

Sağlık Kuruluşlarında Elektromanyetik Kirliliğin İncelenmesi

Osman Çerezci,*Şuayb Çağrı Yener
Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, SAKARYA

Özet

Sağlık kuruluşlarında teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan cihazlar yanında, günümüzde her binada olduğu gibi elektrik kablo tesisatları, trafolar, güç merkezleri vb. iç mekândaki elektromanyetik alan kaynakları olarak sınıflandırılabilir. Bunun dışında baz istasyonları, radyo istasyonları, yüksek gerilim hatları vb. de iç ortamdaki elektromanyetik seviyeyi artırıcı dış kaynaklar olarak göze çarpmaktadır. Hastane ortamının hem çalışan personel hem de asıl duyarlı kategoride sayılabilecek hastaların elektromanyetik radyasyon seviyesi açısından olası tesirlerden arınmış bir ortamda bulunmaları gerektiği açıktır. EU 2004/40 direktifi gibi yasal düzenlemelerle bunun tespiti ve kontrolü yasal bir gereklilik halini almıştır. Bu çalışmada sağlık kuruluşlarında yapılan elektromanyetik radyasyon ölçüm çalışmaları ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Elektromanyetik radyasyon, elektromanyetik maruziyet, elektromanyetik kirlilik, baz istasyonları, ölçüm

Abstract

In health clinics, beside diagnostic and therapeutic devices; electrical wiring, transformers, power centers can be accepted as indoor electromagnetic field sources. Moreover, base antennas, radio stations, power transmission lines in the vicinity are other outdoor sources which can increase electromagnetic radiation in the health clinics. From this point of view, it is clear that health clinics must be purified places from all negative aspects of electromagnetic radiation both in terms of hospital staff health and especially also patients. Currently it is a necessity to define electromagnetic radiation levels in health clinic and take precautionary measurements in the light of several regulations such as EU 2004/40. In this paper, electromagnetic field measurements realized in health clinics and their results are presented.

Key words: Electromagnetic radiation, electromagnetic exposure, electromagnetic pollution, base stations, measurement

1. Giriş

Elektromanyetik radyasyonu (EMR) oluşturan iki bileşen elektrik alan ve manyetik alan farklı frekans bandlarında ayrı ayrı ölçülmektedir ve 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' veya Tesla ile Gauss olabilmektedir.

İyonizan Radyasyon'da (Nükleer Radyasyon) Atom ve moleküllerden elektron koparabilen yüksek enerjili ışınlar, gamma ışını yayan radyoaktif maddeler, x ışınları ile bazı morötesi ışınlar

vücuda girdiklerinde DNA yapısını bozabilirler. Enerjileri yüksek, dalga boyları küçük, ancak frekansları yüksektir. Elektromanyetik radyasyon için temel olan Non - İyonizan Radyasyonun ise enerjisi (etkileştikleri maddede değişiklik oluşturma gücü) nispeten düşük olduğu için hücrelerdeki kimyasal bağları kırarak güce sahip değildir. Ancak uzun süre bu tür ışıklara maruz kalan ve vücut direnci de normal bireylere göre düşük olan şahıslarda beklenen zararlı biyolojik etkiler olabilir. Bu zararlı biyolojik etkiler iki çeşittir. Birinci tür etkiler ısı etkileridir. Vücuda giren düşük enerjili ışıkların vücut içindeki doku ve hücreleri oluşturan elementlerin atomları ile etkileşime girerek enerjilerini transfer etmeleri ve onları titreştirmek suretiyle vücut sıcaklığını artırmak şeklinde gösterdikleri etkiler bu sınıfa girer. İyonize etmeyen elektromanyetik ışıkların ısı etkisi en net ve ölçülebilir etkidir ve mevcut standartlar buna göre belirlenmiştir. İkinci tür etki ısı olmayan etkilerdir. Radyasyon etkisi ile vücuttaki duyar moleküllerde meydana gelen değişiklikler bu sınıfa girmektedir.

EM alanların dokular içindeki iyonlara olan etkileri neticesinde onların hareketlerini arttırmaları neticesinde şiddetlerine bağlı olarak bir ısı enerjisi de ortaya çıkar. Bunun sonucunda da dokular içerisinde sıcaklık artışı görülür. 4W/kg olarak kabul edilen vücut ortalama özgül soğurma değerinin 10 kat düşük değeri (0.4W/kg) ihtiyat ilkesi ışığında Dünya Sağlık Örgütü, Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), Milletlerarası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (ICNIRP) tarafından insan vücudunun RF ve mikrodalga etkilerinin hissedilmeyeceği sınır termal etkilerin başladığı değer olarak şimdiye dek kabul edilmiştir. Isıl etkiler yanında, ısı olmayan etkiler (non-thermal effects) olduğuna ve hücreler ve dokuların olumsuz etkilenebileceğini savunan çalışmalar görülmeye başlanmıştır [1-4].

Hastanelerde teşhis ve tedavi amacıyla yoğun bakım birimlerinde hasta izleme monitörleri, kablolu ve kablosuz sensörler gibi çok sayıda elektriksel cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazların buldukları ortamlarda bulunan ve bu cihazları kullanan sağlık personelinin bu elektriksel ünitelerden yayılan elektromanyetik radyasyondan olumsuz etkilerinden arınarak çalışmalarını iş sağlığı ve güvenliği açısından gereklilik ve son derece güncel bir konudur. Bu konuda Avrupa'da hastanelerde EU 2004/40 standardı kapsamında elektromanyetik ortamının ölçümü yapılarak belirlenmesi zorunluluğundadır. Sağlık kuruluşlarının elektromanyetik ortamlarının incelenmesi çalışmaları Avrupa'da uzun yıllardır değişik çalışmalarda elektromanyetik alan ölçümleri yapılarak araştırılmaktadır.

Bu çalışmada iki farklı hastanede yapılan pilot çalışmalar ile yüksek ve düşük frekanslı elektromanyetik alanlar ölçülmüş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Bu giriş bölümünün ardından ikinci bölümde sağlık kuruluşlarında elektromanyetik ortamı belirleyen ve etkileyen kaynaklar üzerinde durulmuştur. Çalışmanın üçüncü bölümünde metodoloji ve gerçekleştirilen ölçüm sonuçları verilmiştir. Elde edilen değerler ile hastanelerin elektromanyetik ortamı belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonuçları uluslararası iyonlaştırmayan radyasyondan korunma Kurumu olan ICNIRP tarafından belirlenen maruziyet limitleri ile karşılaştırılmış ve çalışma sonuçlar bölümü ile tamamlanmıştır.

2. Sağlık Kuruluşlarında Elektromanyetik Ortamı Belirleyen ve Etkileyen Kaynaklar

Hastanelerde elektromanyetik ortamı karakterize etmek için ilk aşamada yakın çevrede bulunan baz istasyonu antenleri, yüksek gerilim hatları, trafolar gibi dış kaynaklı EMR kaynaklarının, ardından hastane içinde kullanılan elektriksel tesisat ve cihazların yerlerinin ve özelliklerinin belirlenmesi ve planlar üzerinde işaretlenmesi gerekir. Elektriksel cihaz sayısı çok olduğundan, yüksek seviyede elektrik akımı taşınması ve bunu taşıyan kabloların çevrelerinde düşük frekanslı manyetik alan oluşturması söz konusu olur. Bunun yanında, yüksek seviyedeki manyetik alanlar tıbbi cihazların çalışmasını etkileyebilir. Tıbbi cihazların elektromanyetik açıdan güvenli ortamda çalışması açısından belirli noktalarda spot ve sürekli ölçümlerin yapılması gerekir. Koridor kesişim noktaları, acil tedavi üniteleri, ameliyathaneler, MRI görüntüleme cihazları ve çevreleri, diatermi ünitelerinin buldukları yerler elektromanyetik radyasyon seviyeleri açısından önemli noktalardır. Bu noktalarda frekans seviyesinde de belirleme açısından spektrum analizörleri de kullanılarak anlık ve uzun süreli ölçümler yapılarak elektromanyetik kirlilik takibi yapılır.

Mobil haberleşme imkânlarının çok hızlı artışı hastane ortamında kullanılan cep telefonu sinyallerinin biyomedikal cihazlar için girişim kaynağı olarak dikkat çekilmektedir. Bu nedenle hastanelerdeki GSM frekanslı EMR seviyesine sınırlama getirilmiştir. Cep telefonlarının; hasta monitörleri, puls oksimetreler, mikroişlemcili ventilatörler ve kalp pilleri ile girişim yaptığına ilişkin çok sayıda vaka tespit edilmiştir [5-7].

Ülkemizde GSM ve radyo-TV vericilerinin kurulum ve işletilmesine ilişkin olarak 2001 yılında çıkarılmış olan yönetmelik Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) sorumluluğunda uygulanmaktadır. 2009 ve 2015 yılında bu yönetmelik revize edilerek yeniden yayınlanmıştır. Yönetmelik GSM ve radyo-TV vericileri gibi yüksek frekansta E.M. dalga yayan sabit vericilerin istem dışı maruziyetler oluşturması dolayısıyla insan sağlığına yapacağı olumsuz etkileri önlemek amacıyla oluşturulmuştur. Bu yönetmelik Uluslararası İyonlaştırılmayan Radyasyondan korunma komisyonu (ICNIRP) tarafından düzenlenen sınır değerler esas alınarak hazırlanmıştır. Tablo 1 2 ve 3'te uygulanan sınır değerler verilmiştir [8-12].

Tablo 1. Limit değerler (BTK 2015 tarihli yönetmelik)

Frekans Aralığı (MHz)	E-alan şiddeti (V/m)		H-Alan şiddeti (A/m)	
	Tek cihaz için limit değeri	Ortam için limit değeri	Tek cihaz limit değeri	Ortamın toplam limit değeri
0,010-0,15	19,3	65,25	1,1	3,75
0,15-1	19,3	65,25	0,16/f	0,54/f
1-10	$19,3/f^{1/2}$	$65,25/f^{1/2}$	0,16/f	0,54/f
10-400	6,2	21	0,016	0,054
400-2 000	$0,305f^{1/2}$	$1,03 f^{1/2}$	$0,00082 f^{1/2}$	$0,0027 f^{1/2}$
2 000-60 000	13,5	45,75	0,035	0,12

Tablo 2. Limit değerler (ICNIRP – genel halk için)

Frekans Aralığı	Elektrik Alan Şiddeti E(kV/m)	Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B(T)
1 Hz–8 Hz	5	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$3.2 \times 10^{-2} / f^2$
8 Hz–25 Hz	5	$4 \times 10^3 / f$	$5 \times 10^{-3} / f$
25 Hz–50 Hz	5	1.6×10^2	2×10^{-4}
50 Hz–400 Hz	$2.5 \times 10^2 / f$	1.6×10^2	2×10^{-4}
400 Hz–3 kHz	$2.5 \times 10^2 / f$	$6.4 \times 10^4 / f$	$8 \times 10^{-2} / f$
3 kHz–10 MHz	8.3×10^{-2}	21	2.7×10^{-5}

Tablo 3. Limit değerler (ICNIRP - 50Hz için)

Elektromanyetik Kirlilik Kaynağı	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu (μ T)
Yüksek gerilim hatları, Trafolar ve Güç üniteleri (genel halk için)	15000	200

Maksimum izin verilen seviyeyi yansıtan güncel sınır değerler 2009 tarihli yönetmeliği temel alan ancak buradaki sınır değerlerde değişikliğe gidilerek küçük bir miktar daha aşağı çekilerek oluşturulan 2015 tarihli yönetmeliğe göre uygulanmaktadır. Tablo 1’de verilen bu değerler göz önüne alınarak; birinci nesil GSM 900 MHz ile çalışan baz istasyonları için 30,9 (V/m), 1800 MHz ile çalışan ikinci nesil baz istasyonları için 43,7 (V/m)’dir. Üçüncü nesil sistemler olan 2100 MHz için limit değer ise 45,75 (V/m) ‘dir. BTK yönetmeliğine göre her bir GSM operatörünün bu sınır değerlerin $\frac{1}{4}$ ’nü aşmaması gerekir. Örneğin 900 MHz ile çalışan bir baz istasyonu 9,15 (V/m)’yi, 1800 MHz ile çalışan bir baz istasyonu 12,94 (V/m)’yi ve 3G GSM’ler ise 13,5 (V/m)’yi aşamaz. Ancak her üçünün bulunduğu ortamın toplamı da, 45,75 (V/m) ‘nin altında kalmak zorundadır. ABD ve bazı Avrupa ülkeleri ICNIRP’nin oluşturduğu sınır değerleri uygularken, İsviçre, İtalya gibi bazı Avrupa ülkeleri ise sınır değerler olarak ICNIRP güvenlik limitlerinin daha altında uygulama yapmaktadır [13].

3. Metodoloji ve Elektromanyetik Radyasyon Ölçümleri

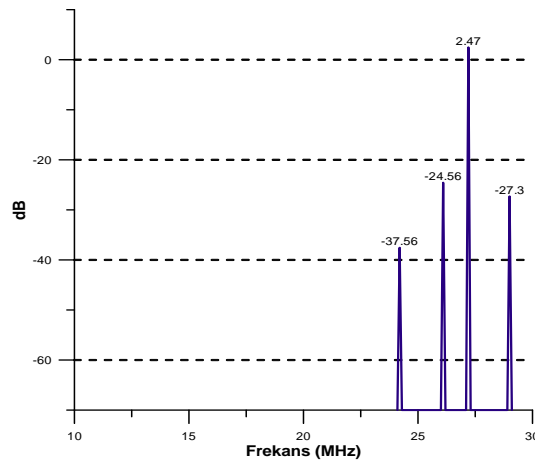
Hastanelerin yoğun çalışma programı içinde olması dolayısıyla oldukça karışık ortamlarda ölçüm çalışması sürdürülmüştür. Çalışma süresince hastaları rahatsız etmemeye özen gösterilmiştir. Ayrıca hijyenik şartlara uyulmuştur. Ölçümler farklı zaman ve günlerde planlı biçimde tekrarlanmıştır. Geniş band yüksek frekans Ölçümleri için PMM 8053 ve NMB 550 cihazları telekomünikasyon ve endüstriyel uygulama frekanslarını kapsayan 100KHz 3Gz aralıklı problemler ile ve frekans seçimli ölçümler için ise Advantest 9kHz-3GHz ile SRM 3006 spektrum analizörü cihazları ile uygun anten ve problemler kullanılarak yapılmıştır [14]. Düşük frekans ölçümlerinde Holaday HI3604 model 30Hz-2000Hz field meter kullanılmıştır. Ölçümlerde kullanılan cihazlar ve özellikleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Ölçümlerde kullanılan cihazlar ve özellikleri

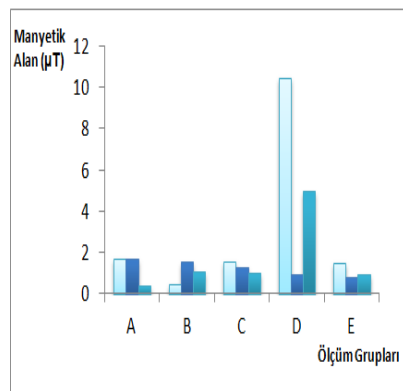
Cihaz	Üretici	Model
EM Alan Ölçer	PMM	8053
EM Alan Ölçer	Narda	NBM 550
EM Alan Ölçer	HOLADAY	HI3604
Spektrum Analizör	Advantest	R3131A
Spektrum Analizör	Narda	SRM 3006

Hastanenin tüm odaları yerine dikkat çekici tıbbi cihazların bulunduğu odalar ve elektriksel açıdan dikkat çekici noktalar ile her katta bulunan hasta odalarından örnekleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler yaklaşık ortalama insan baş seviyesi göz önüne alınarak yerden 1.60-1.70 m yüksekliğinde yapılarak tamamlanmıştır.

Şekil 1’de verilen grafikte hastane 1 hidroterapi odasında diatermi cihazı çevresinde elde edilen elektromanyetik alan gösterilmektedir. Şekil 2 de poliklinik, fizik tedavi ve diyaliz odalarının da dâhil olduğu altı grup tedavi odalarına ait ELF bandına ait manyetik alan ölçüm değerleri verilmiştir.

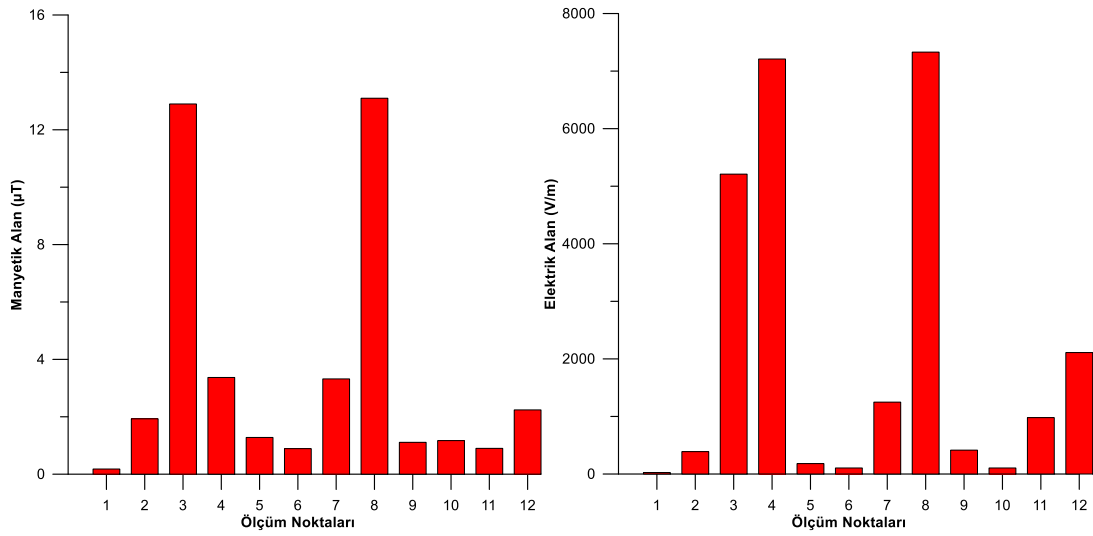


Şekil 1. Hastane 1 Hidroterapi Odası ölçüm sonucu (1 metre mesafeden)

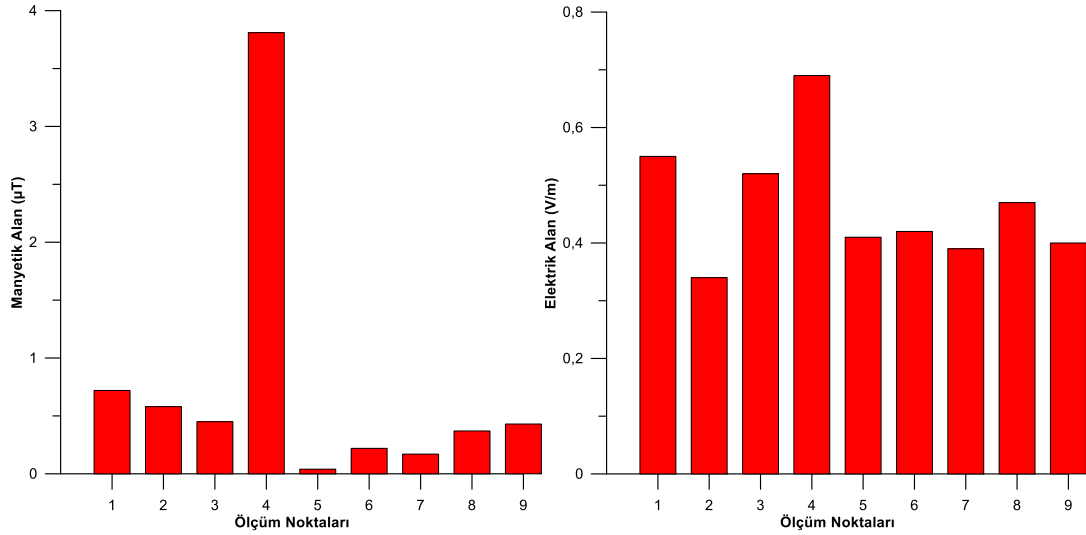


Şekil 2. Hastane 1 polikliniklerde oluşan ELF frekanslı manyetik alan değerleri

Şekil 3 ve Şekil 4'te sırasıyla hastane 1 ve hastane 2 için manyetik ve elektrik alan ölçüm sonuçları dağılımı verilmiştir.

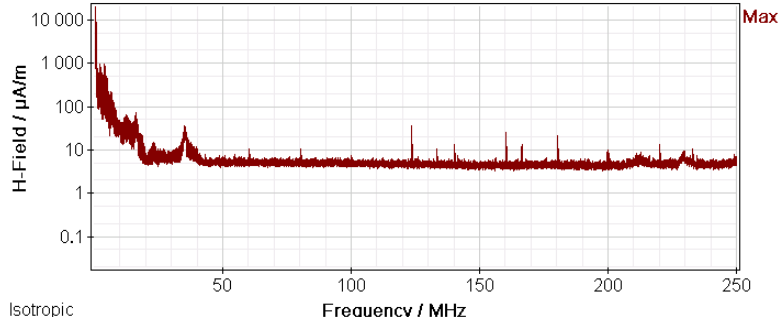


Şekil 3. Hastane 1 manyetik ve elektrik alan ölçüm sonuçları dağılımı

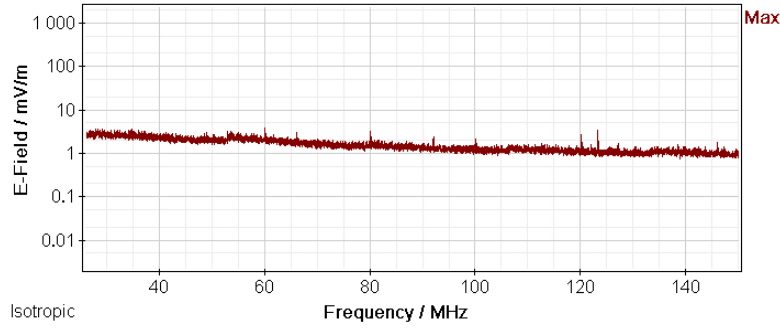


Şekil 4. Hastane 1 manyetik ve elektrik alan ölçüm sonuçları dağılımı

Ayrıca frekans seviyesinde gerçekleştirilen ölçüm sonuçları hem manyetik hem de elektrik alan için Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Hastane 1 manyetik alan frekans seviyesinde elektromanyetik radyasyon ölçüm sonucu



Şekil 5. Hastane 2 elektrik alan frekans seviyesinde elektromanyetik radyasyon ölçüm sonucu

4. Sonuçlar

Ölçümlerin gerçekleştirildiği iki sağlık kuruluşunda Radyoloji, Anjio, Ultrason ve hastanelerin diğer iç ve dış mekan ortamlarında yapılan bu elektromanyetik alan maruziyeti ölçüm, inceleme, analiz ve değerlendirmeleri sonucunda; düşük ve yüksek frekanslı elektromanyetik radyasyon (EMR) yoğunluğunun Ulusal ve Uluslararası limitlere göre düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar ile ölçüm yılları itibariyle ilgili hastanelerin servislerinde çalışanların maruz kaldığı elektromanyetik alanın bir görünümü ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen veriler ışığında ilgili servis ortamlarında çalışan personelin elektromanyetik alan maruziyetlerinin uluslararası limitler normal kabul edilebilir risk seviyesi içinde olduğu belirlenmiştir.

Ölçüm sonuçları incelendiğinde ELF ve RF frekans bandlarında gerçekleştirilen ölçümlere ilişkin sonuçların ICNIRP limitlerine uyduğu gözlenmiştir. Geniş band 0.1MHz-3000MHz frekans aralığında da hastane iç ve dış mekanlarında 0.7 V/m den daha düşük değerler bulunmuştur. Bu ölçüm değerleri de Tablo 2, 3 ve 4'te görüleceği gibi sınır değerlerin çok çok altında kalmaktadır.

Hastane 1 için farklılık olarak dışından geçen 380kV'lık Yüksek Gerilim hattının hastane içinde oluşturduğu ELF manyetik alan şiddeti hastane 2'ye göre daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Hastane dışında YGH'nın yeşil alan üzerinden geçmiş olduğu güzergâhta bulunan bazı değerler (ICNIRP) limitlerini aşmaktadır.

Elektromanyetik kirliliğin en önemli özelliği sigara, cep telefonu gibi isteğe bağlı olarak kullanılan zararlı maddelerde olduğu gibi kişiye özgü değildir. Bilakis baz istasyonları ve yüksek gerilim hatlarında olduğu gibi insan iradesi dışında bir kaynaktan yayılarak sürekli yaşam ortamında istem dışı varlığını sürdürmesidir. Bunlardan yüksek gerilim hatlarının sağlığa etkisi konusunda 1960'lı yıllardan beri araştırmalar yapılmış ve yakın civarda yaşayanlarda yaptığı olumsuz etkilere ilişkin birçok rapor yayınlanmıştır. GSM baz istasyonlarının ve TV-Radyo vericilerinin yaydığı elektromanyetik kirliliğin sağlığa etkileri konusunda kesin bulguları ortaya koyan bilimsel çalışmalar henüz tamamlanmamıştır. GSM teknolojisinin çok hızlı gelişmesi ile aynı hız ve teknoloji ile bilimsel araştırmaların yapılamaması bu konudaki araştırmaların geriden gitmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla mevcut araştırmalara dayanarak söz konusu elektromanyetik kirliliğin insan sağlığı için zararsız ya da risk taşımadığı anlamı çıkarılmamalıdır. Bu bağlamda gerek bazı ölçüm sonuçlarının dikkat çekiciliği gerek genel olarak ihtiyat ilkesi prensipleri çerçevesinde, hareket edilmesi uygun olacaktır. Bu kapsamda tıbbi görüntüleme cihazlarının çalışması esnasında belirlenen etki sahası içinde sadece asgari görevli personelin bulunması ve tüm koruyucu tedbirler alınarak çalışmanın sağlanması, YGH geçiş noktalarına yaya sürekli bulunma alanlarının yapılmaması, mikrodalga yakın personel bulunma ve oturma alanları olmaması, hidroterapi odasındaki diatermi cihazının çalışması esnasında çok yakınında başka hastaların bulunmaması gibi öneriler ortaya konmuştur.

Referanslar

- [1] Şeker,S,Çerezci,O,” Elektromanyetik Dalgalar ve Mühendislik Uygulamaları” 1995,Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.
- [2] Nilüfer Belediyesi Elektromanyetik Kirlilik raporu 2012. (www.nilufer.bel.tr)
- [3] Çerezci O. Şeker,S ,”Elektromagnetik Alanların Biyolojik Etkileri Güvenlik standartları ve Korunma Yöntemleri” Boğaziçi Üniversitesi 1991.
- [4] Türkkan A, Çerezci,O. Pala K. “Elektromanyetik Alanlar ve Sağlık Etkileri”, Nilüfer Belediyesi yayınları 2012.
- [5] WHO report, International Agency for Research on Cancer. Interphone study reports on mobile phone use and brain cancer risk, 2010.
- [6] European Commission Report, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health, 2009. SCENIHR.
- [7] ECC/REC/(02)04, Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), MEASURING NON-IONISING ELECTROMAGNETIC RADIATION (9 kHz – 300 GHz).
- [8] Resmî Gazete, Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelik, Sayı : 27912, 21 Nisan 2011.
- [9] Resmî Gazete, Elektronik Haberleşme Cihazlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alan Şiddetinin Uluslararası Standartlara Göre Maruziyet Limit Değerlerinin Belirlenmesi, Kontrolü Ve Denetimi Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Sayı : 29497, 9 Ekim 2015.
- [10] Resmî Gazete, İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonun Olumsuz Etkilerinden Çevre Ve Halkın

Sağlığının Korunmasına Yönelik Alınması Gereken Tedbirlere İlişkin Yönetmelik, 24 Temmuz 2010 Sayı : 27651.

[11] ICNIRP Guidelines, Guidelines For Limiting Exposure To Time-Varying Electric, Magnetic, And Electromagnetic Fields (Up To 300 GHz), Health Physics 74 (4), pp 494-522, 1998.

[12] ICNIRP Guidelines, For Limiting Exposure To Time-varying Electric And Magnetic Fields (1 HZ – 100 kHz), HEALTH PHYSICS 99(6):818-836; 2010.

[13] O. Çerezci, B. Kanberoğlu and Ş. Ç. Yener “Analysis On Trending Electromagnetic Exposure Levels At Homes And Proximity Next To Base Stations Along Three Years In A City”, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, DOI: 10.3846/16486897.2014.959523.

[14] O. Cerezci, A. Y. Citkaya, Study of Electromagnetic Risk Analysis in Hospitals, AMEREM 2014: 27 – 31 July 2014.