiller. Benim gördüğüm kadarıyla, Avrupa Birliği, çoğunlukla bu mevcut standartları kullanıyorlar ama her yıl daha çok düşürme yoluna gidiyorlar. Şu anda 1 V/m’ler civarında ama bilmeyen insanlar 1 V/m’de cep telefonu çalışmaz diyorlar. Bunların sürekli biz laboratuvarında denemelerini yapıyoruz. 0.1 V/m’de çalışıyor cep telefonları. Yani doğru değil. 1 V/m bizim için de bir hedef. Çünkü kalp pilleri, kardiyak pacemaker lar(kalp pilleri), 3 V/m’de malfunction oluyor. Yani fonksiyonları bozulmaya başlıyor. 2 V/m’ye garanti veriyor Alman firmaları için. Çok dikkatli olmak gerekiyor. Şu anda benim ölçtüğüm, Isparta’da, Denizli’de kirlilik haritası çıkardık. Ölçtüğüm değerlerde ben 3 V/m’yi çok okudum. Yolda giderken ölçtüğünüz zaman bunu görüyor-

sunuz. Vektörel toplamını alırsanız eğer 3 V/m'yi görüyorsunuz. Ve bu büyük bir tehlike.



Günlük yaşamda neler etkili bizim için hızlıca bahsedeyim isterseniz. Cep telefonu söylendi, radyo, TV, bilgisayar, saç kurutma makinaları; saç kurutma makinaları büyük bir tehlike saçan cihazlar çünkü eğer uzun süre tutacak olursak yönlendirdiğiniz hem elektrik hem manyetik alan direkt olarak beyin dokusunda hasara neden olabilir, oldukça yüksek değerlerde çünkü.

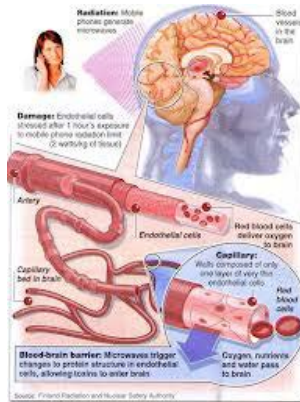


Elektrikli battaniyenin kesinlikle yasaklanması lazım çünkü üzerinize çektiğiniz zaman, bununla yapılmış 1-2 tane biyoelektromanyetik çalışması biliyorum, Almanların çalışmalarını biliyorum, göğüs kanserine büyük etken. Çünkü altında yatıyorsunuz veya üstünde yatıyorsunuz bat-

taniye biçiminde. Çok tehlikeli. Yakında da yasaklanır muhtemel ki Avrupa'da çünkü bildiğim kadarıyla bazı ülkeler yasakladılar.

Bir de birimlerden bahsetmek istiyorum hızlı bir şekilde. Çok düşük frekansların birimlerle, frekans yükseldikçe birimler arasında farklılıklar var. Bunun karıştırılmaması gerekiyor. Yani bir el fenerin ısıtması gibi ışıma güç yoğunluğu vardır mühendislikte. Watt/m^2 'dir bu. Çok yüksek frekanslarda bu etkiler. Ama düşük frekanslarda Tesla, Gauss, Weber/ m^2 gibi birimler etkilidir. Eğer birisi yüksek frekanslarda Weber/ m^2 'den bahsediyorsa bilmeden bahsediyordur, cahillikten bahsediyordur. Çok dikkatli olmak gerekiyor. Mutlaka Çünkü bu yaptığımız yayının kalitesi ni bir anda düşürür.

Standart çalışmaları biraz önce söyledim. ICNIRP çok önemli, FCC Amerika için önemli, onların koydukları kurallar, IEEE, dediğim gibi Dünya Sağlık Örgütü (WHO) IEEE'nin ve ICNIRP'nin verilerini çok önemsiyor.



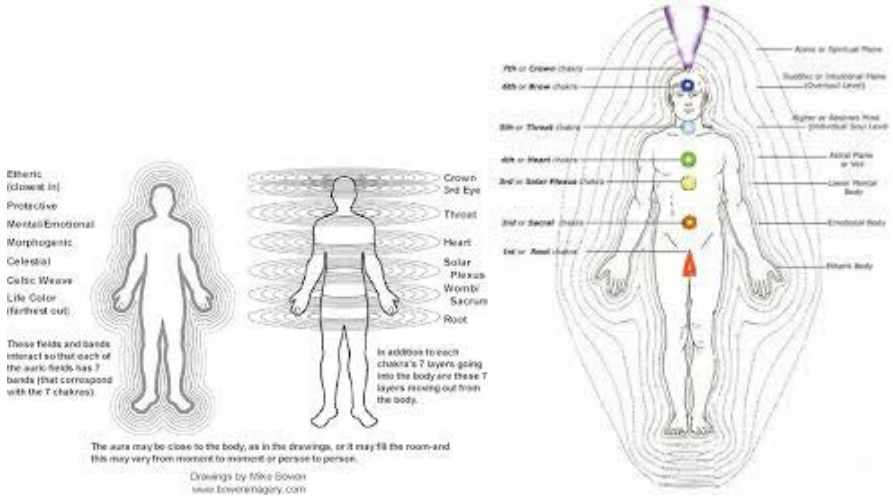


Çoğunlukla etkiler, bizim bilebildiğimiz, bilim insanlarının artık possible mekanizmalarını belirlediği etkiler, termal etkiler. Ama biraz önce diğer konuşmacılarımız da söylediler: non-termal etkiler, yani çok düşük frekanstaki etkiler hâlâ bir şüphe götürüyor. Yani orada belirtilmiş, yararlı etkiler de var çünkü. Yararlı etki mekanizması, hücrenin stimülasyonunu ile proliferasyonun artırılması, çok düşük frekanslarda daha baskın olan manyetik alan, kemik kırığı iyileşmesini artırıyor. Kalsiyum eflaksından dolayı.

Birtakım hücre simülasyonlarında kullanılıyor. Hastalıkların tedavisinde kullanılıyor. Yara iyileşmesinde kullanılıyor. Bizim de yaptığımız, bu konuda yaptığımız, literatürden görebileceğiniz çalışmalar var. Gerçekten öyle. Çok düşük frekanslarda eğer darbeleri biçiminde veriyorsan, mesela saniyede 1 pulse veriyorsanız ve bu kare dalga biçimindeyse, sinüsler zararlı çoğunlukla, kare dalgaysa bu darbe, mutlaka hücre simülasyonuna faydası oluyor. Ama 5 miliTesla'yı geçmemek lazım zaten Dünya Sağlık Örgütü'nün bir isteği var, 1 miliTesla'dan sonra bu etkiler başlıyor. Beşin üzerinde etki geri dönmeye başlıyor. Hakikaten, yara iyileşmesinde 5 miliTesla'nın üzerinde verdiğimizde yaranın geç iyileştiği-

ni biz de gördük.

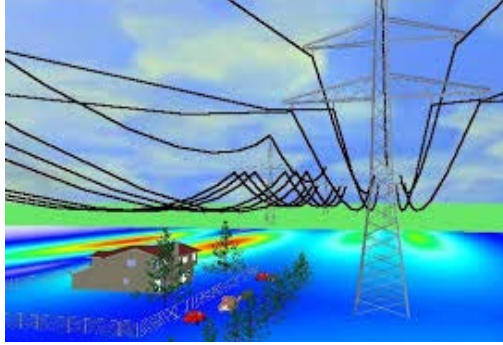
Bizim elektronikçilerin, elektromanyetikçilerin çok iyi bildiği Maxwell denklemleri vardır. Maxwell, zamanında bu mekanizmaları çözebilmek için, elektrik alan manyetik alan nasıl doğurur, manyetik alan elektrik alan nasıl doğurur diye, beş adet çok önemli açıklaması, equation'ı var. Onların günlük hayatta karşılaştığımız türlerinden bahsetmek istiyorum. Eğer bir enerji nakil hattının altındaysanız ve hattın içinden akım geçiyorsa, doku içerisinde bir manyetik alan oluşacaktır. Ve bu manyetik alan çizgileri uzayda kapanırlar. B, manyetik alan yoğunluğunu gösteriyor. Oysa hiç akım akmıyorsa, hattın bir gerilimi vardır, geriliminden dolayı bir elektrik alan sürekli vardır. Vücudun üzerinde o elektrik alanın statik etkisinden dolayı yüklerin toplanması gerekir. Ama Maxwell denklemlerine göre sizin bir elektrik alanınız varsa o vücudun içerisinde bir de akım akması gerekir. Yani vücut aynı zamanda içerisinde akım aktıran bir kayıplı ortam gibi davranır. Aynı şekilde B manyetik alanı varsa gene vücudun içerisinde beklenmeyen ya da tam olarak ölçülemeyen akımlar akabilir.



Gelelim SAR'a. SAR çok önemli bir birim; fakat yeterince bilinmeyen bir birim. Bir telefonun SAR'ı olmaz. Bir telefonun SAR'ı demek, üzerinde yazan SAR değeri, o telefonun normal konuşma durumuna göre kulağa nasıl tutuluyorsa o vücutta indükleyebildiği SAR oranı olur. Specific absorption rate (SAR) aslında oran demek değildir. "rate" İngilizce olarak hız anlamına da gelir. Yani enerjinin soğurulabilme hızından bahseder SAR. SAR'ı ölçmek kolay değildir. SAR probe'ları vardır. Bizim yaptığımız çalışmalarda, doktora ve yüksek lisans çalışmalarında vücut sıvılarını simüle edebildiğimiz phantom sıvılarımız var. Belirli bir takım oranlarda karıştırarak phantom'unu hazırlıyoruz. İçerisinde SAR'ı ölçmeye çalışıyoruz Çünkü sıvıdan sıvıya değişen, frekanstan frekansa değişen bir soğurulma hızına sahip. Dünya Sağlık Örgütü tarafından kabul edilmiş değerleri vardır. 0,4 Watt/kg üzerine çıkılmaması gerekir halk sağlığı için. Dolayısıyla 4 Watt/kg 10 derece, 10 kat yükseltilmiş bir şekilde ortalama bir vücut sıvısı için 1 °C'lık bir ısı yükselmesi yaratır. Bu da tabi beyin dokusu, beyin içi sıvısı yine kasla ilişkiler dokusu için yaptığımız çalışmalarda gördük. IEEE'nin söylemiş olduğu bir fonksiyonla artar. 6 dakikalık exposure time'da o değeri yakalamamız gereki-

yor ki bunu biz yaptığımız çalışmalarda yakalıyoruz, demek ki söylenen şeyler doğru. SAR'ı ölçmek için özel probe'lar var ya da çok pahalı set-up'lar var. Ama başka türlü yöntemlerle de, yani dolaylı yöntemlerle de ölçülmesi mümkün. FDTD denilen bir yöntem vardır, bilgisayarlı ve elektronikçiler çok iyi bilirler. Finite Difference Time Domain, Zamanda Sonlu Farklar Yöntemiyle biz hücreleri, hücre boyutunda çok çok küçük hücrelerden meydana getirerek dokunun içerisindeki absorbe edilen enerjiyi predict edebilecek bir yöntem biliyoruz. Biyolog ve tıpcı arkadaşlarıma, araştırmacılara şunu tavsiye etmek isterim: mutlaka bir elektronikçiyle çalışırlarsa, çok da basit Matlab programı içerisinde kendimizin yazabileceğimiz basit bir programla bunu ayarlamamız mümkün. Çünkü kaliteli yayınları yaparken mutlaka editörler soruyorlar “Ne kadar SAR uyguladınız?”,

“Exposure sisteminiz nasıldı?” diye. Bunlardan korunmak için de grubumuz içerisindeki elektronikçiler yeterli olacaktır.



Şimdi ne yapıyor peki? DNA üzerine birtakım sorular gelmişti. Bizlerin bildiği bir $F = qV \times B$ diye bir formülümüz var. Bu bir kuvvet, force. Eğer hareketli bir hücreden bahsediyorsak, bu hareketli hücrenin manyetik alanda hareketi esnasında üzerine etkiyen bir kuvvet var. Diğer formül çıkmamış bir formülümüz daha var, herkesin bildiği. $F = qE$ o da. Eğer

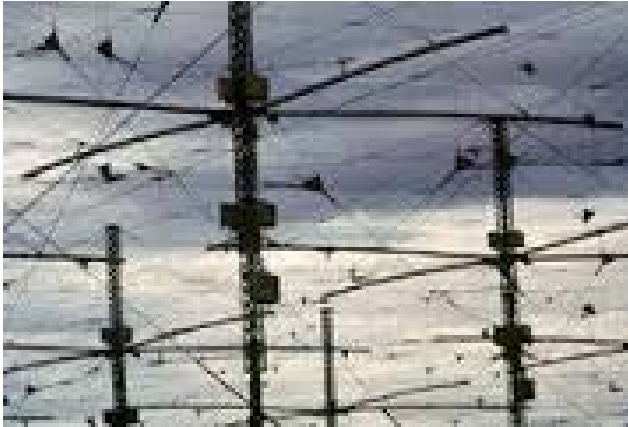
sadece elektrik alan varsa, manyetik alan yoksa, force, yani kuvvet, yüke etki eden ya da hücrenin yüküne etki eden kuvvet $F = qE$ biçimindedir ama o vektörel değildir. Sadece skaler bir çarpımdır. Direkt olarak hesap edilebilir buradan etkiyen kuvvet. DNA'nın sarmalını tersten açmaya yönlendiren az da olsa bir kuvvet uygulamış oluyoruz. Sonuçta conclusion'ı bu yani bunun. Hücre DNA'sı üzerinde böyle bir etkisi vardır.



Şimdi asıl benim konum low frequencies, yani çok düşük frekanslarda ne oluyor. Hocam çok güzel anlattı, yani gerçekten hoş anlattı. İyonik kanalların etkilenişi bir başka bir başka possible mechanism, yani bir olası mekanizma. Çünkü voltaj kanalları var, iyon kanalları var. Ve hücrenin zar permeabilitesini değiştiren bir durum ortaya çıkıyor. Yani, çok düşük frekanslarda etkileşim henüz çözemediğimiz ama tahmin ettiğimiz etkileşim böyle. Hücrelerin kalsiyum eflaksını etkilediğiniz zaman, hücrenin temel birtakım canlılık fonksiyonlarını etkilemiş oluyorsunuz. Dolayısıyla bu birike birike kümülatif olarak hücredeki, dokudaki, or-

gandaki, metabolizmadaki temel değişimi ortaya çıkartıyor. Ve bu kümülatif oluyor. Bu kabul edilmiş bir gerçeklik. Düşük frekanslarda iletkenlik ve $\epsilon_{relative}$ yani bağıl dielektrik sabiti, çok önemli değil. Çünkü çok düşük frekanslarda dokuyu ısıtamıyorsunuz. $\epsilon_{relative}$ yani bağıl dielektrik sabiti, çok düşük frekanslarda mesela 50 – 60 Hz power frequency’de dışarıda ölçtüğünüz alan $\epsilon_{relative}$ ’e yaklaşık olarak bölümü kadardır. Ve $\epsilon_{relative}$ 10^6 ’lar civarındadır 50 Hz’de. Oysa 900 MHz’de bu 40-45 civarındadır. Bu kadar farklılaştırıyor. İşte o yüzden biz diyoruz ki ancak çok yüksek frekanslarda ısıl etkiler baskındır ama düşük frekanslardaki yararlı ve zararlı etkiler henüz açıklanamayan mekanizmalardan ortaya çıkmaktadır.

Hızlı geçeyim buraları. Soğurulmadan bahsediyoruz. Yine biyolojik. Şimdi günümüzde hele yakınında dağı tepesi olmayan yerlerde anten tarlaları var gerçekten, biliyorsunuz. Birbirine çok yakın frekanslarda bir sürü kaynak var. Bunların mutlaka ama mutlaka modellenmesi lazım.



Aslında burada söylemek istediğim çok önemli bir şey vardı. Vücudumuzda iletken, yarı-iletken lossy bir medya olduğu için, kayıplı bir dielektrik yapıya sahip olduğu için bir anten gibi davranıyor. Bu çok çok önemli. Örneğin çocuğun kol boyuyla yetişkin insanın kol boyu aynı değildir. Biz bir şehiriçi radyo vericisinin yanındaysak 100 MHz civarındaysa çok uzun boylu olan bir insan bundan daha az etkilenirken, çocuk daha çok etkilenecektir belki. Şöyle diyelim yani 100 MHz için söylenmiş olan standartlar büyük boydaki yetişkin insanı korurken küçük çocuğu korumayabilir. Çünkü rezonans frekansları çok daha düşük frekanslarda oluşacaktır. Şimdi bu konuda, IEEE C95'e üye olduğum için sürekli bana mailleri geliyor. C95'i revize etmeye çalışıyoruz ki acaba çocukları daha iyi ya da anne karnında fetüsü daha iyi nasıl koruruz diye. Çünkü korunmadıklarını biliyoruz. Şimdi Dünya Sağlık Örgütü bunu olarak, örneğin Türkiye'de Sağlık Bakanlığı'na söylemezse Sağlık Bakanlığı'nın bundan haberi olmaz. Bu direktör oluşacak biliyorum, şu anda çalışmalar hızlanıyor. Rezonans frekansının önemli bir faktör olduğunu ve mutlaka göz önüne alınması gerektiğini söylüyorlar.

Mobil iletişim sistemlerinde de, çok güzel söyledi hocamız, hangi hocamızı bilmiyorum, iletişim sistemleri için bir anteni şehir dışına almak çok daha fazla risk altına alacaktır popülasyonu. Çünkü, cellular system, hücreler içerisinde değişik frekansların verilmesiyle yapılabilir. Dolayısıyla, gelişmiş ülkelerde henüz başlamış bir şey gibi biz de mikro ve nanosellere geçmeliyiz. Yani 4 Watt, 5 Watt çıkış gücü vermemeli, 20 Watt çıkış gücü vermemeli baz istasyonları. 1'er Watt vermemeli. Yani hepimizin cep telefonu kadar bir baz istasyonu köşelerde olmalı. Zaten

biz onların zararlarını biliyoruz. Mikroseller bunun için iyi bir yöntem, çözüm olacaktır.



3G için 2100 MHz çok önemli. Cep telefonu 0.1 V/m ile bile çalışıyor. Otoriter biri söylerse “1 voltun altında çalıştıramazsınız zaten” bu kesinlikle yanlış. Laboratuvarlarda sürekli ölçüm yapıyoruz.

Ülkemiz için 10 V/m’ye hâlâ seviniyoruz. Sevinmemeliyiz. Özellikle sivil toplum örgütleri söylemeli ki, 1 V/m’ler yeterli. Ama bizim coğrafi şartlarımız çok dağınık bölgeler olduğu için biraz da toleransı olmalı ama 3 V/m’nin üzerinde pacemakerlar malfunction oluyolar, tekrar söylemek istiyorum.

Hızlıca geçelim buraları da.

Antenlerden bahsetmeme gerek yok çok teknik bir ayrıntı olacak.

Yine Human Body Resonance ile ilgili biz model kullanırken biz insanı böyle silindirik bir model olarak kabul ederiz. Oradaki rezonans frekansının nasıl hesap edildiğini gösteriyor.

Hızlıca geçeyim.

Şimdi birazcık daha işin tıbbi kısmına girecek olursak. Klinik çalışmalarda, nelerden şüphelenmiş bilim adamları ve neler yapmışlar? Kan biyokimyasındaki değişimleri gözlemişler. Özellikle endokronoloji için söylenebilecek bir şey. Prof. Dr. Bumin Dünder hocamla çocuk endokronoloğudur, şu anda Katip Çelebi’de. Bizde çalışırken, çok güzel bir çalışma, iyi ki yapmışız. Çok geri dönüş alıyoruz. 1 saat maruziyetin farelerde büyüme ve ergenlik bozuklukları yanında; büyüme hormonu ile ilgili peptid olan IGF-1 düşüklüğüne, beyin ve over dokusunda doku hasarı parametrelerinde artışa neden olduğu saptandı. Hem 50 Hz’de, çok düşük frekanslarda, hem de 2450 MHz’lik Wi-Fi access-point’ler için evlerimizdeki modemler için bunu bulduk. Ama evlerimizdeki modemin aynısını kullanmadık, tekrar söylüyorum. Bu çok önemli bir şey. Çünkü bir Wi-Fi bağlantısı yapılırken paket paket bilgi gittiği için o anda 1 miliWatt’lık bir çıkış görüyorsunuz ama 10 dakika sonra yarım miliWatt’a düşüyor bu. Dolayısıyla sizin bilimsel bir çalışma yapıyor olabilmemiz için her an homojen bir exposure uyguladığınızdan emin olmanız lazım. O yüzden benzeri frekansı üreten cihazlar var.

Geçeyim hızlıca.

Lösemi ilişkisi konusunda yine Bioelectromagnetic Society’nin içinde bulabileceğiniz Polonyalıların ve Almanların. Çocukluk lösemisi

ile lösemi arasındaki ilişkileri, Dünya Sağlık Örgütü bundan etkilendi, biliyorum etkilendiğini ve bunun üzerinde çalışmalar yapıldığını da biliyorum.

Wi-Fi elektromanyetik alanlar melatonin sentezini yavaşlatıyorlar. Biz bu çalışmayı fizyoloji bölümümüzle, Süleyman Demirel Üniversitesi Fizyoloji Bölümü'ndeki hocalarımızla yaptık ve hâlâ da devam ediyor. Melatonin sentezini yavaşlatıyor, bulduk yani. Ve abartmaksızın, uyguladığımız dozajlar hep real-life, günlük hayatın dozajları.

Biyokimyasal yapısal değişimler. Serotonin seviyesinde azalmalara neden oluyormuş, söyleniyor bu. Biz yapmadık ama var bu şekilde çalışmalar.

Göz için hocam çok güzel anlattı. Bir de gözde bilimsel çalışmalar çok . Kan Penne denklemine göre, ısınmayı aynen bir arabanın radyatörü gibi kan akışı eğer dokuda fazlaysa iç organlara götürebiliyor. Oysa göz dokuları böyle değildir. Mesela lens, hiçbir kanlanma yok. Lensin üzerinde direkt olarak ısı yükselmesinden dolayı katarakt oluşumu aniden başlayabiliyor. Tavşanlarda yapılmış böyle çalışmalar var. Tavşan gözü insan gözüne yakın olduğu için biliyorum.

Evet, doku iletkenliği önemli ki iletkenliği fazla olan dokularda fazla bir ısı yükselmesi meydana geliyor. Hocam vaktimi aştım çok özür dilerim. Biraz önce söylediğim kalp pili kullanıcılarında cep telefonu etkisi mutlaka göz ardı edilmemeli. Tekrar vurgulamak istiyorum, tekrar oluyor kusura bakmayın ama evlerimizdeki mikrodalga fırınların yakınlarında çocuk dolaşmaması lazım. Önünde onun bir ızgara var biliyorsunuz. Bunun mutlaka söylenmesi lazım. Izgara zaman içinde deforme oluyor. Çünkü fazla enerji çarpıyor. Işığı görebiliyorsunuz, içerideki yemek pişti mi diye bakıyorsunuz. Çocuklar eğer bakacak olursa parçalanmış bir ızgaradan dışarıya yansıyan enerji çok büyük miktarlarda olabilir ve çocukların gözlerine zarar verebilir. Bunu da söyleyeyim. Amerika'da

çünkü böyle olaylar rapor edilmiş. Mutfakta buzdolabının üzerinde tutulması gerekiyor.

Henry Lai, ilk defa DNA hasarını buldular o da 2.45 GHz için onu söyleyeyim.

INTERPHONE çalışmasında, yalnız hocam beyin tümör oluşumunu 1,5 kat artırdığına dair bir madde var.

Dünya Sağlık Örgütü, 16 yaşın altındaki çocuklara cep telefonunun, oyun için bile verilmemesini tavsiye ediyor. Çünkü Wi-Fi özelliğini kapatmazsanız cep telefonu sürekli iletişim hâlinde olabiliyor ya da uçak moduna almak gerekiyor böyle durumlar için.

Laptop'lar bildiğimiz gibi hedef olduğu dokular çoğunlukla üreme organlarına yakın olduğu için masum değiller. Laptopların inaktif olduğunu sanan kişiler var olmadığını mutlaka bu kişilere söylemek lazım. Çünkü paketi gönderirken, gönderdiği paket alındı mı diye doğrulama sinyali de gönderiyor. Verici gibi çalışıyor yani.

Geçiyorum hızlıca.

Sonuçlar ve veriler bakayım önemli bir. LED armatürler için bir şey söylemek lazım, daha doğrusu çok kötü armatürler, elektronik olan armatürler çok kötü frekanslar yayıyorlar. Bunun mutlaka söylenmesi lazım. Çocukların yatak odalarında böyle armatürleri kullanmamak gerekiyor. 3300 Hz'di yanılmıyorsa. Orada çünkü switch-mode gibi çalışan bir devre var. O devrenin ürettiği bir frekans var. Ama pahalı lambalarda öyle değil. Onlara koruma önlemleri alınmış.



Saç kurutma makinelerini söylemiştim.

Araç içi görüşmeler... Mutlak surette üç kişi konuşuyorsa eğer bir aracın içinde, yani nasıl ki sigara içmiyoruz araçlarda çocukları koruyoruz. Yani çocuğa telefon kullandırmıyorsun ama üç kişi aynı anda araç içinde konuşursak eğer çıkamayan enerji, tekrarlamalı yansımalarından dolayı, olağanın üstünde bir SAR oranı oluşturabiliyor. Bu da önemli.

Teşekkür ediyorum. Zamanımı aştım kusura bakmayın.

ELEKTROMANYETİK ALANLARIN ÖLÇÜMLERİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Yahya TEŞNELİ

1. GİRİŞ

Elektromanyetik radyasyon (EMR) etrafımızı kuşatmış durumdadır ve günlük hayatımız içerisinde hepimiz çeşitli kaynaklardan yayılan elektromanyetik radyasyona maruz kalırız. Enerji iletim ve dağıtım sistemleri, insanların hayatlarına getirdikleri çok sayıda faydadan dolayı giderek vazgeçilmez hale gelen ve sayıları hızla artan mobil telefonlar ve baz istasyonları başta olmak üzere çeşitli kablosuz haberleşme sistemleri sıkça karşılaşılan yaygın EMR kaynaklarıdır.

Elektromanyetik radyasyonu oluşturan iki bileşen bulunmaktadır, bunlar elektrik alan (E) ve manyetik alandır (H). Elektromanyetik radyasyon veya elektromanyetik kirlilik (EMK) ifadeleri kullanıldığında bu bileşenlerin her ikisi birden kastedilmektedir.

Elektrik alan şiddetinin birimi V/m, manyetik alan şiddetinin birimi ise A/m'dir. Bu iki bileşen düşük frekanslarda ayrı ayrı ölçülmekte

yüksek frekanslarda ise biri ölçüldüğünde diğeri hesaplanabilmektedir. EMR ile ilgili limit değerler de elektrik ve manyetik alan şiddetleri için ayrı ayrı belirlenmiştir. Elektromanyetik radyasyonun manyetik alanla ilgili bileşeni, manyetik akı yoğunluğu (B) ile de ifade edilir. Manyetik akı yoğunluğunun birimi Tesla (T) veya Gauss (G)'dur.

Elektromanyetik alanlar kendileriyle birlikte elektromanyetik güç taşırlar ve enerji uzayda alıcı noktalara elektromanyetik dalgalarla iletilir. Bir elektromanyetik dalga'nın ilettiği güç, birim alan başına güç akışını temsil eden ve bir elektromanyetik alana eşlik eden güç yoğunluğu (P) ile ifade edilir. Birimi W/m^2 olan güç yoğunluğu elektrik ve manyetik alan şiddetleri kullanılarak hesaplanan bir niceliktir. Limit değerler, radyo dalgaları için güç yoğunluğu cinsinden de verilmektedir.

2. LİMİT DEĞERLER VE YASAL DÜZENLEMELER

2.1. Uluslararası Düzenlemeler

Elektromanyetik radyasyon konusunda her ülke kendi standartlarına göre limit değerler belirlemektedir. Avrupa Birliği'ne üye ülkeler ve diğer birçok ülkede ortak olarak kabul gören ve uygulanan limit değerler bulunmaktadır. Bu limit değerler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da tanınan uluslararası bir komisyon olan İyonize Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonu (ICNIRP) tarafından belirlenmiştir. ICNIRP Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC) ile de ortak çalışmaktadır. ICNIRP standardı bilimsel temeller üzerine kurulmuştur ve dünyanın her yerinde yapılan bilimsel çalışmalar komisyon tarafından kapsamlı olarak devamlı takip edilmekte ortaya çıkan yeni teknolojiler izlenmektedir. Bilimsel çalışmaların özellikle kanser gelişimi ile ilgili olanları IARC tarafından değerlendirilmektedir. Son olarak, ICNIRP ve IARC'ın çalışmaları dikkate alınarak WHO tarafından EMR maruziyetinin tüm olası sağlık etkileri üzerine evrensel bir değerlendirme yapılmaktadır. Dolayısıyla ICNIRP'nin belirlediği limit değerler yapılan yeni bilimsel çalışmalar

ışığında sürekli olarak gözden geçirilmektedir.

ICNIRP limit değerleri iki kademeli olarak ortaya koymuştur. İlk kademeyi oluşturan düşük limitler genel halk için tespit edilmiştir. Genel halk söz konusu olduğunda; muhtemel bütün faaliyetler, bütün yaş grupları ve her türlü sağlık şartları dikkate alınmaktadır. Umumi yerlerde insanlar elektromanyetik alanlara maruz kalmanın ve bazı etkilerinin bilincinde olmamalarına karşın iş yerlerinde çalışan işçilerin yeterli bilgi ve eğitimi aldıkları bir mesai süresi kadar bu ortamda bulundukları dikkate alınarak mesleki limit değerler olan ikinci kademe limit değerler belirlenmiştir. Limit değerler yayılan elektromanyetik radyasyonun frekansına bağlı olarak değişmektedir. ICNIRP tarafından genel halk için belirlenen limit değerler Tablo 1’de verilmektedir [1,2].

Tablo 1. Zamanla değişen elektrik ve manyetik alanlara genel halk maruziyeti için limit değerler

Frekans Aralığı	Elektrik Alan Şiddeti E (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B (μT)	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu S _{eq} (W/m ²)
1 Hz'e kadar	-	3.2×10^4	4×10^4	-
1-8 Hz	5×10^3	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-
8-25 Hz	5×10^3	$4 \times 10^3 / f$	$5 \times 10^3 / f$	-
25-50 Hz	5×10^3	1.6×10^2	2×10^2	
50-400 Hz	$2.5 \times 10^5 / f$	1.6×10^2	2×10^2	-
400-3000 Hz	$2.5 \times 10^5 / f$	$6.4 \times 10^4 / f$	$8 \times 10^4 / f$	-
3 kHz-10 MHz	83	21	27	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	$f / 200$
2-300 GHz	61	0.16	0.20	10

Frekans (f); frekans aralığı sütununda belirtildiği gibidir. (Formülde frekans değeri yazılırken, frekans aralığı sütununda belirtilen frekans birimi dikkate alınacaktır.)

Epidemiyolojik çalışmalar 50Hz frekansındaki düşük şiddetli (0.3-0.4 μ T) manyetik alanlara devamlı maruziyetin çocukluk dönemi lösemi riskini arttırdığını ortaya koymaktadır. Annelerin hamilelik dönemindeki veya babaların mesleki EMR maruziyeti ile **çocuklarında lösemi görülmesi arasındaki ilişki araştırmalara konu olmaktadır [3,4].** **Radyo frekanslı elektromanyetik alanlara uzun süreli maruziyetin sağlık üzerine etkileri de araştırılmaya devam etmektedir. IARC** elektromanyetik alanları kanser riski açısından 2B sınıfı (Possibly carcinogenic) içinde değerlendirmektedir. Epidemiyolojik çalışmaların sonuçları laboratuvar çalışmaları tarafından kanıtlanmadığı durumlarda ICNIRP epidemiyolojik çalışmaların sonuçlarını limit değerlere yansıtmamakta ve bunun değerlendirmesini ülkelere bırakmaktadır.

Elektromanyetik radyasyonun canlılar üzerindeki olumsuz etkileri konusunda bilimsel görüş birliği henüz oluşmamıştır. Avrupa Parlamentosu, A3-0238/94 sayılı kararı ile bilimsel boşlukların giderilmesine kadar EMR kaynaklarının olası bir olumsuz etki oluşturabileceği varsayımı ile elektromanyetik alanlara maruziyetin mümkün olduğu kadar düşük seviyede tutulması (ALARA, As Low As Reasonably Achievable) ilkesini kabul etmiştir. WHO ve ICNIRP tarafından kabul edilen limit değerlerin altındaki elektromanyetik radyasyonun canlılar üzerinde olumsuz etki yapmadığı yönünde araştırma sonuçları bulunmakta, limit değerler ve hukuki düzenlemeler bu sonuçlara dayanmaktadır. Ancak bununla birlikte, bu alanda devam eden araştırmalar sonuçlanıncaya kadar ALARA ilkesinin uygulanması otoriteler tarafından tavsiye edilmektedir.

ICNIRP'nin belirlediği limit değerler gelişmiş ülkeler başta olmak üzere

dünyanın birçok ülkesinde doğrudan uygulansa da bazı ülkeler kendileri için daha düşük limit değerleri benimseyerek uygulamaktadırlar. İsviçre, Rusya, Belçika, İtalya, İsrail, Avusturya, Polonya, Macaristan, Lüksemburg, Yeni Zelanda, Çin, Hindistan ve Türkiye bu ülkeler arasındadır.

2.2. Ulusal Düzenlemeler

Türkiye’de uygulanacak elektromanyetik radyasyon limit değerlerini belirleyen, *“İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik”* 24.07.2010 tarih ve 27651 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin 2. maddesinin 2. fıkrasında *“işyerlerinde çalışanların iş ortamında, tıbbi bakım görmekte olan hastaların hastane ortamında ve askerî faaliyetlere bağlı olarak askerî alanlardaki askerlerin maruz kaldıkları elektromanyetik alanların bu yönetmeliğin kapsamı dışında olduğu”* ifade edilmekte ve yönetmelikte elektromanyetik radyasyonla ilgili mesleki limit değerlere yer verilmemektedir. Yönetmelikte genel halk için belirlenen limit değerler ise Tablo 2’deki gibidir [5].

Yönetmeliğin 11. maddesine göre 0 Hz - 300 GHz frekans bantlarındaki; elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti, manyetik akı yoğunluğu ve eşdeğer düzlem dalga güç yoğunluğu değerleri meskûn mahalde Tablo 2’de verilen limit değerleri aşamaz.

Tablo 2. 0 Hz - 300 GHz frekans bantlarındaki elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlar için Türkiye’de geçerli limit değerler (Genel Halk)

Frekans Aralığı	Elektrik Alan Şiddeti E (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B (μT)	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu S _{eq} (W/m ²)
1 Hz’e kadar	-	32 000	40 000	-
1-8 Hz	10 000	32 000/f ²	40 000/f ²	-
8-25 Hz	10 000	4000/f	5000/f	-
0.025-0.8 kHz	750/f	8/f	10/f	-
0.8-3 kHz	250/f	5	6.25	-
3-150 kHz	87	5	6.25	-
0.15-1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	0.92/f	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000 MHz	1.375f ^{1/2}	0.0037f ^{1/2}	0.0046f ^{1/2}	f/200
2-300 GHz	61	0.16	0.20	10

Frekans (f); frekans aralığı sütununda belirtildiği gibidir. (Formülde frekans değeri yazılırken, frekans aralığı sütununda belirtilen frekans birimi dikkate alınacaktır.)

Yönetmelik, 50 Hz frekansındaki elektrik üretim santralleri, enerji iletim/dağıtım hatları ve trafo/şalt/dağıtım merkezlerinden kaynaklanan elektromanyetik alanlar için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nı; elektro-

nik haberleşme cihazlarından kaynaklanan, 10 kHz - 300 GHz frekans bandında oluşan, elektromanyetik alanlar için Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nu (BTK) ve cihaz-cihaz etkileşmelerini konu alan Elektrikli Teçhizat ile İlgili Yönetmelik (2006/95/AT) ile 24/10/2007 tarihli ve 26680 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği (2004/108/AT) konusunda da Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nı ilgili hususlarda gerekli tedbirleri almak üzere görevlendirmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile ilgili olan 50 Hz frekanslı elektromanyetik radyasyona genel halkın maruziyeti için koyulan limit değerler uluslararası standartlarla (ICNIRP) karşılaştırmalı olarak Tablo 3'de verilmektedir. Türkiye'de elektromanyetik alanlara mesleki maruziyetle ilgili bir düzenleme bulunmamaktadır.

Tablo 3. $f=50\text{Hz}$ frekansı için limit değerler (Genel halk)

Standart veya Yönet- melik	Elektrik Alan Şiddeti E (V/m)	Manye- tik Alan Şiddeti H (A/m)	Manyetik Akı Yo- ğunluğu B (μT)	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu S_{eq} (W/m^2)
ICNIRP 2010	5000	160	200	-
TÜRKİYE 2010	15000	160	200	-

10 kHz - 300 GHz frekans bandında oluşan elektromanyetik alanlar konusunda görev verilen Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından 21.04.2011 tarih ve 27912 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değer-

lerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik” ile meskun mahal içindeki sabit telekomünikasyon cihazları ve bunlardan birisi olan GSM baz istasyonları konusunda uygulanacak olan mevzuat belirlenmiştir [6].

BTK yönetmeliğinde ortamın toplamı için olan limit değerler ile tek bir cihaz için olan limit değerler birbirinden ayrılmıştır. Ortamın toplamı için, diğer Dünya ülkelerinin çoğunda olduğu gibi, ICNIRP tarafından belirlenen limit değerler ülkemizde de aynen geçerlidir. Buna ek olarak ortamın toplamı için olan limit değerinin %25’i alınarak tek bir cihaz için olan limit değeri belirlenmiştir. Buna göre

10 kHz – 60 GHz frekans bandı için ülkemizde geçerli limit değerler Tablo 4’deki gibidir.

Tablo 4. BTK yönetmeliğinde ortam ve tek bir cihaz için belirlenen limit değerler (Genel Halk)

Frekans Aralığı f (MHz)	Elektrik Alan Şiddeti E (V/m)		Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)		Manyetik Akı Yoğunluğu B (μ T)		Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu S_{eq} (W/m ²)	
	Tek cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri	Tek cihaz için limit değeri	Ortamın toplam limit değeri
0.01-0.15	22	87	1.3	5	1.5	6.25	-	-
0.15-1	22	87	$0.18/f$	$0.73/f$	$0.23/f$	$0.92/f$	-	-
1-10	$22/f^{1/2}$	$87/f^{1/2}$	$0.18/f$	$0.73/f$	$0.23/f$	$0.92/f$	-	-
10-400	7	28	0.02	0.073	0.023	0.092	0.125	2
400 - 2000	0.341 $f^{1/2}$	$1.375f^{1/2}$	0.0009 $f^{1/2}$	0.0037 $f^{1/2}$	0.001 $f^{1/2}$	0.0046 $f^{1/2}$	$f/3200$	$f/200$
2000 - 60000	15	61	0.04	0.16	0.05	0.20	0.625	10

f = frekans (MHz)

BTK yönetmeliğine göre, ülkemizde faaliyet gösteren Avea, Turkcell ve Vodafone baz istasyonları ile diğer EMR kaynaklarının da arasında bulunduğu bazı frekanslar için ülkemizde geçerli limit değerler Tablo 5'deki gibidir.

Tablo 5. Bazı frekanslar için Türkiye’de geçerli EMR limit değerleri (Genel Halk)

Frekans Aralığı f	Elektrik Alan Şiddeti E (V/m)		Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)		Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu S_{eq} (W/m ²)	
	Tek cihaz için limit değeri (BTK)	Ortamin toplam limit değeri (ICNIRP,-BTK)	Tek cihaz için limit değeri (BTK)	Ortamin toplam limit değeri (ICNIRP,-BTK)	Tek cihaz için limit değeri (BTK)	Ortamin toplam limit değeri (ICNIRP,-BTK)
10-400 MHz (Telsiz, Radyo-TV)	7.00	28.00	0.020	0.073	0.1250	2.0
900 MHz (Turkcell 2G, Vodafone 2G)	10.23	41.25	0.027	0.111	0.2812	4.5
1800 MHz (Avea 2G)	14.46	58.33	0.038	0.156	0.5625	9.0
1880-1900MHz (DECT telefonlar)	14.78	59.61	0.039	0.160	0.5875	9.4
2GHz-60GHz (Tüm 3G baz istasyonları, Kablosuz internet, RL, Radar)	15.00	61.00	0.040	0.160	0.6250	10.0

Böylece, çalışma frekansı 900 MHz olan sabit bir telekomünikasyon cihazının tek başına yaymakta olduğu elektrik alan şiddetinin 10,23 V/m değerini, manyetik alan şiddetinin ise 0,027 A/m değerini aşmaması gerekmektedir. Benzer şekilde 2100MHz için bu değerler sırasıyla 15,00 V/m ve 0,040 A/m'dir. EMR kaynaklarının sayısı birden fazla ise her bir kaynak kendisine has tek cihaz için limiti, ortamdaki toplam EMR seviyesi ise ICNIRP'nin genel halk için belirlediği limitleri aşmamalıdır.

Sözkonusu BTK yönetmeliği uluslararası standartlar temelinde elektromanyetik alan şiddeti limit değerlerinin yanı sıra

- Elektromanyetik alan oluşturan sabit elektronik haberleşme cihazlarının kuruluş yeri, montajı, denetlenmesi ve Güvenlik Sertifikası düzenlenmesine ilişkin hususları
- Ölçüm yöntemleri ile ölçüm yapacak kişi ve kuruluşların niteliklerini
- Ölçüm sonuçlarına göre elektromanyetik alan şiddeti limit değerlerine uygun olmayan sabit elektronik haberleşme cihazlarının limit değerlere uygun hale getirilmesine ve bunlara uyulmaması halinde işleticiler ve işletmecilere uygulanacak Kanunda belirtilen müeyyidelere ilişkin usul ve esasları da belirlemektedir.

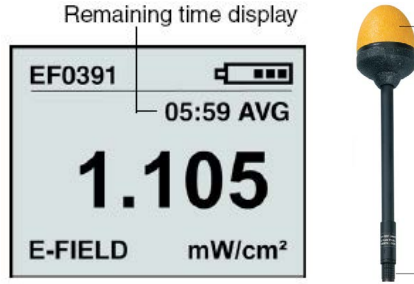
3. ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Elektromanyetik alanların ölçümlerinde iki temel yöntem bulunmaktadır. Bunlar genişband ve frekans seçmeli ölçüm yöntemleridir. Tüm frekanslar için bu iki yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden sadece biri kullanılarak veya ikisi birlikte kullanılarak değerlendirme yapılmaktadır.

3.1. Genişband Ölçümler

Bu yöntem kullanıldığında, farklı kaynaklardan yayılıp seçilen herhangi bir ölçüm noktasına ulaşan toplam elektik veya manyetik alan şiddeti ölçülmektedir. Ölçülen alan şiddeti, kullanılan genişband elektromanyetik alan ölçer ve anteninin (probenin) izin verdiği frekans aralığı için toplam elektrik veya manyetik alan şiddetini göstermektedir. Genişband ölçümlerde kullanılan anten veya problar genellikle tüm yönlerden gelen farklı polarizasyona sahip elektromanyetik alanları alabilen izotropik bir yapıya sahiptirler ancak özellikle düşük frekans bölgesinde tek eksenle ölçüme izin verenler de bulunmaktadır. İzotropik antenler kullanıldığında, alan ölçerler genellikle ortogonal üç eksenle elde edilen ölçüm sonuçlarını eksenler için ayrı ayrı ve toplam olarak sunmaktadırlar.

Bir noktada ölçüm süresi boyunca elde edilen minimum, maksimum ve ortalama alan şiddetleri görülebilmektedir. Genişband ölçüm cihazlarında genellikle RMS dedektör tipi kullanılmaktadır. Farklı noktalarda yapılan ölçümlerin uzaysal ortalamasının alınması, ölçülen değerin seçilecek bir limit değerin yüzdesi olarak gösterilmesi, okunan elektrik alan şiddetinin karşılığı olan manyetik alan şiddeti veya güç yoğunluğunun görülebilmesi genişband ölçüm cihazlarında görülen özelliklerdendir. Bu ölçüm yönteminde ölçüm duyarlılığı sınırlıdır, ölçüm donanımının maliyeti ise nispeten daha düşüktür. Ölçümlerin yapılması hızlı ve kolaydır ancak elde edilen veri sınırlıdır. Şekil 1’de genişband ölçüm cihazı ile elde edilen örnek bir sonuç ve izotropik bir prob görülmektedir.



Şekil 1. Genişband ölçüm sonucu ve izotropik prob

Genişband ölçüm yöntemi ile elde edilen sonuçlar kullanılarak risk değerlendirilmesi veya limit değerlerle karşılaştırmaların yapılması da ölçümlerde olduğu gibi fazla zaman almamaktadır ve karmaşık değildir. Elde edilen ölçüm sonucu tek bir frekansa ait değil bir frekans bandına aittir ve bu frekans bandı da ölçümde kullanılan anten veya probun izin verdiği frekans bandıdır. Limit değerler ise frekansa bağlı olarak değişmektedir ve ölçülen değer hangi frekanstaki limit değeriyle karşılaştırılacağı önemlidir. Burada genel ve ihtiyatlı değerlendirme yöntemi anten veya probun izin verdiği frekans bandındaki en düşük limit değeriyle karşılaştırma için seçilmesidir. Bunun yanında ölçülen alan şiddetinin hangi frekanstaki kaynaktan yayıldığı kesin olarak biliniyorsa bu kaynağın frekansı için olan limit değeri de seçilebilir.

3.2. Frekans Seçmeli Ölçümler

Frekans seçmeli ölçüm yöntemi ile herhangi bir ölçüm noktasına farklı kaynaklardan ulaşan elektrik veya manyetik alan şiddetleri ayrı ayrı belirlenebilmekte ve o noktadaki toplam elektrik veya manyetik alan

şiddeti hesaplanabilmektedir. Ölçümlerde spektrum analizör ve anten kullanılmaktadır. Ölçümde kullanılan analizör ve antenin birlikte izin verdikleri frekans aralığı içinde yer alan her kaynağa ait alan şiddeti tek tek belirlenerek bir frekans-alan şiddeti grafiği ortaya koyulabilmektedir. Frekans seçmeli ölçümlerde kullanılan antenler çoğunlukla yönlü veya eksensel izotropiye sahip antenler olmakla birlikte analizörlere bağlanabilen izotropik antenler de bulunmaktadır. İzotropik anten kullanılmıyorsa eksensel izotropiye sahip antenler tercih edilmelidir. İzotropik olmayan antenler kullanıldığında ortogonal üç eksenle sırayla anten konumlandırılıp alan bileşenleri ayrı ayrı belirlenerek alan şiddeti hesaplanmaktadır. Analizörler güç ölçümü yapmaktadırlar ve alan şiddetlerinin elde edilebilmesi için anten faktörlerinin bilinmesi şarttır. Analizörlerdeki farklı dedektörler seçilerek maksimum, minimum, ortalama, RMS alan şiddetlerinin ölçülmesi ve tarama zamanı seçimi ile ölçüm süresinin belirlenmesi mümkündür. Frekans seçmeli ölçümlerde analizör için RBW (Resolution Bandwidth) seçimi ölçüm sonuçları üzerinde önemli etkiye sahiptir ve ölçümü yapılan sinyalin band genişliğine uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Analizörlerin ölçüm duyarlılıkları yüksektir, ölçüm donanımının maliyeti yüksektir. Ölçümlerin yapılması zahmetlidir, zaman almaktadır ve uzmanlık gerektirmektedir. Alan şiddetlerinin elde edilmesi için hesaplamalar gerekmektedir.

Çok sayıda Radyo, TV, Telsiz ve Baz İstasyonu vericisinin bir arada bulunduğu Sakarya Maltepe’de 30MHz-3600MHz frekans aralığı için yaptığımız frekans seçmeli ölçümlerin tek bir nokta için sonucu Şekil 2’de örnek olarak sunulmaktadır. Vericilerin monte edildiği kulelerin ölçüm noktasına yatay uzaklıkları 125 ile 175 m arasında, yerden yükseklikleri ise 70 m’ye kadardır. Kolay takip edilebilmesi için sonuçlar kaynaklara

göre beş gruba ayrılmıştır. GSM900 olarak adlandırılan grubun içinde Turkcell ve Vodafone alt grupları da vardır [7].

Şekil 2. Frekans seçmeli ölçüm sonuçları (Sakarya Maltepe)

Frekans seçmeli ölçümlerin kendisi gibi elde edilen çok sayıdaki verinin işlenerek risk değerlendirmelerinin yapılması ve limit değerlerle karşılaştırmalar da zaman almakta ve uzmanlık gerektirmektedir. Ancak diğer taraftan daha doğru ve hassas değerlendirme fırsatı elde edilmektedir. Birden fazla kaynağın sözkonusu olduğu ölçüm noktaları için değerlendirme yapılırken, ölçüm yapılan noktaya ulaşan her farklı frekanstaki alan şiddetinin kendi frekansına ait limit değerle karşılaştırılmasını içeren denklem (1) ve denklem (2) kullanılarak maruziyet oranı hesaplanır. Maruziyet oranının 1 değerini aşmaması ölçüm yapılan noktada limitlerin aşılmadığı anlamını taşımaktadır.

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_j}{E_{R,j}} \leq 1 \quad (1)$$

$$\sum_{i=100\text{ kHz}}^{300\text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1 \quad (2)$$

Denklem (1) ve (2)'deki E_i ve E_j sırasıyla i ve j frekanslarında ölçülen

elektrik alan şiddetlerini $E_{R,j}$ ve $E_{L,i}$ ise i ve j frekanslarındaki limit değerleri göstermektedir (Değerlendirmede ICNIRP referans alınacaksa limit değerler Tablo 1'den, Türkiye'deki yönetmelik referans alınacaksa Tablo 2'den seçilmelidir.) Manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğu için de maruziyet oranını veren denklemler bulunmaktadır [1,2].

Şekil 2'de sonuçları örnek olarak verilen Sakarya Maltepe'deki frekans seçmeli ölçümlerin değerlendirme sonuçları Tablo 6'da gruplar bazında özet olarak verilmiştir. Ölçüm yapılan nokta için maruziyet oranının 0.0086 olarak hesaplandığı ve EMR seviyesinin limitin %9.3'ünü aşmadığı görülmektedir. Ölçülen toplam elektrik alan şiddeti içinde hangi kaynağın ne kadar payı olduğu Şekil 3'de grafikte yüzde olarak verilmektedir [7].

Tablo 6. Altı grup veya frekans bandı için özet ölçüm sonuçları ve hesaplanan maruziyet oranları (Sakarya Maltepe)

Grup (Frekans Bandı)	Elektrik Alan Şiddeti E (V/m)	Maruziyet Oranı	% RMS	Eşdeğer Düzlem Dalga Güç Yoğunluğu S_{eq} (W/m ²)
FM Radyo	2.1866	0.0060986	7.8093	0.01268
TV UHF	1.3536	0.0017784	4.2171	0.00486
GSM 900 Turkcell	0.9567	0.0005082	2.2542	0.00243
GSM 900 Vodafone	0.5798	0.0001882	1.3717	0.00089
GSM 1800 Avea	0.4303	0.0000540	0.7346	0.00049
UMTS/3G	0.0721	0.0000014	0.1183	0.00001
TOPLAM		0.0086287	9.2891	

Elektromanyetik alan şiddetleri genellikle zamana bağlı olarak değişmektedir. Düşük frekanslı alan yayan enerji sistemlerinde gerilim ve akımın zamana bağlı değişimi elektrik ve manyetik alan şiddetlerinin de değişmesine sebep olmaktadır. Genişband veya frekans seçmeli ölçüm yapılırken günlük, haftalık hatta mevsimsel değişimler dikkate alınarak akım veya gerilimin yüksek değere sahip oldukları zaman dilimleri seçilmelidir.

Baz istasyonlarında ise görüşme trafiğine bağlı olarak yayılan alan şiddetleri zamanla değişim göstermektedir. İstasyonun eşzamanlı olarak hizmet verdiği abone sayısı arttıkça yayılan alan şiddetleri de artmaktadır. İstasyondan yayılan alan şiddetinin maksimum olduğu zaman diliminde ölçüm yapmak gerekmektedir. Genişband ölçüm yapılırken ölçülen istas-

yonla özgü trafik değişimlerini dikkate alarak ölçüm zamanı seçilmelidir ancak bu verilere ulaşmak çok kolay değildir. Frekans seçmeli ölçüm yöntemi kullanıldığında baz istasyonları için maksimum trafik durumunda alan şiddetlerinin ne olacağını hesaplamak mümkündür. Bu da baz istasyonu işletmecisinin veya telekomünikasyon otoritesinin hücre sektörlerinde kullanılan güncel frekanslar, taşıyıcı sayısı gibi bilgileri sağlamasıyla mümkün olmaktadır. TDMA (Time Division Multiple Access scheme) erişim tekniğinin kullanıldığı GSM/2G baz istasyonlarında her hücre sektöründe devamlı maksimum güçte yayın yapan BCCH (broadcast channel) olarak adlandırılan bir kontrol kanalı ve trafik olduğunda kullanıcının sinyal alış kalitesine göre farklı güçlerde yayın yapan trafik kanalları bulunmaktadır. Frekans seçmeli yöntemle sadece kontrol kanalının alan şiddeti ölçülebilir ve sektördeki taşıyıcı sayısı bilgisi mevcutsa sektörün yayabileceği maksimum alan şiddeti hesaplanabilir. W-CDMA (Wideband Code Division Multiple radio Access scheme) erişim tekniğini kullanan UMTS/3G baz istasyonlarında ise CPICH olarak isimlendirilen pilot kanalı kullanılarak benzer hesaplama yapılabilir. Ancak 3G istasyonlar için radyo network analizör ve UMTS için kod seçici bir yazılıma ihtiyaç vardır.

3.3. Ölçüm Noktası Seçimi

Elektromanyetik radyasyon seviyeleri zamana bağlı olarak değiştiği gibi konuma bağlı olarak da değişmektedir. Kaynağın tipine ve çevredeki nesnelere bağlı olarak kaynağa aynı uzaklıktaki farklı noktalarda farklı alan şiddetleri bulunabilmektedir. Doğru sonuçlara ulaşabilmek için doğru ölçüm noktasının seçimi önem taşımaktadır. İnsanların erişebildiği ve

maksimum maruziyetin olduğu noktalar tespit edilerek ölçümler bu noktalarda yapılmalıdır. Doğru nokta seçimi elektromanyetik alanı oluşturan kaynaklar ve propagasyon mekanizmaları hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirmektedir.

Sık karşılaşılan EMR kaynaklarından olan Radyo-TV ve baz istasyonu antenleri yönlü antenler olup her yöne elektromanyetik radyasyon yaymamakta sadece baktıkları veya yöneltildikleri yöne doğru sinyal göndermektedirler. Sektörlerin bakış yönlerini ifade eden Kuzeyden saat yönünde yaptıkları açılar 0-360 derece arasında değişmekte olup “bakış açısı” veya “anten yönü” adını almaktadır. Baz istasyonu antenleriyle ilgili bir diğer açı da tilt açısıdır. Tilt açısı baz istasyonu anteninden çıkan ışınımın yere doğru ne kadar eğime sahip olduğunu anlatmaktadır. Bu eğim anten mekanik olarak döndürülerek verilebileceği gibi anten döndürülmeden elektriksel olarak da verilebilir veya her iki yöntem birlikte de kullanılabilir. Mekanik ve elektriksel tilt açıları toplandığında o antenin yaydığı ışınımın yere doğru kaç derece eğime sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Tilt açısı EMR seviyesi üzerinde etkili bir parametredir. Bir antenin yaydığı elektromanyetik alan şiddetinin uzayda dağılımını anten ışınım diyagramları grafiksel olarak göstermektedir. Doğru ölçüm noktası seçilebilmesi için antenlerin yerden yüksekliği, bakış yönü, tilt açıları ve ışınım diyagramlarının bilinmesi gerekmektedir.

3.4. Ölçüm Prosedürü

EMR ölçümlerinden önce saha incelenerek kaynakların tipleri, konumları ve özellikleri tespit edilir. Bu tespitler ışığında EMR seviyesinin en fazla olması beklenen noktalar belirlenerek buralarda genişband ölçümler yapılır. Elde edilen sonuçlar referans alınan standart veya yönetmeliğe göre değerlendirildiğinde limit aşımı veya şüpheli bir durum yoksa sahanın uygunluğu raporlanarak süreç sonlandırılır veya isteğe bağlı olarak frekans seçmeli ölçüm de yapılabilir. Genişband ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde limitlerin aşıldığının veya limitlerin aşılma riskinin bulunduğu tespit edilmesi halinde frekans seçmeli yöntem kullanılarak tekrar ölçüm yapılması gerekir. Frekans seçmeli ölçüm sonucunda hem limitlerle daha sağlıklı karşılaştırma yapılması mümkün olur hem de birden fazla kaynak olduğu durumlarda hangi kaynak ya da kaynakların yüksek EMR seviyesine neden olduğu belirlenir. Frekans seçmeli ölçümler sonucunda da limitlerin aşıldığı ortaya çıkarsa sahanın uygunsuzluğu raporlanarak durum ilgili muhataplara bildirilir ve sahanın uygun hale getirilmesi için çalışma süreci başlar.

Ülkemizdeki yasal düzenlemelere göre baz istasyonlarının elektromanyetik radyasyon açısından uygunluğu iki açıdan değerlendirilmektedir. Bunlardan birisi baz istasyonu antenleri için denklem (3) yardımıyla hesaplanan güvenlik mesafesi içinde bir yaşam alanı olmaması ve yetkisiz kişilerin bu bölgeye erişiminin engellenmiş olması; diğeri ise güvenlik mesafesi dışındaki yaşam alanlarında yapılan EMR ölçümlerinin sonuçlarının yönetmelikte öngörülen limitleri aşmamasıdır. Bu kriterleri sağla-

yan baz istasyonlarına BTK tarafından bir güvenlik sertifikası düzenlenmekte ve bu sertifikanın baz istasyonunda çevreden görülebilecek uygun bir noktaya asılması istenmektedir.

$$d = \frac{\sqrt{30 P G}}{E_L} \quad (3)$$

Şekil 3. Farklı kaynakların ölçülen EMR seviyesi içindeki payları (Sakarya Maltepe)

Burada $P(W)$ anten giriş gücü, G seçilen yöndeki anten kazancı, $E_L (V/m)$ kaynağın çalışma frekansı için limit değer ve $d(m)$ seçilen yöndeki güvenlik mesafesidir.

4. SONUÇ

Maruziyet değerlendirmelerinin sağlıklı olarak yapılabilmesi doğru ve hassasiyeti yüksek ölçüm sonuçlarının elde edilebilmesine bağlıdır. Bunun için de ilgili bölgenin titizlikle incelenerek doğru ölçüm noktalarının seçilmesi ve ölçümlerin uygun yöntemler kullanılarak uzman kişiler tarafından yapılması gerekmektedir. Verici istasyonların çeşitliliği ve sayılarının her geçen gün artması bir arada konumlanmış çoklu kaynaklar içeren sahaların yaygınlaşması sonucunu doğurmakta, elektromanyetik alan şiddeti ölçümleri daha karmaşık hale gelmekte ve frekans seçmeli yöntemler öne çıkmaktadır. Frekans seçmeli ölçüm yöntemleri ile elde edilen sonuçlar kullanılarak sağlıklı değerlendirmelerin yapılabilmesi

için BTK tarafından düzenlenen güvenlik sertifikaları üzerinde yer alan teknik bilgilere ek olarak verici istasyonda kurulu antenlerin bakış açısı, elektriksel ve mekanik tilt açıları, anten marka ve modelleri, sektörlerdeki anten sayıları ve baz istasyonları için her sektördeki taşıyıcı sayıları ve bunların frekans listelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Antenlerin kapalı platformlar içinde bulunabildiği ve antenlere erişimin çeşitli sebeplerle her zaman mümkün olmadığı da göz önüne alındığında bu bilgilerin bir bölümü doğru ölçüm noktasının seçilebilmesi için de önemlidir. Bağimsız ölçüm kuruluşları ve araştırmacıların bu bilgilere ulaşmasındaki büyük zorluklar dikkate alınarak güvenlik sertifikalarının bu bilgileri de içerecek şekilde düzenlenmesi veya BTK tarafından bu bilgilere belirli kurallar içinde online olarak erişim imkanı sağlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] ICNIRP Guidelines, “Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric, Magnetic, And Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz)”, Health Physics 74 (4), 494-522, 1998.
- [2] ICNIRP Guidelines, “Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz to 100 kHz)”, Health Physics 99 (6), 818-836, 2010.
- [3] Teşneli N.B., Teşneli A.Y., “Occupational Exposure to electromagnetic Fields of Uninterruptible Power Supply Industry Workers” Radiation Protection Dosimetry, pp. 1–10, Dec 2013
- [4] Ahmet Y. Teşneli, N. Berna Teşneli, B. Kanberoğlu, Güç Frekan-

sındaki Elektromanyetik Radyasyona Mesleki Maruziyet, XIX World Congress on Safety and Health at Work, İstanbul Türkiye, 2011

[5] Çevre Orman Bakanlığı, İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre ve Halkın Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 27651, 24.07.2010.

[6] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin

Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü ve Denetimi Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 27912, 21.04.2011.

[7] Teşneli A.Y., Teşneli N.B., Kanberoğlu B., Measurements of Electromagnetic Radiation in an Urban Environment, 6th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Bodrum, Turkey, October 10th-14th 2010.





KATILIMCI LİSTESİ

	AD-SOYAD	KURUM-KURULUŞ
1	Prof. Dr. Ali AYDIN	ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
2	Prof. Dr. Betül ULUKOL	ANKARA ÜNİVERSİTESİ
3	Prof. Dr. Coşkun İKİZLER	UFUK ÜNİVERSİTESİ
4	Prof. Dr. Ferit PEHLİVAN	UFUK ÜNİVERSİTESİ
5	Prof. Dr. Hasan ERDOĞAN	NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
6	Prof. Dr. İsmail GÜNAY	ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
7	Prof. Dr. Recep ÖZMERDİVENLİ	DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
8	Doç. Dr. Abdullah BAL	YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
9	Doç. Dr. Ahmet GÜZEL	ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
10	Doç. Dr. Fatma UÇAR	YILDIRIM BEYAZIT ARŞ. HASTANESİ
11	Doç. Dr. Gönül ERDEN	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
12	Doç. Dr. Hasan ALAÇAM	ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
13	Doç. Dr. İsmail ÖZDEMİR	DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
14	Doç. Dr. Zeynep GÜMÜŞ	GAZİ ÜNİVERSİTESİ
15	Yrd. Doç. Dr. A. Yeşim GÖÇMEN	BOZOK ÜNİVERSİTESİ
16	Yrd. Doç. Dr. Celal GÜVEN	ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
17	Yrd. Doç. Dr. Hür HASOY	EGE ÜNİVERSİTESİ
18	Yrd. Doç. Dr. Lütfi Saltuk DEMİR	MERAM ÜNİVERSİTESİ
19	Yrd. Doç. Dr. Mithat Kısacıklıoğlu	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
20	Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM	GAZİ ÜNİVERSİTESİ
21	Yrd. Doç. Dr. Özlem ÖZTOPUZ	ÇANAKKALE ÜNİVERSİTESİ
22	Yrd. Doç. Dr. Sedat BİLGİÇ	ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
23	Yrd. Doç. Dr. Vedat KIRAY	TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ
24	Yrd. Doç. Dr. Zümrüt DOĞAN	ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
25	Uzm. Dr. Recep SARAYMEN	ERCIYES ÜNİVERSİTESİ

	AD-SOYAD	KURUM-KURULUŞ
26	Dr. Cebrail GÜRSUL	ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ
27	Dr. Coşkun CÜCE	BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
28	Dr. Ezgi GÜVEN	GAZİ ÜNİVERSİTESİ
29	Dr.Fatih ALBAYRAK	GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
30	Dr. Mehmet ARSLAN	BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
31	Dr. Nesibe KÖKLÜKAYA	GAZİ ÜNİVERSİTESİ
32	Dr.Şevket VATANSEVER	GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
33	Uzman Zeynep KÖKLÜKAYA	SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
34	Öğrt. Görevlisi Erhan ŞAHİN	SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
35	Öğrt. Görevlisi Murat AYSIN	EGE ÜNİVERSİTESİ
36	Öğrt. Gör. Zahide GENÇTÜRK	SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
37	Arş. Gör. Ahu TANERİ	GAZİ ÜNİVERSİTESİ
38	Arş. Gör. Evren ARSLAN	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
39	Arş.Gör.Velid ÜNSAL	GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
40	Abdullah TAŞKÖPRÜ	FATİH ÜNİVERSİTESİ
41	Ahmet ERDİNÇ	BTK
42	Ali Can BAŞCI	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
43	Atilla ARSLAN	BTK
44	Bertan DURMAZ	TURKCELL
45	Burak BÜCE	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
46	Burak ERGÜN	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
47	Efe ERDAL	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
48	Emre KURU	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
49	Erhan ÇİFTÇİ	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
50	Gökhan KURT	BTK

	AD-SOYAD	KURUM-KURULUŞ
51	Gökhan TÜRK	GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
52	Hasan TÜRKER	MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
53	İlker GAYDALAR	TURKCELL
54	Koray ORAL	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
55	Mahmut BEŞİRLİ	TRT
56	Mehmet Can KAYA	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
57	Mehmet Ege DOĞAN	ADIYAMAN ÜNİVERSİTESİ
58	Mehmet Onur DEMİRTÜRK	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
59	Mustafa DEMİRÖZ	SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
60	Neslihan TAŞKÖPRÜ	FATİH ÜNİVERSİTESİ
61	Onur TÜRKMEN	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
62	Osman ARICI	BTK
63	Ömer Faruk ŞAHİN	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
64	Özgür KARATAŞ	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
65	Özgür SEVİM	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
66	Resul DOĞAN	BTK
67	Sercan CANBOLAT	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
68	Serhat YILMAZ	HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
69	Tahir METİN	TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ
70	Zekeriya ALTUN	Ensoft A.Ş.



ÇALIŞTAY PROGRAMI

Kayıt : 13:30 – 14:00

Açılış Konuşmaları : 14:00 – 14:30

Birinci Oturum : 14.30 – 16:15

Moderatör : Prof. Dr. Uğur BAYSAL (Hacettepe Üniversitesi)

- 1.Elektromanyetik Kirlilik Epidemiyolojisi
Prof.Dr. Salt BODUR (Balıkesir Üniversitesi)
- 2.Elektromanyetik alanların hücre düzeyinde etkisi
Prof.Dr. Ersin FADILUOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
- 3.Sürekli sinir ağları ve elektromanyetik etkileri
Yrd. Doç. Dr. Enes YILMAZ (Gazi Üniversitesi)
- 4.Elektromanyetik alanların göz dokularına etkisi
Dr. Mehmet BALCI (Dr.A.Y.Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi)

Kahve Molası: 16:15 – 16:30

İkinci Oturum : 16:30 – 18:00

Moderatör : Prof. Dr. Ersin FADILUOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)

- 1.Halk sağlığı açısından elektromanyetik alanlar
Doç. Dr. Tefik PINAR (Hacettepe Üniversitesi)
- 2.Elektromanyetik enerji kullanımı ve sağlık etkileri
Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ (Süleyman Demirel Üniversitesi)
- 3.Elektromanyetik alanların ölçümleri ve değerlendirilmesi
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Yahya TEŞNELİ (Sakarya Üniversitesi)