

ÇOK DÜŞÜK FREKANSLI ELEKTROMANYETİK RADYASYON VE SAĞLIK ETKİLERİ

*Alpaslan TÜRKKAN**

*Kayıhan PALA***

Özet: İyonlaştırmayan Radyasyonun ısınma, kimyasal reaksiyon değişimleri, hücreler ve dokularda elektrik akımının indüklenmesi yoluyla biyolojik etkileri vardır. Çalışmanın amacı 3-3000 Hz aralığındaki çok düşük frekanslı elektromanyetik radyasyonun sağlık etkilerini incelemektir. İnsanlar yerkürenin 25-65 μ T arasında statik manyetik alanına ek olarak insan yapımı kaynaklardan değişen seviyelerde elektromanyetik alan maruziyeti altındadır. Maruziyet yaşam koşulları ve mesleğe göre değişmektedir. Değişik ülkelerde kentsel alanda yüksek maruziyet seviyeleri tanımlanmıştır. Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) çok düşük frekanslı manyetik alanı insanda sınırlı kanıta sahip kanserojen ve hayvan deneylerinde yeterli kanserojen olarak tanımlanan grup 2B'de sınıflandırmıştır. Elektromanyetik alan maruziyeti ile sağlık etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma özellikle kanser, üreme sağlığı, sinir dokusu bozulması ile seyreden hastalıklar ve kalp hastalarına odaklanmıştır. Bunlar içinde en dikkat çeken çocukluk çağı lösemileri ile ilgili çalışmalardır. Genel kanı 0,4 μ T ve üstündeki maruziyetlerde çocukluk çağı lösemilerinin 2 kat arttığıdır. Çalışmalar yüksek gerilim hatlarına yakın yaşayanlarda sağlık riskinin daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Elektromanyetik alanın sağlık etkilerinin saptanması için kapsamlı çalışmalara gereksinim vardır. Elektromanyetik alanların maruziyetinden korunmak için kentsel planlamanın yanı sıra yapıların mimari ve elektrik projelerinin uygun ve doğru teknolojiye göre hazırlanması gereklidir. Maruziyet belirlenmeli, değerlendirilmeli ve korunma programları yasal zeminde düzenlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik alan, sağlık, radyasyon, kanser.

Extremely Low Frequency Electromagnetic Radiation and Health Effects

Abstract: There are biologic effects of non-ionizing radiation by means of heating, chemical reaction changes, induction of electric current in cells and tissues. The purpose of the study is to investigate the health effects of extremely low frequencies in the range of 3-3000 Hz. Humans are exposed to electromagnetic fields in changing levels generated by human made sources in addition to static magnetic field of earth in the range 25 - 65 μ T. Exposure changes depending on living conditions and occupations. In urban environments of different countries, exposure at high levels has been defined. Extremely low frequency magnetic fields has been classified in group 2B which is the category of limited evidence of carcinogenity in humans and insufficient evidence of corcinogenity in experimental animals by The International Agency for Research on Cancer (IARC). A large number of studies investigating electromagnetic field exposure and the health effects of it focused on particularly cancer, reproductive health, diseases caused by nevre tissue necrosis and hearth diseases. The most significant one among those is the studies regarding childhood leukemia. According to the general opinion, childhood leukemia risk increases two times by exposure to electromagnetic fields at or above 0,4 μ T. The studies signified that inhabitants living close to high voltage power lines are under more health risk. There is a need to develop detailed studies in order to determine the health effects of electromagnetic fields. In order to avoid from exposure to electromagnetic fields, besides urban planning, architectural and electrical projects of the buildings should be prepared by choosing the appropriate and right technology. The exposure should be determined and evaluated and protection programs should be regulated based on legal ground.

Key Words: Electromagnetic field, health, radiation, cancer.

* Uzm. Dr. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD., 16059, Görükle, Bursa.

** Doç. Dr. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD., 16059, Görükle, Bursa.

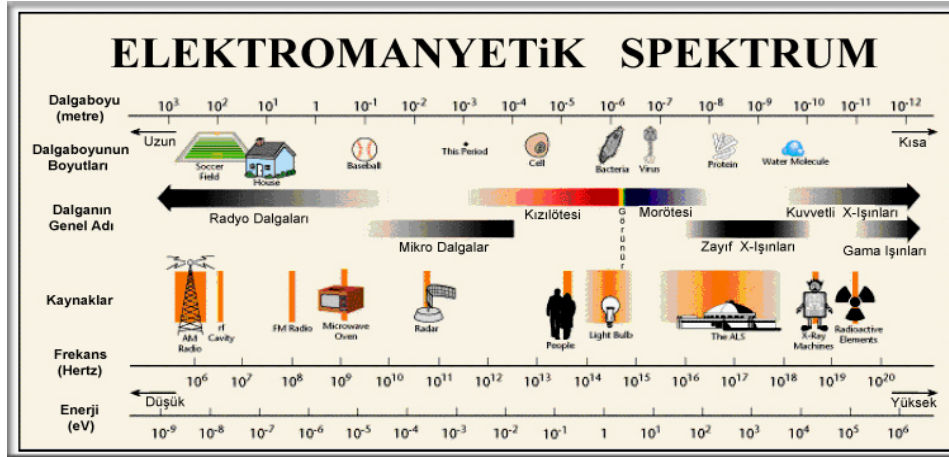
1. GİRİŞ

Radyasyon (ışınım) maddeye ve insana nüfuz edebilen dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır. Radyasyon maddedeki etkisine göre iyonlaştırıcı (Ionizing Radiation) ve iyonlaştırmayan (Non-Ionizing Radiation) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İyonlaştırıcı Radyasyon atom ve moleküllerden elektron koparabilirken iyonlaştırmayan radyasyon atomik bağları kırarak yeterli enerjiye sahip değildir. Buna karşın, ısınma, kimyasal reaksiyon değişimleri, hücreler ve dokularda elektrik akımının indüklenmesi yoluyla biyolojik etkilere yol açtığı bilinmektedir. Çalışmanın amacı, iyonlaştırmayan radyasyon olan çok düşük frekanslı (ÇDF) elektromanyetik alanların (EMA) sağlık etkilerini değerlendirmektir. Çalışma, maruziyetin belirleyicilerinden olan mühendislik uygulamalarına vurgu yapması nedeniyle önemlidir.

2. ELEKTROMANYETİK ALAN

EMA elektrik yüklerin hareketinden doğan, elektrik ve manyetik alan bileşenlerine sahip elektromanyetik enerji içeren kuvvet alanıdır (Şeker ve Çerezci, 2000). Elektromanyetik dalgaları frekansları ve dalga boyları tanımlar. Elektrik ve manyetik alanların yayılım özellikleri farklıdır. Voltajdan kaynaklanan elektrik alan volt/metre (V/m) birimi ile değerlendirilir. Elektrikli cihazlar kapalıken bile var olan elektrik alanın yalıtımı, binaların yapımında kullanılan malzemeler ve doğru imalat tekniği ile sağlanabilir. Akımdan kaynaklanan manyetik alan ise elektrikli cihaz kapalı iken yok olmaktadır. Manyetik alan özel olarak hazırlanmış yapılar dışında engel tanımamaktadır. Manyetik alan daha çok ABD’de kullanılan gauss ya da uluslararası kabul görmüş tesla birimi ile ve $1T= 10.000$ G eşitliğinde tanımlanır. Manyetik alan ölçümlerinde karşılaşılan miligauss; $1/1.000$ gauss ve mikrotesla ise $1/1.000.000$ tesla’dır. Miligauss ve mikrotesla arasındaki ilişki $1\mu T=10mG$ şeklindedir (NIEHS, 2002).

Tüm elektromanyetik dalgaları bir arada gösteren elektromanyetik spektrumun (Şekil 1) bir ucunda yüksek enerjili ve nanometre düzeyinde dalga boyu olan gama ışınları yer alırken diğer ucunda düşük enerjili ve kilometreler düzeyinde dalga boyu olan ÇDF’li ışınlar yer alır. Bu çalışmanın konusu olan ÇDF elektromanyetik radyasyon 3-3000 Hz aralığında olup çoğunlukla insan yapımı kaynaklardan oluşmaktadır.



Şekil 1:
Elektromanyetik Spektrum

A. Elektromanyetik alan kaynakları

Yerküre $25-65\mu T$ arasında statik manyetik alan ile çevrelenmiştir (Feychting, 2005). Yerkürenin sıvı haldeki metal çekirdeğinin magma hareketinden kaynaklanan doğal manyetik alanı ile binlerce kilometre uzunlukta elektrik donanımına sahip insan vücudu uyum içindedir. Yerkürenin doğal EMA’ına ek olarak elektrik ve elektrikli araçların kullanımı ile insan yapımı EMA kaynaklarında ve maruziyette sürekli artış olmaktadır. Teknolojik gelişme, yerkürenin doğal elektromanyetik alanından

çok daha fazlasını oluşturan insan yapımı EMA maruziyetini insanlık tarihinin en yüksek seviyesine ulaştırmıştır. Artan maruziyet seviyesinin insan vücudunda uyum bozukluklarına yol açması da beklenen bir sonuçtur.

Evlerdeki elektrik tesisat ve güç iletim hatlarından yayılan alanlar 50 Hz civarında olup iyonize olmayan radyasyon içinde yer alan ÇDF EMA'ları oluştururlar. En önemli ÇDF EMA kaynağı enerji iletim hatlarıdır (Şeker ve Çerezci, 2000). Yerüstü enerji iletim hatları hem elektrik hem EMA oluştururken, yer altı elektrik hatları yerüstünde elektrik alan oluşturmazken manyetik alan oluşturmaktadır (NIEHS, 2002). Binalarda duvarların içinden geçen ve doğru tesisat kurallarına göre döşenmiş elektrik kabloları ile elektrikli cihazlar yaşam alanlarındaki önemli EMA kaynaklarıdır.

B. Çok Düşük Frekanslı Elektromanyetik Alanların Sağlık Etkilerini İnceleyen Çalışmalar

ÇDF EMA'ların sağlığa etkileri 1979 yılında Wertheimer ve Leeper'in çok düşük frekanslı elektromanyetik alan maruziyeti ile çocukluk çağı kanserleri arasındaki ilişkiyi göstermeleri sonrası dikkat çekmiştir. Bu çalışmadan sonra ÇDF EMA'ların biyolojik etkilerini inceleyen çalışmalarda ciddi bir artış olduğu görülmektedir (Wertheimer ve Leeper, 1979).

Enerji iletim hatlarından, bilgisayarlardan ve ev içinde kullanılan elektrikli cihazlardan yayılan ÇDF EMA'nın sağlık üzerine etkilerini inceleyen hayvan deneyleri, insanlarla yapılan çalışmalar, hücre bazındaki çalışmalar, bilgisayar simülasyonları şeklindeki azımsanmayacak sayıda çalışma yürütülmüş ve halen yürütülmektedir. Deneysel çalışmalara ek olarak yürütülen analitik çalışmalar, etkene maruziyet ile bunun sonucunda oluşan etkinin ölçüldüğü kesitsel, olası nedenin görülüşü bakımından olgu ve kontrol gruplarının birbiri ile kıyaslandığı olgu-kontrol ve hastalıkların nedeni hakkında en iyi bilgiyi veren kohort çalışmalarıdır.

Yapılan çalışmalar ile ÇDF EMA'ların sağlık etkilerinin ortaya konması sonucu, Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) çok düşük frekanslı manyetik alanı insanda sınırlı kanıtı sahip kanserojen ve hayvan deneylerinde yeterli kanserojen olarak tanımlanan grup 2B'de sınıflandırmıştır (IARC, 2002).

C. Elektromanyetik Alan Maruziyeti ve Sınır Değerler

Yapılan işe ve yaşam koşullarına bağlı olarak değişen maruziyet seviyelerine karşın etkilerinin saptanabilmesi için öncelikle doğal ve insan kaynaklı EMA'ların maruziyet seviyelerinin belirlenmesi gereklidir. Tablo I'de görüldüğü gibi tipik olarak elektrik hatlarına yakın olmayan evlerde 100V/m elektrik ve 0,2µT manyetik alan, iletim hatları altında ise 10000V/m elektrik ve 20µT manyetik alan maruziyeti olmaktadır (WHO, 1999).

Tablo I. Kaynağa Göre Elektrik ve Manyetik Alan Maruziyet Sınırları

KAYNAK	Maksimum Maruziyet	
	Elektrik alan (V/m)	Manyetik yoğunluk (µT)
Doğal Alan	200	70 (dünya manyetik alanı)
Enerji Hattı (hatta uzak evlerde)	100	0.2
Enerji Hattı (hattın altında)	10 000	20
Elektrikli tren-tramvay	300	50
TV ve bilgisayar ekranı	10	0.7

Elektrik ve manyetik alanların korunma açısından önemli olan ortak özellikleri; kaynaktan uzaklaştıkça güçlerinde azalma olmasıdır. Tablo II'de sık kullanılan elektrikli cihazların oluşturdukları manyetik alan ile uzaklık ilişkisi görülmektedir(WHO, 1999).

Tablo II. Elektrikli Cihazların Değişik Uzaklılardaki Manyetik Alanları

Elektrikli Cihaz	3 cm uzaklık (μ T)	30 cm uzaklık (μ T)	1 m uzaklık (μ T)
Saç Kurutma Makinası	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03
Elektrikli Traş Makinası	15 – 1500	0.08 – 9	0.01 – 0.03
Elektrik Süpürgesi	200 – 800	2 – 20	0.13 – 2
Fluoresan Lamba	40 – 400	0.5 – 2	0.02 – 0.25
Mikrodalga Fırın	73 – 200	4 – 8	0.25 – 0.6
Taşınabilir Radyo	16 – 56	1	< 0.01
Fırın	1 – 50	0.15 – 0.5	0.01 – 0.04
Çamaşır Makinası	0.8 – 50	0.15 – 3	0.01 – 0.15
Ütü	8 – 30	0.12 – 0.3	0.01 – 0.03
Bulaşık Makinası	3.5 – 20	0.6 – 3	0.07 – 0.3
Bilgisayar	0.5 – 30	< 0.01	
Buzdolabı	0.5 – 1.7	0.01 – 0.25	<0.01
Renkli TV	2.5 – 50	0.04 – 2	0.01 – 0.15

Tablodan da görüldüğü gibi elektrikli cihazlardan uzaklaşıldıkça manyetik alanda önemli seviyede azalma olmaktadır. Kaynaktan uzaklaşmaya yönelik bireysel koruyucu önlemler önerilmektedir (Otto ve Mühlendahl, 2007). Sık ve genellikle vücuda yakın kullanılan saç kurutma makinası ile elektrikli traş makinası manyetik alan kaynakları arasında dikkat çekmektedir.

Cihazlardan yayılan EMA'ların sınırlarının belirlenmesi yaklaşımı, cihazların hatasız çalışabilmeleri ve başka cihazları fazla etkilememeleri üzerine kurulmuştur. Bu sınırlamaya Elektromanyetik Uyumluluk (EMC Electromagnetic Compatibility) denir. Bu yaklaşım insan faktörünü göz ardı etmektedir. Türkiye'de 30/12/2006 tarih ve 26392 sayılı Resmi Gazetede Elektromanyetik Uyumluluk Yönetmeliği yayınlanmıştır. Ne yazık ki yaşamın ana aktörü olan insanı önceleyen, cihazların çevresel etkilerini ve yaydıkları EMA'ları sınırlayan bir yaklaşım bulunmamaktadır.

Elektromanyetik radyasyon konusunda her ülke kendi standartlarına göre limit değerler belirlemiştir. Bununla birlikte Avrupa Birliği'ne üye ülkeler ve ABD dahil olmak üzere birçok ülkede ortak kabul gören sınır değerler bulunmaktadır. Bu sınır değerler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da tanınan ve uluslararası bir komisyon olan İyonize Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonu (ICNIRP- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) tarafından günde 24 saat maruz kaldığı kabulüyle belirlenmiştir. Sınır değerler yayılan radyasyonun frekansına bağlı olarak değişmekte olup, her frekans için farklıdır (Tablo III).

Tablo III. Genel halk için sınır değerler (ICNIRP)

EMK Kaynağı	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (A/m)
Yüksek Gerilim Hattı ve Trafolar	5000	80
Baz İstasyonları (900MHz)	41,25	0,111
Baz İstasyonları (1800MHz)	58,34	0,157

ICNIRP 50 Hz frekans için genel maruziyet sınırlarını elektrik alan için 5000 V/m, manyetik alan için 100 μ T kabul etmektedir. Mesleki maruziyet sınırları ise daha yüksek olup elektrik alan için 10 000 V/m, manyetik alan için 500 μ T'dir (ICNIRP, 1998). Türkiye'de ilgili tüm tarafların katıldığı toplantılar sonucu Telekomünikasyon Kurumu, Temmuz 2001'de Resmi Gazete'de yayınlanan yönetmelik ile 10 kHz-60 GHz frekans bandında çalışan telekomünikasyon cihazlarından kaynaklanan EMA şiddeti limit değerlerini belirlemiştir. Yönetmelik çerçevesinde, meskun mahalde, elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti, manyetik akı yoğunluğu ve eş düzlem dalga yoğunluğu, toplam limit değerleri ile tek bir cihaz için belirlenen limit değerler Tablo IV'de görülmektedir.

Tablo IV. Ortam ve Tek Bir Cihaz İçin Belirlenen Limit Değerler

Frekans Aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)		H-alan şiddeti (A/m)		B-Manyetik akı yoğunluğu (μT)		Eşdeğer düzlem dalga gücü yoğunluğu (W/m^2)	
	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın Toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın Toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın Toplam limit değeri	Tek bir cihaz için limit değeri	Ortamın Toplam limit değeri
0.010-0.15	22	87	1.3	5	1.5	6.25	-	-
0.15-1	22	87	0.18/f	0.73/f	0.23/f	0.92/f	-	-
1-10	22/f ^{1/2}	87 f ^{1/2}	0.18/f	0.73/f	0.23/f	0.92/f	-	-
10-400	7	28	0.02	0.073	0.023	0.092	0.125	2
400-2000	0.341 f ^{1/2}	1.375 f ^{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	0.2	0.625	10

ABD’de kişisel maruziyeti saptamak için 1000 kişide ve 24 saat boyunca yapılan ölçümlerde; maruziyet ortalaması 0,89 mG (0,089 μT) bulunmuştur. Toplumun %14,3’ünün 24 saatlik ortalama maruziyeti 2 mG’dir (0,2 μT). Toplumun %6,3’ünün 3 mG (0,3 μT), %2,42’sinin 5 mG (0,5 μT) ve %0,46’sının 10 mG (1 μT) maruziyeti saptanmıştır. Toplumun %25’i bir saatini 4mG’den (0,4 μT), %9’u ise 8 mG’den (0,8 μT) yüksek alanlarda geçirmektedir. En yüksek elektromanyetik maruziyet, elektrik işlerinde çalışanlarda olup ortalama 1,61 mG’dir (0,161 μT). Servis çalışanlarında 1,59 mG (0,159 μT), teknik, satış ve idari işlerde ise 1,09 mG’dir (0,109 μT). Doğal ortamlarda çalışan çiftçi, ormancı ve balıkçılarda ise maruziyet daha düşük olup 0,45 mG (0,045 μT) bulunmuştur. Bu değerler maruziyetin yapılan işle yakın ilişkisine dikkat çekmektedir. En fazla maruziyet ortalaması (0,97 mG) çalışma hayatındaki yaş grubundadır. Bunu okul öncesi yaş grubu (0,80mG) ve okul çağı çocukları (0,76 mG) izler. Maruziyet konut tipine, büyüklüğüne ve elektrik hatlarına bağlı olarak da değişmektedir. Dupleks evler, apartman daireleri ve küçük evlerde maruziyet daha fazladır (Zaffanella ve Kalton, 1998). Belirli yaş gruplarındaki daha fazla maruziyetin yaşam koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaşam alanlarında elektrik kullanımı farklılığına bağlanan ve kış aylarında daha fazla olan EMA maruziyeti bildirilmektedir (Straume ve diğ., 2008).

ABD’de 992 evde ve odaların ortasında yapılan ölçümlerde evlerin %50’sinde manyetik alanın 0,6 mG ve altı (0,06 μT), %15’inde ise 2,1 mG (0,21 μT) olduğu ve tüm ölçümlerin ortalamasının 0,9 mG (0,09 μT) olduğu bildirilmiştir (Zaffanella, 1993). EMA maruziyeti en az gece ve en fazla iş ortamında olmaktadır. Ani yüksek maruziyetler, yerüstü ve yer altı elektrik hatları yakınında yürümek ve elektrikli aletlere fazla yaklaşmakla oluşmaktadır (NIEHS, 2002).

Taiwan’da yapılan ve maruziyetin değerlendirildiği çalışmada 7 yaş ve altındaki çocukların %7,3’ünün 0,3 μT ve %5,4’ünün 0,4 μT ’dan fazla maruziyeti bildirilmiştir (Li ve diğ., 2007). İspanya’da kentsel alanda yapılan ölçümlerin %7,3’ü ICNIRP’in referans değerlerinin üzerinde bulunmuş, yüksek ölçüm değerlerine daha çok kentin eski yerleşim birimlerinde ulaşılmıştır (Paniagua ve diğ., 2007). Çalışmalar maruziyetin ülkeler arasında farklılıklar gösterdiğini, bunun uygun teknoloji kullanımı ile ilintili olduğunu düşündürmektedir.

Önemli bir saptama yaşam koşulları, meslek, yaş grubu ve ülkeler arasında maruziyet seviyelerinin farklılıklarına karşın toplumun büyük bir kısmının önemli derecede EMA etkisi altında olduğudur. Kaliforniya’da 550.000 evde 1.650.000 kişinin; 1700 mil uzunluktaki enerji iletim hattından 510,000 kişinin ve 6700 mil enerji dağıtım hattından 1.000.000 kişinin 2mG’den fazla EMA’ya maruz kaldığı hesaplanmıştır (Winterfeldt ve diğ., 2004).

Türkiye’de yapılmış EMA çalışmalarından birisi de Bursa’nın Nilüfer ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ilçe sınırlarındaki bazı yerlerde yüksek gerilim hatlarından kaynaklanan ve limitleri aşan ölçümlere ulaşılmıştır. 74 nokta ölçümünden 17’sinde yüksek elektrik alan şiddeti saptanmıştır. En yüksek elektrik alan şiddeti değerine yüksek gerilim hattı ve baz istasyonunun birlikte bulunduğu bir sokakta ulaşılmıştır. Büyük bir alışveriş merkezi önünde 6450 V/m, basket sahasında 6180 V/m, lise bahçesinde 6210 V/m, park yürüyüş alanında 9170 V/m değerleri kaygıyla karşılanmıştır. Çalışmanın derinleştirildiği 2. aşamasında bir yaya kaldırımında 12610 V/m ile en yüksek değer ölçülmüştür. Yine bir konut balkonunda 10580 V/m, bir kaldırım kenarında 10980 V/m en yüksek değerler olarak bulunmuştur (Pala ve diğ., 2007).

Ankara’da yapılan çalışmada Yüksek Gerilim Hatları izdüşümündeki ortalama değer 9,1 mG (0,91 μ T) bulunmuştur. Ortalaması 10 mG üzerinde ölçülen yüksek gerilim hattı sayısı 11 (%52,4) olarak bildirilmektedir (Vaizoğlu ve diğ., 2007). İstanbul ve Ankara’nın bazı bölgelerinde yürütülen çalışmada halkın maruz kaldığı günlük çok düşük frekanslı EMA ölçümleri değerlendirilmiştir. Ölçümler, yüksek gerilim hatlarından 20, 50 ve 200 metre uzaklıktaki evlerin içinden olmak üzere üç grupta incelenmiştir. Ölçüm verileri ICNIRP’ın (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) belirlediği limit değerlerin altında olmasına karşın %46,6’sı epidemiyolojik çalışmalarda IARC (International Agency for Research on Cancer) tarafından kanser artışında risk olarak kabul edilen 3mG’un üzerinde bulunmuştur (Fırlarlar ve diğ., 2007). Bu çalışmalar Türkiye’de kentsel alanlardaki elektrik ve manyetik alan riskine dikkat çekmektedir.

3. ELEKTROMANYETİK ALAN MARUZİYETİNİN SAĞLIK ETKİLERİ

Çeşitli sağlık sonuçlarına yönelik çalışmalara karşın ÇDF EMA’nın sağlık etkileri kanser, üreme sağlığı, sinir dokusunun bozulması ile karakterize nörodejeneratif hastalıklar ile kalp hastalıklarına odaklanmıştır (Feychting ve diğ., 2005).

A. İn-vitro Çalışmalar

ÇDF EMF sağlık etkisini araştıran invitro çalışmalar hücre ve doku kültürlerinde ve geniş bir aralıkta maruziyet ile kanser oluşumunu araştırmaya odaklanmıştır. Akut 60 Hz. Manyetik alan maruziyetinin sıçan beyin hücrelerinde DNA kırılmalarına neden olduğu, bu durumun hücre fonksiyonları etkileyerek kanser ve hücre ölümüne ve nörodejeneratif hastalıklara yol açabileceği bildirilmiştir (Lai ve Singh, 1997). 2005 yılında aralıklı olarak hücre kültürlerine uygulanan ÇDF EMA’nın kromozom yapısını bozarak hasara neden olabileceği kanıtlanmıştır (Winker ve diğ., 2005). Aynı yıl hücre boyutunda in vitro yapılan çalışmada 24-72 saatlik ve 0,5-1 μ T ÇDF EMA maruziyetinin hücrelerde proliferasyon (çoğalma) ve DNA hasarına yol açtığı gösterilmiştir (Wolf ve diğ., 2005). Aralıklı EMA maruziyeti insan diploid hücre kültüründe, tüm hücreli canlılar ve bazı virüslerin genetik bilgilerini taşıyan nükleik asit olan, DNA yapısında kırılmalara yol açmaktadır (Ivanecits ve diğ., 2002; Winker ve diğ., 2005) Bu çalışmaların yanı sıra tersi görüş bildiren, ÇDF EMA maruziyetinin DNA ve RNA sentezine ve hasarına yol açmadığını bildiren çalışmaların da bulunması dikkat çekicidir (Harada ve diğ., 200; Luceri ve diğ., 2005).

B. Hayvan Deneyleri

ÇDF EMA sağlık etkilerini araştıran hayvan deneylerinde elektromanyetik maruziyet ile makrofaajlarda artmış fagositik aktivite, enzim ve hücresel değişiklikler gösterilmiştir (Frahm ve diğ., 2006). Tavuk embriyoları üzerinde yapılan, vücut ağırlığı ve kafa-beyin gelişimlerinin incelendiği çalışmada manyetik alanların embriyonik gelişimi etkileyebileceği bildirilmiştir (Roda-Murillo ve diğ., 2005). Elektromanyetik alanlar oksidatif stresi artırmaktadır (Canseven ve diğ., 2008). Gine domuzları ile yürütülen çalışmada, oksidan ürünlerde belirgin artış ve antioksidan enzim aktivitesinde azalma gösterilmiştir (Güler ve diğ., 2008). Yine Gine domuzlarında, elektrik alanın farklı dokulardaki hücre fonksiyonlarına, enzim aktivitelerine etkileri gösterilmiştir (Güler ve diğ., 2006), (Tohumoglu, 2007). Çok düşük frekanslı elektromanyetik alan maruziyetinde, cildin önemli içeriği hydroxyproline artmakta, plazma elektrolit konsantrasyonunda değişiklik olmaktadır (Seyhan ve Canseven, 2006). Günde 4 saat ve 5 gün boyunca 2 mT manyetik alan maruziyeti plazma sodyum, kalsiyum ve magnezyum düzeylerini artırmaktadır. Beyin dokusu elektrolit seviyeleri de manyetik alandan etkilenmektedir (Canseven ve diğ., 2005). Tavşanlar ile yürütülen çalışmada çok düşük frekanslı elektromanyetik alan maruziyetinin iştih fonksiyonuna belirgin bir etkisi olmadığı da gösterilmiştir (Budak ve diğ., 2009)

C. Elektromanyetik Hipersensitivite

Maruziyet seviyelerindeki farklılıklara ek olarak maruziyete verilen yanıtlarda da bireysel farklılık görülmektedir. Elektromanyetik alana maruz kalan bazı kişiler işlerini bırakmak, yaşam şeklini değiştirmek zorunda kalabilmektedir. Bu şekilde, EMA maruziyeti sonucu diğer kişilerden daha fazla sağlık sorununa yol açan duruma elektromanyetik hipersensitivite (aşırı duyarlılık) denmektedir. Elektromanyetik aşırı duyarlılık özel olarak bir hastalığı işaret etmeyen semptomlar ile karakterizedir. Semptomlar sıklıkla dermatolojik (kızarıklık, karıncalanma ve yanma hissi) nöroastenik ve vejetatif

(yorgunluk, bitkinlik, konsantrasyon güçlüğü, baş dönmesi, bulantı, çarpıntı ve sindirim sorunları) şekilde görülmektedir (WHO, 2005). İsviçre’de yapılan kesitsel çalışma, elektromanyetik hipersensitivite sıklığının %5; en sık yakınmaların uyku bozukluğu ve baş ağrısı olduğunu, maruziyetin en çok enerji hatları ve cep telefonlarından kaynaklandığını göstermiştir (Schreier ve diğ., 2006). Kaliforniya’da yapılan çalışmada elektrik iletim hatları, elektrikli cihazlar ve bilgisayarlardan kaynaklanan elektromanyetik hipersensitivite oranı %3.2’dir. Bu iki çalışmanın gösterdiği gibi toplumlarda elektromanyetik aşırıduyarlılık %3-5 oranında değişmektedir. Elektromanyetik aşırı duyarlılık toplumun önemli bir kısmını etkileyen ve özel olarak bir hastalığı işaret etmeyen semptomları nedeniyle gözden kaçabilecek bir sağlık sorunu olarak önümüzde durmaktadır.

D. Kanser

Kanser ile ilgili çalışmalarda etkinin en belirgin olduğu kan hücrelerinin özellikle de lökositlerin normalin üzerinde çoğalması ile kendini gösteren bir kanser türü olan çocukluk çağı lösemileri ile ÇDF EMA ilişkisini saptamak üzere yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir.

Maruziyet seviyesine göre yapılan çalışmalarda genel olarak; $0,4\mu T$ ’nın altındaki maruziyet ile artmış çocukluk çağı lösemileri arasında yeterli kanıt bulunmamasına karşın $0,4\mu T$ ve üstündeki maruziyetlerde çocukluk çağı lösemi riskinin 2 kat arttığı saptanmıştır (Ahlbom ve diğ., 2000). Ancak riskin daha fazla olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Bir çok çalışmada çocukların maruziyetini belirlemek için yatak odalarında EMA ölçümü yapılmıştır. Yatak odalarında manyetik alan seviyesi $0.4 \mu T$ ya da daha yüksek olanların referans kategori (manyetik alan seviyesi altında $0.1 \mu T$) ile karşılaştırıldığında çocukluk çağı lösemilerinden AML ve ALL için riskin 2.6 ve sadece ALL için 4.7 kat arttığı saptanmıştır (Kabuto ve diğ., 2006).

Riskin daha düşük maruziyetlerde de var olduğunu gösteren çalışmalar da vardır. Almanya’da 0-14 yaş arası 514 olgu ve 1301 kontrol üzerinde yürütülen olgu-kontrol çalışmasında gece boyunca $0,2 \mu T$ ve üstündeki maruziyetin akut lösemi riskini 3,2 kat arttırdığı bildirilmiştir (Schüz ve diğ., 2001).

Elektromanyetik radyasyon kaynaklarına yakın alanlarda maruziyetin fazlalığı nedeniyle sağlık riskinin de fazla olacağı düşünülmektedir. Bu düşünce ile en önemli ÇDF EMA kaynağı olan elektrik iletim hatlarına uzak yaşamın kanser oluşumu ile ilişkisini araştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak 2000 yılında ve İngiltere’de gerçekleştirilen olgu- kontrol çalışması yakın mesafede sağlık etkileniminin fazla olacağı yaklaşımının tersini göstermiş, çocukluk çağı kanserleri ile enerji hatlarına yakın yaşama arasında ilişki bulunmamıştır (UK Childhood Cancer Study Investigators, 2000). Bundan 7 yıl sonra yapılan çalışmada özellikle yaşamın ilk yıllarında enerji nakil hatlarına yakın yaşamın lenfoproliferatif ve myeloproliferatif hastalık riskini arttırabileceğine dikkat çekilmiştir (Lowenthal ve diğ., 2007). Benzer bir çalışma İngiltere ve Galler’de yapılmış, 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 (95% güven aralığı 1.13 - 2.53); 200-600 metre arasındaki uzaklıkta olanların ise 1.23 (%95 güven aralığı 1.02 -1.49) kat risk altında olduğu bildirilmiştir. Çalışmada lösemi dışındaki diğer çocukluk çağı kanserleri ile elektrik hatlarına uzaklık arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (Draper ve diğ., 2005). İran’da yapılan başka bir çalışmada yüksek gerilim hatlarına 500 metreden daha yakın yaşayan çocuklarda akut lösemi riskini 8,8 kat (95% güven aralığı 1,74-58,4), ortalama $0,45 \mu T$ ’dan fazla maruziyetin ise 3,6 kat (95% güven aralığı 1,11-12,39) riski arttırdığı bildirilmiştir (Feizi ve Arabi, 2007). Bu çalışmalar enerji iletim hatlarına yakın yaşamın özellikle çocukluk çağı lösemileri için önemli bir risk olduğunu göstermekte, EMA kaynağına yakın yaşamın sağlığı olumsuz etkilediği tezini desteklemektedir.

Çalışmaların çoğunun yetişkin kanserleri ile EMA arasında ilişki olmadığı yönünde sonuç bildirmesine karşın ilişki olduğu görüşünü çürütecek yeterliğe sahip değildirler. EMA maruziyeti ile meme kanseri arasında ilişki olmadığını gösteren çalışmalara Erren (2001), Davis ve Mirick (2007), Davis ve diğ., (2002) ek olarak mesleki maruziyet ile riskte artış olduğunu McElroy ve diğ., (2007), Peplonska ve diğ., (2007). ve EMA maruziyeti ile meme kanseri arasındaki anlamlı ilişkiyi gösteren çalışmalar da vardır (Kliukiene ve diğ., 2004). 2007 yılında yayınlanan çalışmada uzun süreli elektrikli battaniye kullanan kadınlarda artmış endometrium kanseri riski gösterildi. Çalışmada 20 yıl ve daha

fazla elektirikli battaniye kullanan kadınlarda endometrium kanseri görölme oranının %36 daha fazla olduğu bildirildi (Abel ve diğ., 2007). Almanya’da 1995-1997 yılları arasında 15-69 arası yaş grubundaki erkeklerde yapılan çalışmada yüksek gerilim hattı maruziyeti ile testis kanseri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamış olmasına karşın 40 yaş altındaki erkeklerde hafif bir artış olduğu bildirilmiştir (Baumgardt-Elms ve diğ., 2005). Benzer bir ilişki EMA maruziyeti olan elektrik işçileri ile artmış lösemi riski arasında gösterilmiştir (Bethwaite ve diğ., 2001).

EMA ile kanser oluşumu arasındaki mekanizma tam olarak aydınlatılmamış olsa da EMA ile kanser ilişkisini inceleyen ve Gine domuzları üzerinde yürütölen deneysel çalışmada, 50 Hz manyetik alanın tümör hücrelerini yok eden immun sistem doğal hücrelerinin etkinliğini azalttığı gösterilmiştir (Canseven ve diğ., 2006).

E. EMA ve Gebelik

ÇDF EMA etkilenimi açısından risk grubu olan gebelerde yapılan kohort çalışmasında artmış manyetik alan maruziyeti ile düşük riski arasında ilişki bulunmuştur. 16mG ve üstü maruziyetlerde Relatif Risk 1,8’dir. Bu hız 10 haftadan küçük gebeliklerdeki düşöklere daha fazla olup 2,2’dir (Li ve diğ., 2002). Gebelik sürecindeki maruziyet ile doğumsal anomali ve hastalıklar arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar karışık mesajlar vermektedir. Norveç’te enerji hatları kaynaklı EMA’ın doğumsal anomalilere olan etkisi araştırılmıştır. Hamilelik sürelerinin en az yarısını 0,1µT altında ve üstünde maruziyet ile geçiren gebeler arasında artmış doğumsal anomali açısından ilişki bulunmamıştır (Blaasaas ve diğ., 2004). ÇDF EMA kaynağı olan rezistanslı yatak kullanımı, video terminali kullanımı düşük doğum ağırlığı ile ilişkili değildir (Bracken ve diğ., 1995; Grajewski ve diğ., 1997). Buna karşın, EMA ile doğumsal yemek borusu anomalileri arasında ilişki olduğu bildirilmektedir (Blaasaas ve diğ., 2003).

F. Diğer Sağlık Etkileri

Melatonin önemli bir antioksidan ve doğal anti kanser ajanı olması ve bireylerdeki psikolojik etkileri nedeniyle yaygın şekilde araştırılmıştır. Pineal bezden geceleri ve kişiden kişiye değışse de yaklaşık olarak 23:00 ile 05:00 saatleri arasında salgılanan melatonin hormonu konsantrasyonu gece saat 02:00 ile 04:00 arasında en yüksek değerlerine ulaşır. Erişkinde sekresyon genelde saat 21:00-22:00 arası başlar, saat 07:00-09:00 arası sona erer. Manyetik alanın birikimsel ve melatonin salgısına ve seviyesine etkisinin olmadığını gösteren çalışmalara Graham ve diğ. (1998) Touitou ve diğ. (2002) karşın, manyetik alanın melatonin seviyesini azalttığını gösteren çalışmalar da vardır. 40 Hz manyetik alan maruziyetine 3 hafta boyunca günde en az 20 dakika ve haftada 5 gün maruziyetin melatonin konsantrasyonunda azalmaya yol açtığı bildirilmiştir (Karasek ve diğ., 1998).

Sağlık etkileri açısından sinir sistemi hastalıkları ve beyin fonksiyonları üzerinde de önemle durulmaktadır. Yüksek enerji hatlarına 500 metreden daha uzak yaşayanlara göre; 100 metreden daha yakın yaşamının ciddi depresyon riskini 4,7 kat, 50 metreden yakın yaşamının ise 9,42 kat arttırdığı bildirilmiştir (Verkasalo ve diğ., 1997). Bu çalışmanın aksine Japonya’da 25-53 yaş grubundaki 223 kadın üzerinde yapılan kesitsel çalışmada yüksek gerilim hatlarına yakın konutlarda yaşamının akıl sağlığı ile belirgin bir ilişkisi saptanamamıştır (Yamazaki ve diğ., 2006). Bir başka çalışmada intihar ile mesleki artmış EMA maruziyeti arasındaki ilişki anlamlı ve özellikle elektrikçiler ile iletim hat çalışanları ve 50 yaşından genç erkeklerde riskin daha fazla olduğu bildirilmektedir (Van Wijngaarden ve diğ., 2000).

Günlük yaşamsal aktivitelerde azalma ve bilişsel yeteneklerde bozulma ile karakterize olan Alzheimer hastalığı için, maruziyet süresine de bağılı olmakla birlikte, yüksek ÇDF-EMA maruziyeti risk oluşturmaktadır. ÇDF EMA maruziyetinin merkezi sinir sisteminde, omurilik ve beyin sapında motor sinir hücrelerinin (nöronlar) kaybindan ileri gelen bir hastalık olan amyotrophic lateral sklerozis riskini arttırdığını bildiren çalışmaya (Håkansson ve diğ., 2003) karşın aynı yıl İsveç’de yapılmış bir başka çalışmada ÇDF EMA ile artmış amyotrophic lateral sklerozis arasında ilişki bulunmamıştır (Feychting ve diğ., 2003). ÇDF EMA’ın birikim etkisinin olduğu ve yıllık her 10 mikroTesla birikim maruziyetinin bunama riskini %5,7, Alzheimer Hastalığı riskini %9,4 ve amyotrophic lateral sklerozis riskini %2,1 arttırdığı bildirilmiştir (Röösli ve diğ., 2007).

4. SONUÇ/ÖNERİLER

Yerkürenin doğal ve elektrik enerjisi üretimi, nakli ve kullanımı ile oluşan EMA'ların yok edilmesi olası görülmemektedir. Önlem alınmaz ise teknolojik gelişmeye koşut olarak elektrik enerjisi kullanımının artması ile maruziyetin daha da artacağı öngörülebilmektedir. Bu artış beraberinde artmış riski de getirecektir. EMA'ların olumsuz sağlık etkilerinden korunmak için insanın ve onun çevresinin sağlık ve esenliğini önceleyen bir yaklaşım zorunludur. Bunun için de enerji iletim hatları ve teknolojik ürünlerin üretimi ve tesisinde çevresel EMA sınır değerlerinin göz önünde tutulması gereklidir.

Yaşanılan ortam ve yapılan iş EMA maruziyetini belirleyen en önemli etmen kabul edilmektedir. Bu nedenle EMA'nın sağlık etkisini inceleyen çalışmalar konutlardaki ve çalışma ortamlarında mesleki nedenli maruziyetlere odaklanmıştır. Bunların dışındaki maruziyetleri inceleyen çalışmalar da bulunmasına karşın sınırlı sayıdadır. EMA ve sağlık etkilerinin ölçümüne yönelik farklılıklar, sınırlı sayıdaki olgu ve sınırlı sayıda ölçüm üzerinden yapılan çalışmalar sağlıklı bir değerlendirme yapmayı engellemektedir. EMA'ların biyolojik etki mekanizmalarının hipotez seviyesinde kalması da, çalışmalara yorum katmayı zorlaştırmaktadır. EMA'nın sağlık etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar etkileminin olabileceği öngörülen belli bazı hastalıklara odaklanmıştır. Bu hastalıklardan özellikle çocukluk çağı lösemileri ile EMA ilişkisi açıkça ortaya konmuştur. Diğer hastalıklar için çelişkili kanıtlar bulunmasına karşın EMA'ların sağlık etkisi olmadığını söylemek bilimsel yaklaşım ile çelişecektir. Öncelikle EMA'ların etki mekanizması olmak üzere maruziyetin sağlık etkilerini değerlendiren kapsamlı çalışmalara gereksinim vardır.

EMA'dan korunmanın yolu teknolojinin elverdiği ölçüde EMA'nın kaynağında yok edilmesi, bu olası değilse kaynağında sınırlandırılmasıdır. Yok edilme/sınırlamanın olası olmadığı kaçınılmaz durumlarda kaynaktan olabildiğince uzak durmak diğer korunma yoludur.

Elektromanyetik alanın biyolojik etkilerini izlemek ve zararlarından korunmak için öncelikle maruziyetin belirlenmesine yönelik ölçümlerin yapılması, toplum ve çalışanlarda maruziyet değerlerinin saptanması gereklidir. Biyolojik izlemlerin ve uluslar arası kurum/kuruluşların çalışmalarından yararlanarak belirlenecek sınır değerler ile maruziyetler değerlendirilmeli ve çözüm üretenlerin sınır değerlerin aşılması için koruma programı oluşturması sağlanmalıdır. EMA'lara yönelik mevzuat yetersizdir. Enerjinin üretiminden tüketimine ve yapı/tesisat imalatına kadar her basamakta uygulamaların şekli mevzuatta belirlenmeli ve takip edilmeli, mevzuattaki boşluk doldurulmalıdır.

Türkiye'de bir ilk olarak, EMA'ları ölçmek ve sonuçları ulusal ve uluslar arası standartlara uygunluk ve sağlık etkileri açısından değerlendirmek için Yüksek Öğretim Kurulu onayı ile 22 Temmuz 2005 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan yönetmelik ile Gazi Nonİyonizan Radyasyondan Korunma Merkezi (GNRK) kurulmuştur.

Kentsel alanda yapılaşma koşulları maruziyeti belirleyen etkenlerden birisidir. Eski yerleşim alanlarında daha fazla maruziyet bildirilmesi, maruziyet açısından kentsel alanların planlanmasının, yapı güvenliğinin sağlanmasının önemini vurgular niteliktedir. Kent planlaması EMA kaynakları göz önüne alınarak ve maruziyeti azaltacak şekilde yapılmalıdır. Enerji iletim hatları yerüstünden yeraltına alınarak maruziyet sınırlandırılmalıdır. Kent planlamasına ek olarak yapı-tesisat imalatında elektromanyetik kirlilik azaltacak mimari ve inşaat projeleri oluşturulmalı, mühendislik pratiğinde değişiklik yapılmalıdır. Bireysel korunma için, yaşam alanlarındaki EMA ve diğer sağlık riskleri açısından toplumun bilgilendirilmesi ve sağlık etkilerine dikkat çekilmesi gereklidir.

Sağlık etkileri saptanarak belirlenen ve güvenli olduğu kabul edilen sınır değerlerin de –bazı sağlık zararlılarında olduğu gibi- ölçüm teknolojisindeki gelişmeler ve etkilerinin açık olarak saptandığı çalışmalar doğrultusunda daha da düşebileceği göz ardı edilmemelidir. Günümüz olanakları ile belirlenen sınır değerler gelecekte daha da alt seviyelere düşürülmek zorunda kalınabilir.

KAYNAKLAR

1. 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, Eur J Cancer Prev, 16(3),243-50.

2. Ahlbom, A., Day, N., Feychting, M., Roman, E., 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
3. Baumgardt-Elms, C., Schumann, M., Ahrens, W., Bromen, K., Stang, A., Jahn, I., Stegmaier, C., Jockel, K.H. (2005) Residential exposure to overhead high-voltage lines and the risk of testicular cancer: results of a population-based case-control study in Hamburg, *Int Arch Occup Environ Health*, 78(1),20-26 .
4. 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.
5. Blaasaas, K.G., Tynes, T., Lie, R.T. (2004) Risk of selected birth defects by maternal residence close to power lines during pregnancy, *Occupational and Environmental Medicine*, 61(2):174-176.
6. Blaasaas, K.G., Tynes, T., Lie, R.T., (2003) Residence near power lines and the risk of birth defects. *Epidemiology*, 14(1), 95-8.
7. Bracken, M.B., Belanger, K., Hellenbrand, K., Dlugosz, L., Holford, T.R., McSharry, J-E., Addesso, K., Leaderer, B. (1995) Exposure to electromagnetic fields during pregnancy with emphasis on electrically heated beds: Association with birthweight and intrauterine growth retardation, *Epidemiology*, 6:263-270.
8. Budak, GG., Budak, B., Ozturk, GG., Muluk, NB., Apan, A., Seyhan, N., (2009) Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on transient evoked otoacoustic emissions in rabbits. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 73 (3): 429 – 436.
9. Canseven, AG., Coşkun, S., Seyhan, N., (2008) Effects of various extremely low frequency magnetic fields on the free radical processes, natural antioxidant system and respiratory burst system activities in the heart and liver tissues, *Indian J Biochem Biophys*, 45(5):326-331.
10. Canseven, AG., Seyhan, N., Aydın, A., Çevik, C., İşimer, A., (2005) Effects of ambient ELF magnetic fields: variations in electrolyte levels in the brain and blood plasma, *Gazi Medical Journal*, 16(3): 121-127.
11. 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 Med* 25 (2): 79 – 85.
12. Davis, S., Mirick, D.K. (2007) Residential magnetic fields, medication use, and the risk of breast cancer, *Epidemiology*, 18(2):266-269.
13. Davis, S., Mirick, D.K., Stevens, R.G. (2002) Residential magnetic fields and the risk of breast cancer, *Am J Epidemiol*,155 (5), 446 – 454.
14. 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.
15. Erren, T.C. (2001) A meta-analysis of epidemiologic studies of electric and magnetic fields and breast cancer in women and man, *Bioelectromagnetics suppl*, 5,105-19.
16. 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.
17. Feychting, M., Jonsson, F., Pedersen, N.L., Ahlbom, A. (2003) Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease, *Epidemiology*,14(4), 413-9.
18. Feychting, M. (2005) Health effects of static magnetic fields-a review of the epidemiological evidence, *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 87, 241-246.
19. Feychting, M., Ahlbom, A., Kheifets, L., (2005) EMF and Health, *Annu. Rev. Public Health*, 26,165-189
20. Fırlarlar, 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.
21. Frahm, J., Lantow, M., Lupke, M., Weiss, D.G., Simkó, M. (2006) Alteration in cellular functions in mouse macrophages after exposure to 50 Hz magnetic fields, *Journal of Cellular Biochemistry*, 99 (1):168 – 177.
22. 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.
23. Grajewski, B., Schnorr, T.M., Reefhuis, J., Roeleveld, N., Salvan, A., Mueller, C., Murray, W.E., Conover, D.L. (1997) Work with video display terminals and the risk of reduced birthweight and preterm birth, *American Journal of Industrial Medicine*, 32:681-688.
24. Güler, G., Turkozer, Z., Tomruk, A., Seyhan, N., (2008) The protective effects of N-acetyl-L-cysteine and Epigallocatechin-3-gallate on electric field-induced hepatic oxidative stress, *International Journal of Radiation Biology*, 84(8):669-680.
25. Güler, G., Seyhan, N., Arcioğlu, A., (2006) Effects of static and 50 Hz alternating electric fields on superoxide dismutase activity and TBARS levels in guinea pigs, *Gen Physiol Biophys*, 25(2):177-193.

26. 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.
27. Harada, S., Yamada, S., Kuramata, O., Gunji, Y., Kawasaki, M., Miyakawa, T., Yonekura, H., Sakurai, S., Bessho, K., Hosono, R., Yamamoto, H. (2001) Effects of high ELF magnetic fields on enzyme-catalyzed DNA and RNA synthesis in vitro and on a cell-free DNA mismatch repair, *Bioelectromagnetics*, 22 (4), 260 – 266.
28. ICNIRP. (1998) EMF guidelines, *Health Physics*, 74, 494-522.
29. International Agency for Research on Cancer (IARC). (2002) IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans, vol 80.
30. Ivancsits, S., Diem, E., Pilger, A., Rudiger, H.W., Jahn, O. (2002) Induction of DNA strand breaks by intermittent exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields in human diploid fibroblasts, *Mutat Res*, 519 (1-2): 1 – 13.
31. Kabuto M., Nitta H., Yamamoto S., Yamaguchi N., Akiba S., Honda Y., Hagihara J., Isaka K., Saito T., Ojima T., Nakamura Y., Mizoue T., Ito S., Eboshida A., Yamazaki S., Sokejima S., Kurokawa Y., Kubo O. (2006) Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan, *Int J Cancer*, 119(3),643-50.
32. 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.
33. Kliukiene J, Tynes T, Andersen A. Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women: a population-based study. *Am J Epidemiol*. 2004 May 1;159(9):852-61.
34. Lai, H., Singh, NP., (1997) Acute Exposure to a 60 Hz Magnetic Field Increases DNA Strand Breaks in Rat Brain Cells. *Bioelectromagnetics*, 18:156-165.
35. 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.
36. Li, D.K., Odouli, R., Wi, S., Janevic, T., Golditch, I., Bracken, T. D., Senior, R., Rankin, R., Iriye, R. (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.
37. Lowenthal, R.M., Tuck, D.M., Bray, I.C., (2007) Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and myeloproliferative disorders: a case-control study, *Intern Med J*, 37(9):614-619.
38. Luceri, C., De Filippo, C., Giovannelli, L., Blangiardo, M., Cavalieri, D., Aglietti, F., Pampaloni, M., Andreuccetti, D., Pieri, L., Bambi, F., Biggeri, A., Dolara, P. (2005) Extremely low-frequency electromagnetic fields do not affect DNA damage and gene expression profiles of yeast and human lymphocytes, *Radiat Res*, 164 (3): 277 – 285.
39. 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.
40. 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).
41. Otto, M., Mühlendahl, K.E. (2007) Electromagnetic fields (EMF): Do they play a role in children's environmental health (CEH)? *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210, 635-644.
42. Pala, K., Türkkän, A., Sınmaz, V., (2007) Bursa İlinin Nilüfer İlçesinde Elektromanyetik Kirlilik, XI. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi Kongre Kitabı, 231.
43. Paniagua, J.M., Jiménez, A., Rufo, M., Gutiérrez, J.A. Gómez, F.J. Antolín. A., (2007) Exposure to extremely low frequency magnetic fields in an urban area, *Radiat Environ Biophys*, 46: 69-76.
44. Peplonska, B., Stewart, P., Szeszenia-Dabrowska, N., Rusiecki, J., Garcia-Closas, M., Lissowska, J., Bardin-Mikolajczak, A., Zatonski, W., Gromiec, J., Brzezniński, S., Brinton, LA., Blair, A. (2007) Occupation and breast cancer risk in Polish women: a population-based case-control study, *Am J Ind Med*, 50(2): 97-111.
45. Roda-Murillo, O., Roda-Moreno, JA., Morente-Chiquero, MT., (2005) Effects of Low-frequency Magnetic Fields on Different Parameters of Embryo of Gallus Domesticus, *Electromagn Biol Med*, 24(1): 55-62.
46. Rösli, 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.

47. Schreier, N., Huss, A., Rössli, M., (2006) The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland, *Soz Praventiv Med*, 51: 202-209.
48. 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, *Int J Cancer*, 91(5),728-735.
49. Seyhan, N., Canseven, AG., (2006) In vivo effects of ELF MFs on collagen synthesis, free radical processes, natural antioxidant system, respiratory burst system, immune system activities, and electrolytes in the skin, plasma, spleen, lung, kidney, and brain tissues, *Electromagn Biol Med*, 25(4):291-305.
50. Straume, A., Johnsson, A., Oftedal, G. (2008) ELF-Magnetic Flux Densities Measured in a City Environment in Summer and Winter, *Bioelectromagnetics* 29,20-28.
51. Şeker, S., Çerezci, O. (2000) Radyasyon Kuşatması, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi-matbaası, İstanbul.
52. Tohumoglu, G., Canseven, AG., Cevik, A., Seyhan, N., (2007) Formulation of ELF magnetic fields effects on malondialdehyde level and myloperoxidase activity in kidney using genetic programming, *Comput Methods Programs Biomed*, 86(1):1-9.
53. 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.
54. UK Childhood Cancer Study Investigators, (2000) Childhood cancer and residential proximity to power lines, *Br J Cancer*, 83(11), 1573-1580.
55. 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.
56. 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.
57. Verkasalo, P.K., Kaprio, J., Varjonen, J., Romanov, K., Heikkilä, K., Koskenvuo, M. (1997) Magnetic fields of transmission lines and depression, *Am J Epidemiol*, Dec 15;146(12):1037-45.
58. Wertheimer, N., Leeper, E. (1979) Electrical wiring configurations and childhood cancer, *Am J Epidemiol*, 109: 273-284.
59. WHO, (2005) Fact Sheet 296, Electromagnetic fields and public health, www.who.int/entity/mediacentre/factsheets/fs296/en/.
60. WHO. (1999) What are electromagnetic fields?, <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> (erişim : 27/03/2008).
61. Winker, R., Ivancsits, S., Pilger, A., Adlkofer, F., Rudiger, H.W. (2005) Chromosomal damage in human diploid fibroblasts by intermittent exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields, *Mutation Research*, 585:43-49.
62. Winker, R., Ivancsits, S., Pilger, A., Adlkofer, F., Rüdiger, H.W. (2005) Chromosomal damage in human diploid fibroblasts by intermittent exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields, *Mutat Res*; 585 (1-2): 43 – 49.
63. Winterfeldt, D., Eppel, T., Adams, J., Neutra, R., DelPizzo, V., (2004) Managing Potential Health Risks from Electric Powerlines: A Decision Analysis Caught in Controversy, *Risk Analysis*, 26(6):1487-1502.
64. Wolf, F., Torsello, A., Tedesco, B., Fasanella, S., Boninsegna, A., D'Ascenzo, M., Grassi, C., Azzena, G.B., Cittadini, A. (2005) 50-Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: possible involvement of a redox mechanism, *Biochim Biophys Acta*, 1743:120-129.
65. Yamazaki, S., Sokejima, S., Mizoue, T., Eboshida, A., Kabuto, M., Yamaguchi, N., Akiba, S., Fukuhara, S., Nitta, H. (2006) Association between high voltage overhead transmission lines and mental health: A cross-sectional study, *Bioelectromagnetics*, 27(6):473-478.
66. 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.
67. 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.