

Araştırma Makalesi

Mersin Univ Sağlık Bilim Derg 2025;18(2):144-155

doi: 10.26559/mersinsbd.1586099

Mersin ili ve çevresindeki bölgelerde elektromanyetik alan ölçümü ve olası sağlık etkilerinin incelenmesi

 Deniz Erdal¹,  Yılmaz Demir²,  Arzu Coşkun³,
 Lara Çıtırık⁴,  Belgin Büyükkakılıç²

¹ Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı ABD

² Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik ABD

³ Toros Üniversitesi/Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu

⁴ Mersin Tarsus Amerikan Koleji

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Mersin ve çevresindeki baz istasyonlarının oluşturduğu elektromanyetik alan (EMA) şiddetinin ölçülmesi ve bu alanların sağlık üzerindeki olası etkilerinin incelenmesidir. **Yöntem:** Araştırmanın tipi kesitseldir. Temmuz 2024'te, Mersin'in altı farklı bölgesinde (yoğun ve düşük baz istasyonu bulunan) EMA ölçümleri gerçekleştirilmiş, 25-55 yaş arası 171 katılımcıya sosyodemografik bilgiler ve EMA'nın olası sağlık etkileri ile ilgili soruları içeren 15 maddelik bir anket uygulanmıştır. Çalışmada yüksek ve düşük EMA'ya maruz kalan bölgeler arasındaki farklar karşılaştırılmıştır. Verinin analizinde tanımlayıcı istatistikler ki-kare testi, Kruskal-Wallis testi ve Binary Logistik Regresyon yapılmıştır. $p \leq 0,05$ olarak kabul edilmiştir. **Bulgular:** Katılımcıların %58.5'i kadın, yaş ortalaması 39.6 (min-max 25-55) yıl olarak tespit edilmiştir. Katılımcıların %37.4'ü baş ağrısı, %31.0'ı halsizlik ve %30.4'ü sinirlilik gibi non-spesifik semptomlar bildirmiştir. Ancak, bu semptomların EMA seviyeleriyle doğrudan bir ilişkisinin olmadığı görülmüştür. Bazı ölçüm frekanslarında Yenışehir veya Merkez gibi baz istasyonu yoğunluğu yüksek olan bölgelerde EMA seviyeleri diğer bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Ancak tüm bölgelerde EMA değerlerinin Türkiye ve uluslararası limitlerin altında kaldığı tespit edilmiştir. **Sonuç:** Çalışmada EMA maruziyetinin katılımcılar üzerinde belirgin bir olumsuz sağlık etkisi tespit edilmemiştir. Ayrıca ölçümler sınır değerlerin altında kalsa da uzun süreli maruziyet doz birikiminin de değerlendirilmesi için daha fazla çalışma yapılması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik alanlar, iyonlaştırmayan radyasyonlar, cep telefonu

Yazının geliş tarihi: 16.11.2024

Yazının kabul tarihi: 02.01.2025

Sorumlu yazar: Deniz Erdal, Çiftlikköy Kampüsü Tıp Fakültesi, Çiftlikköy Kampüsü, Yenışehir/Mersin. Tel: 0324 3610001, E-posta: denizerdal88@gmail.com

Electromagnetic field measurement in Mersin and surrounding regions and investigation of possible health effects

Abstract

Aim: The aim of this study is to measure the electromagnetic field (EMF) intensity generated by base stations in and around Mersin and to investigate the possible effects of these fields on health. **Method:** Type of the study is cross-sectional. In July 2024, EMF measurements were carried out in six different regions of Mersin (with high and low base stations), and a 15-item questionnaire including questions about socio-demographic information and possible health effects of EMF was applied to 171 participants between the ages of 25-55. The study compared differences between regions with high and low exposure to EMF. Descriptive statistics, chi-square test, Kruskal-Wallis test, and Binary Logistic Regression were performed in the analysis of the data. $p \leq 0,05$ was accepted. **Results:** Among the participants, 58.5% were female, and the mean age was 39.6 (min-max 25-55) years. Participants reported non-specific symptoms such as headache (37.4%), fatigue (31.0%) and irritability (30.4%). However, it was observed that these symptoms were not directly related to EMF levels. In certain measurement frequencies, regions with a high density of base stations, such as Yenışehir or Merkez, had significantly higher EMA levels compared to other regions. However, it was determined that EMF values were below Turkish and international limits in all regions. **Conclusion:** No significant adverse health effects of EMF exposure were detected among the participants in the study. In addition, although the measurements are below the limit values, further studies are required to evaluate the long-term exposure dose accumulation.

Keywords: Electromagnetic fields, non-ionizing radiation, cell phone

Giriş

Elektromanyetik alan (EMA) elektrik ve manyetik alanın birleşimidir. EMA, Dünya'nın manyetik alanı (0.25–0.65 gauss) ile doğal yollardan oluşmasına karşın yüksek gerilim hatları, radyo dalgaları, cep telefonları, baz istasyonları vb., aracılığıyla da insanlar tarafından oluşturulmaktadır. EMA 0 Hz Statik, 0-300 Hz ELF (Extremely Low Frequency-son derece düşük frekanslar), 300 Hz-100 kHz IF (Intermediate Frequencies-Ara Frekanslar) ve 100 kHz-300 GHz RF (radyo frekansları) kapsamaktadır.¹

Cep telefonları ile sağlanan arama ve veri aktarımı dahil olmak üzere iletişim, baz istasyonları tarafından sağlanmaktadır. Farklı elektronik bileşenlerden oluşan baz istasyonları direklerle, binalara yerleştirilir. Baz istasyonları radyo frekans elektromanyetik alanlar yaymaktadır. Kullanılan frekans bant teknolojileri (GSM-Global Systemfor Mobile Communications-Mobil İletişim İçin Küresel Sistem; UMTS-Universal Mobile Telecommunications System-üçüncü nesil (3G); CDMA2000-ses,

veri ve diğer bilgilerin bir dizi standart kullanılarak iletildiği 3G ağı; 4G-4. nesil mobil hücresel sistem; 5 G-5. nesil mobil hücresel sistem) ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir.² Türkiye’de 1 Nisan 2016 tarihinden itibaren 4.5 G teknolojisiyle mobil haberleşme sağlanmaktadır.³ Türkiye’deki frekans bantları 3G (UMTS) için 900 Mhz ve 2100 Mhz, **4G/4.5G (LTE) için** 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz ve 2600 MHz, **5G için ise** 3.5 GHz ve 26 GHz bantları, gelecekte kullanılması planlanan frekanslar arasındadır.⁴ Dünyada ülkeler arası frekans bantları değişmekle beraber Avrupa’da da genel olarak bu frekans bantları kullanılmaktadır.^{4,5}

Baz istasyonlarından RF EMA’ya maruz kalma kişisel olarak cep telefonlarına maruz kalmadan farklıdır. Cep telefonları tarafından RF EMA’ya maruz kalma sınırlıdır ve kafada veya vücudun tutulduğu yere yakın kısımlarında daha fazladır. Baz istasyonları ise cep telefonu kullanılmasa da tüm vücuda sürekli olarak etki etmektedir.²

Elektromanyetik dalgaın vücut dokusundan geçişi sırasında, dalgaın bir kısmı dokunun elektriksel iletkenliğine bağılı olarak ısıya dönüşerek organ ve dokularda sıcaklık artışı ve moleküler hasara yol açmaktadır.⁶ Özellikle frekans artışı ile beraber elektromanyetik dalgalar doku ve organlarla daha hızlı etkileşime girip, daha hızlı dipol oluşumları ve titreşimler yaratarak sıcaklığın artırmasına sebep olmaktadır.⁷

EMA’nın insan sağığı üzerine etkisi tartışmalıdır. Avrupa komisyonunun 2015 yılında yayınlanan raporuna göre potansiyel sağıık riskleri bazı beyin tümörleri (glioma, akustik nöroma), uyku sırasında EEG aktivitesinde değışiklik, bilişsel fonksiyonlarda değışiklik, erkek fertilesine etkisi gibi bazı potansiyel sağıık etkileri üzerinde durmuş olmakla beraber incelenen bilimsel çalışmalardaki sonuçların net olmadığı ifade edilmiştir.⁸ EMA’ya maruz kalmanın etkilerini araştıran 19 farklı çalışmayı inceleyen bir meta-analizde EMA’nın çocukluk çağı lösemilerde hafif-orta bir artışa sebep olduğu bulunmuştur.⁹

İnsanlarla yapılan çalışmalar farklılık göstermekle beraber hayvan deneylerinde EMA’ya maruz kalma sonucunda sperm sayısı ve hareketliliğinin önemli ölçüde azaldığını ve sperm morfolojisinde bozulma, anksiyete ve depresyon belirtilerinde artışın görüldüğünü, hafıza problemleri oluştuğunu, dopamin ve serotonin gibi nörotransmitterlerin seviyelerini etkilediğini, DNA hasarının arttığını ve oksidatif stres seviyelerinin yükseldiğini gösteren çalışmalar mevcuttur.^{10,11}

EMA’ya maruz kalan bazı kişilerde elektromanyetik alanlara aşırı duyarlılık (EMADS) olarak ifade edilen çeşitli non-spesifik semptomlar gözlenmiştir. Bu semptomlar arasında baş ağrısı, uyku bozuklukları, yorgunluk, ciltte yanma veya karıncalanma hissi, kalp ritmi düzensizlikleri, konsantrasyon güçlüğü gibi belirtiler bulunmaktadır.¹² EMADS’ın yaygınlığı ülkeler arasında farklılık göstermektedir. İsveç’te %1.5, İsveç’de %5, Tayvan’da 13.3 görülmektedir.¹³⁻¹⁵ Öte yandan 1998-2022 yılları arasında 41 çalışmanın dahil edildiğı bir meta-analizde

EMADS olan ve olmayan kişilerin EMA’ya maruz kalmanın semptomlarına neden olduğuna dair bir kanıt bulunamamıştır.¹⁶ Ülkemizde elektromanyetik alan ölçümü ve olası sağıık etkilerini araştıran çalışmalarda EMA’nın baş ağrısı, halsizlik, sinirlilik, yorgunluk, unutkanlık ve cinsel isteksizlik semptomları gibi sağıık sorunları ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.¹⁷

Bu çalışma ile Mersin ilinin yoğun miktarda ve minimum miktarda baz istasyonları bulunan bölgelerinde radyo frekans elektromanyetik alan ölçümleri yapılması ve ölçüm yapılan bölgelerde yaşayan insanlarda olası sağıık etkilerinin araştırılması planlanmıştır. Bu amaçla WLAN’ın (Wireless Local Area Network-kablosuz ağı) farklı mesafelerdeki elektromanyetik alan şiddeti değıerleri saptanarak Türkiye’de geçerli olan elektromanyetik alan limit değıerleri ile kıyaslanacaktır.

Gereç ve Yöntem

Tanımlayıcı-kesitsel tipte planlanan bu çalışma 01-31 Temmuz 2024 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışma Mersin ilçe/köy/mahalle yerleşkelerinde (yoğun baz istasyonlarına sahip olan üç yerleşke ve minimum baz istasyonu bulunan üç yerleşke) elektromanyetik alan ölçümleri ve belirlenen bölgelerde yaşayan 25-55 yaş arasındaki gönüllü erişkinlerde 15 soruluk veri formu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Veri formu sosyodemografik bilgiler ve literatür taraması sonrasında elektromanyetik alanın olası sağıık etkileri göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Toros Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğı Kurulu’ndan 25/06/2024 tarihli 109 sayılı karar no ile etik kurul onayı alınmıştır.

Bu çalışmada elektromanyetik alan ölçümü yapılması ve olası sağıık etkilerinin değıerlendirilmesi hedeflenmiştir. Yoğun baz istasyonu ve minimum baz istasyonu olmak üzere iki grup mevcuttur. Yoğun baz istasyonu ve minimum baz istasyonu olan yerleşkelerden üçer ilçe/köy/mahalle (alt grup) bulunmaktadır. Bu amaçla orta (%50) etki büyüklüğü, %95 güç ve %5 hata ile (her ilçe/köy/mahalleden en az 35 birey olmak

üzere ve toplam) her grupta minimum 105 birey olmak üzere toplam 210 bireyin alınması uygun bulunmuştur. G*Power 3.1.9.4

Veri formu ölçüm yapılan baz istasyonuna yakın olan ev ve dükkanlardaki kişilere uygulanmıştır. Veri formu uygulanacak kişilere çalışma hakkında bilgi verilmiş ve daha sonrasında onay alınmıştır. Veri formu araştırmacılar tarafından çalışmaya katılmaya gönüllü olan kişilere yüz yüze anket şeklinde uygulanmıştır. Veri formu uygulanacak kişilerde en az bir yıldır o bölgede bulunmaları, ölçüm yapılan baz istasyonu ile kişilerin bulunduğu ev veya dükkanın 500 metreden fazla uzakta olmaması ve kişilerin 25-55 yaş arasında olması koşulları aranmıştır. Bazı köylerde çalışmaya katılma koşullarını sağlayan kişiler bulunamadığından dolayı toplamda 171 kişiye ulaşılmıştır. Çalışma Helsinki Bildirgesi prensiplerine uygun yürütülmüştür.

Elektromanyetik Alan (EMA) Ölçümlerinin Yapılması

Elektromanyetik alan ölçümleri, temel olarak elektromanyetik dalgaların elektrik alan şiddeti veya manyetik alan şiddeti bileşenlerinin ölçülmesi esasına dayanır.

Ölçümler, farklı frekans aralıklarında yüksek frekanslı elektromanyetik alan güç yoğunluklarının ölçülmesine olanak sağlayan el tipi HF-7040 Aaronia Spectra Analizör (el RF Spektrum Analizörü) cihazı ile yapılmıştır. RF Spektrum Analizörü kullanılarak yapılacak ölçümlerde farklı frekanslar (0-1 GHz, 1-2 GHz, 2-3 GHz, 3-4 GHz, 4-5 GHz, Wlan-2.4 GHz, GSM900, GSM1800, UMTS (Universal Mobile Telecommunications System-baz istasyonları) ve DECT (Digital Enhanced Cordless Technology-telsiz telefon) için elektrik alan şiddeti (V/m), manyetik alan şiddeti (mA/m) ve elektromanyetik alan güç yoğunluğu ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) parametreleri ölçülmüştür.

Çalışmada Mersin ilçe/köy/mahalle yerleşkelerinde (yoğun baz istasyonlarına sahip olan üç yerleşke ve minimum baz istasyonu bulunan üç yerleşke) gündüz

10.00 ile 15.00 arasında beş farklı noktadan elektromanyetik alan şiddeti ölçümleri yapılmıştır. İlk olarak, ölçüm gerçekleştirilen alanlarda elektromanyetik alan kaynakları belirlenmiştir. Bu doğrultuda, yoğun baz istasyonuna sahip bölgeler Yenışehir, Merkez ve Karacailyas; minimum baz istasyonuna sahip bölgeler ise Yenitaşkent, Doğançay ve Kocahamzalı olarak belirlenmiştir. Kısa vadeli etkilerin en aza indirilmesi ve daha doğru değerlendirmeler yapılabilmesi için ölçüm noktalarında sıfır (0) metreden bir tane ve metre ölçer kullanılarak 50’şer metre aralıklarla dört farklı yönde (Kuzey, Güney, Doğu ve Batı) iPhone 11 Pro cep telefonunun pusula uygulaması kullanılarak yönler belirlenmiş ve toplamda beş farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)’nin belirlediği limit değerler 6 dakikalık maruziyet için geçerli olması nedeniyle, her noktada her frekans için en az altışar dakikalık ölçümler yapılmıştır.¹⁸ Ölçümler zeminden 1.5 m yükseklikte alınmıştır. Altı dakikalık ölçüm sonrasında cihazların gösterdiği maksimum değerler analize alınmıştır.

Yenitaşkent bölgesinde yaklaşık 50 metre arayla iki baz istasyonu tespit edilmiş ve Batı yönünden alınan ölçüm iki baz istasyonun etki alanına girmiştir.

Doğançay bölgesinde ölçüm yapılan alanda toplamda üç tane baz istasyonu bulunmaktadır. Ölçüm alınan baz istasyonunun yaklaşık 50-60 metre kadar Kuzeybatı yönünde iki tane daha baz istasyonu bulunmaktadır. Bu iki baz istasyonunun arasında da yaklaşık 10-15 metre mesafe bulunmaktadır. Dağlık alanlar nedeniyle Kuzey yönü ölçümü yaklaşık 20° kadar doğuya kaydırılarak yapılmıştır. Doğançay bölgesinde 10’dan fazla verici anten olmasına rağmen sadece bir tanesi baz istasyonu, geri kalanlar TV ve radyo vericileridir (frekans aralığı çok daha düşük).

Yenışehir bölgesinde Doğu ve Batı yönlerinde binanın çatısındaki üç antenin üçü de görülebiliyorken, Kuzey ve Güney yönlerinde bu antenlerden sadece iki tanesi görülebilmekteydi. 0 m ve Batı yönü 50 m ölçümleri, binaların ölçüm cihazının

antenleri hiçbir şekilde görmesine izin vermediğinden dört katlı binanın damından alınmıştır. Yine aynı nedenle Batı yönü ölçümü yaklaşık 40-45 metre mesafeden alınabilmektedir.

Karacailyas bölgesinde beton binalar nedeniyle kayıt alınan yönler biraz kaydırılmıştır. Batı yönü kayıtları 270°’den alınması gerekirken 308°’den alınabilmektedir. Yine binalar nedeniyle güney ve batı yönlerinden alınan ölçümler 50 metre mesafeden değil yaklaşık 45 metre mesafeden alınabilmektedir.

Kocahamzalı bölgesi antenli köy olarak anılsa da buradaki antenlerin TV vericisi olduğu, bu bölgedeki antenlerden sadece bir tanesinin baz istasyonu olduğu ve bu baz istasyonunun da yerleşim yerlerinin yoğunluğundan uzakta yer aldığı tespit edilmiştir.

Merkez bölgede Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) sahasına girilemediği için Batı yönü 60 m’den alınmıştır. Ölçüm yapılan baz istasyonun yaklaşık 300 m ilerde başka bir baz istasyonu daha mevcuttur. Mersin merkezde çok sayıda küçük antenler binaların üzerinde dağınık olarak yerleştirilmiş olduğu görülmüştür.

Ölçüm sonuçları limit değerler ile karşılaştırılarak insan sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmiştir. Ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasında Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından 17.04.2018 Tarihli 30394 Sayılı ve 09.10.2015 tarihli 29497 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Elektronik Haberleşme Cihazları Güvenlik Sertifikası Yönetmeliği” limit değerleri esas alınarak yapılmıştır. Türkiye ve ICNIRP için belirlenen elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğu limit değerleri Tablo 1’te belirtilmiştir.¹⁸⁻²⁰

İstatiksel Analiz

Veri bilgisayar ortamına girilerek veri kalite kontrolü yapılmıştır. Veri, IBM SPSS Statistics 30.0 demo sürümü kullanılarak analiz edilmiştir. Verinin özetlenmesinde yüzde, oran, ortalama, standart sapma, ortanca, en düşük ve en yüksek değerler gibi tanımlayıcı istatistikler

kullanılmıştır. Sürekli verilerin normal dağılıma uygunluk analizleri Kolmogorov-Smirnov testi ile yapılmıştır.

Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasındaki-kare önemlilik testi kullanılmıştır. Parametrik test koşullarının sağlanamadığı için sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Bölgeler arasındaki ölçüm değerleri de normal dağılıma uymadığı için Kruskal Wallis testi kullanıldı ve Bonferoni düzeltmesi yapılmıştır. Risk faktörlerinin belirlenmesinde Binary Logistik Regresyon modeli kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p \leq 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Tablo 1. Türkiye ve ICNIRP’nin elektrik alan şiddeti, manyetik alan şiddeti ve güç yoğunluğu limit değerleri

Frekans Aralığı	Elektrik Alan Şiddeti (V/m)	Manyetik Alan Şiddeti (A/m)	Güç Yoğunluğu (W/m ²)
Türkiye için limit değerler			
400-2000 MHz	1.03 f ^{1/2}	0.0027 f ^{1/2}	f/200
2000-6000 MHz	45.75	0.12	10
ICCNIRP’nin limit değerleri			
400-2000 MHz	1.375f ^{0.5}	0.00373f ^{0.5}	f/200
>2-300 GHz	-	-	10

f: Frekans

Bulgular

Çalışmaya toplamda 171 kişi dahil edilmiştir. Katılımcıların yaş ortalaması 39.6 (min-max 25-55) yıldır. Katılımcıların %58.5’i kadın, % 57.4’ü lise ve üzeri öğrenime sahip ve %66.5’i gelir getiren bir işte çalışmakta olarak tespit edilmiştir.

Katılımcıların %39,6’sının 5 yıl veya daha kısa süredir o mahallede yaşadığı ve %70,8’inin bulundukları yerde günde 9 saat ve üzeri zaman geçirdiği tespit edilmiştir. Çalışmaya katılanların %49,1’i ölçüm yapılan baz istasyonuna 200 metre veya daha yakın uzaklıkta yaşamaktaydı. Diğer sosyodemografik özellikler Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 3’te katılımcıların son 3 aydaki bazı non-spesifik semptomları, bazı geçmiş obstetrik sorunları ve bazı sağlık sorunları

gösterilmektedir. Katılımcıların son 3 aydaki bazı nonspesifik semptomları sorgulandığında %37,4’ünde baş ağrısı, %31,0’ında halsizlik ve %30,4’ünde sinirlilik tespit edilmiştir. Katılımcıların kendisinde veya eşindeki bazı obstetrik sorunlar sorgulandığında %17,5’inde düşük ve %5,3’ünde anomali bebek varlığı saptanmıştır. Katılımcıların bazı sağlık sorunları için tanı/tedavi alma durumu incelendiğinde %11,1’inde kardiyovasküler hastalık varlığı tespit edilmiştir.

Tablo 2. Katılımcıların sosyodemografik özellikleri

Değişkenler	Sayı (n)	Yüzde (%)
<i>Yaş</i>		
25- 39 yaş	89	52.4
40-55 yaş	81	47.6
<i>Cinsiyet</i>		
Kadın	100	58.5
Erkek	71	41.5
<i>Öğrenim durumu</i>		
Okuryazar/OY değil	23	13.4
İlkokul/ortaokul	50	29.2
Lise	36	21.1
Üniversite	62	36.3
<i>Gelir getiren bir işte çalışma</i>		
Evet	113	66.5
Hayır	57	33.5
<i>Katılımcıların mahallede bulunduğu yıl</i>		
5 yıl ve atı	67	39.6
6 yıl ve üstü	102	60.4
<i>Katılımcıların mahallede günde ortalama geçirdikleri saat</i>		
8 saat ve altı	49	29.2
9 saat üstü	119	70.8
<i>Katılımcıların bulunduğu yerin ölçüm yapılan baz istasyonuna uzaklığı</i>		
200 metre altı	84	49.1
201-500 metre	87	50.9
<i>Evlilik durumu</i>		
Bekar	32	18.8
Evli	138	81.2
<i>Akrabalık durumu (sadece evli olanlar cevapladı)</i>		
Akrabalık var	30	21.7
Akrabalık yok	108	78.3
<i>İlk Adet yaşı (sadece kadınlar cevapladı)</i>		
12 yaş ve altı	37	38.5
13 yaş ve üstü	59	61.5
<i>Menopoz durumu</i>		
Var	19	19.2
Yok	80	80.8

Tablo 3. Katılımcıların bazı non-spesifik semptom, obstetrik sorun ve sağlık sorunlarının dağılımı

Değişkenler	Sayı (n)	Yüzde (%)
<i>Katılımcıların son 3 ayda bazı non-spesifik semptomları*</i>		
Baş ağrısı	64	37.4
Halsizlik	53	31.0
Sinirlilik	52	30.4
Kas ağrısı	42	24.6
Baş dönmesi	41	24.0
Uyku bozukluğu	40	23.4
Depresif eğilimler	30	17.5
Çarpıntı	27	15.8
Hafıza problemleri	26	15.2
İshal/kabızlık	17	9.9
Deri problemleri	17	9.9
İşitme sorunları	8	4.7
Herhangi bir non-spesifik semptomu olmayan	49	28.7
<i>Katılımcıların kendisi/eşindeki geçmiş bazı obstetrik sorunlar*</i>		
Düşük	30	17.5
Anomalili bebek	9	5.3
Erken doğum	7	4.1
Düşük doğum ağırlığı olan bebek	6	3.5
Ölü doğum	5	2.9
Ani bebek ölümü	3	1.8
Herhangi bir obstetrik sorunu olmayan	126	73.7
<i>Katılımcıların bazı sağlık sorunları için tanı/tedavi alma durumu*</i>		
Kardiyovasküler hastalıklar	19	11.1
Psikiyatrik problemler	10	5.8
Kısırlık	5	2.9
Kanser	2	1.2
Herhangi bir kronik hastalığı bulunmayan	142	83.0

*Bazı katılımcılar biden fazla seçenek işaretlemiştir.

Bölge ölçüm değerleri ve ilişkili faktörler ile ilgili yapılan analizlerde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Tablo 4)($p>0.05$)

Tartışma

EMA'nın insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri halen yoğun biçimde araştırılmaktadır. İnsan vücudunun çevresindeki 50 Hz frekanslı ELF alanla yakın alan etkileşiminde vücut elektrik

alanını bozabilirken manyetik alanı bozamamaktadır. Ancak her iki alanda vücutta farklı bölgelerde farklı elektrik alanı ve akım indüksiyonu oluşturmaktadır.²¹ İnsan vücudu, RF elektromanyetik dalgalarla ise elektromanyetik indüksiyon yerine doğrudan enerji soğurulması şeklinde bio-etkileşim gösterir göstermektedir. İnsan vücudundaki dokuların birim kütlesinin saniyede soğurduğu enerji miktarı Specific Absorption Rate-SAR olarak belirlenmektedir.²²

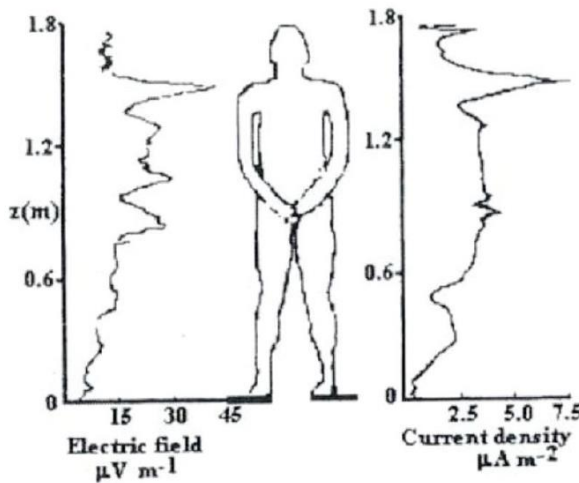
Tablo 4. Bölgelerin ölçüm yapılan frekans birimine göre ilişkisi

Değişkenler	Ölçüm Birimi	Bölge Ölçüm Median (min-max)						p*
		Yenişehir	Yenitaşkent	Karacailyas	Kocahamzalı	Merkez	Doğançay	
Wlan 2,4 GHz	EAŞ (V/m)	0.35 (0.25- 1.28) ^{b,c}	0.21 (0.12- 0.42)	0.15 (0.12-0.22)	0.06 (0.05-0.20) ^b	0.29 (0.13-0.70)	0.12 (0.07-0.15) ^c	0.002
	EAGY (μW/m ²)	327.53 (167.52-4330.0) ^{b,c}	116.23 (40.93- 472.75)	58.82 (46.63-126.75)	9.43 (5.64-108.04) ^b	216.76 (46.39- 1300.00)	34.96 (11.56-56.91) ^c	0.002
	MAŞ (mA/m)	0.93 (0.67-3.39) ^{b,c}	0.56 (0.33-1.12)	0.41 (0.33-0.58)	0.16 (0.12-0.54) ^b	0.76 (0.35-1.86)	0.31 (0.18-0.39) ^c	0.001
GSM 900 mHz	EAŞ (V/m)	0.22 (0.16-0.61) ^c	0.15 (0.08- 0.26)	0.21 (0.11-0.28)	0.11 (0.03-0.24)	0.18 (0.14-0.60)	0.08 (0.04-0.10) ^c	0.011
	EAGY (μW/m ²)	124.72 (65.03-96.89) ^c	57.74 (14.81-174.68)	121.62 (33.49-203.51)	30.80 (2.34-156.44)	88.94 (48.15- 961.08)	17.94 (5.10-27.59) ^c	0.011
	MAŞ (mA/m)	0.58 (0.42-1.63) ^c	0.39 (0.20-0.68)	0.57 (0.30-0.74)	0.29 (0.08-0.64)	0.49 (0.36-1.60)	0.22 (0.12-0.27) ^c	0.011
GSM 1800 mHz	EAŞ (V/m)	0.17 (0.11-0.56)	0.16 (0.08-0.24)	0.07 (0.04-0.10) ^e	0.08 (0.02-0.11)	0.40 (0.17- 0.54) ^{d,e}	0.08 (0.06-0.09) ^d	0.001
	EAGY (μW/m ²)	79.18 (29.39- 28.30)	69.54 (18.06-151.98)	12.61 (4.50-43.25) ^e	15.16 (1.07-33.78) ^f	431.64 (73.91-776.92) ^{d,e,f}	14.96 (10.08-20.90) ^d	0.001
	MAŞ (mA/m)	0.46 (0.29- 1.48)	0.43 (0.22-0.64)	0.18 (0.11-0.34) ^e	0.30 (0.05-0.82)	1.07 (0.44- 1.44) ^{d,e}	0.20 (0.18-0.24) ^d	0.004

MA: Manyetik Alan, MAŞ(H): Manyetik Alan Şiddeti (A/m), MAY(B): Manyetik Akı Yoğunluğu (μT), EAŞ(E): Elektrik Alan Şiddeti (V/m), EAGY: Elektromanyetik Alan Güç Yoğunluğu (W/m²), *Kruskal-Wallis testi- Benforoni düzeltmesi

a: Yenitaşkent- Doğançay, b: Kocahamzalı-Yenişehir, c: Doğançay-Yenişehir, d: Doğançay-Merkez, e:Karacailyas-Merkez, f:Kocahamzalı, Merkez

Resim 1'de, 1.77 m boyundaki bir insan modelinin 1 μT manyetik akı yoğunluğuna önden arkaya doğru maruz kalması sonucu, vücut içinde oluşan indüklenmiş elektrik alanı ve elektrik akım yoğunluğu gösterilmiştir.²¹ Görüldüğü üzere, indüklenen alan ve akım yoğunluğu boyun bölgesinde en yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Vücutta indüklenen akımların özellikle beyin, kan dolaşım sistemi gibi organlar üzerinde zararlı etkiler yarattığı ve bunun sonucunda kemik iliğinde artışa yol açtığı bilinmektedir.⁹ Ayrıca elektromanyetik alan maruziyetinin düşük riskini artırdığını, sperm kalitesini etkileyerek kısırlığa neden olabileceği ve birçok farklı türde kanser riskini artırdığını belirten çalışmalar olmakla beraber bazı bilimsel çalışmalarda sonuçlar EMA'nın insan sağlığı üzerine etkisinin net olmadığı ifade edilmiştir.^{8,11,23} Bu çalışmada da EMA'nın insan sağlığı üzerine olumsuz etkisi tespit edilmemiştir. Çalışmanın bulguları, EMA'nın insan sağlığı üzerindeki etkilerinin halen belirsiz olduğunu gösteren mevcut literatürle uyumludur. Araştırmada, EMA maruziyetine bağlı belirgin bir olumsuz sağlık etkisi tespit edilmemiştir. Ancak, EMA'nın uzun süreli ve yüksek düzeyde maruziyetinin potansiyel etkilerini daha iyi anlamak için kapsamlı ve uzun vadeli çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır.



Resim 1. Bir insan modelinin 1 μT manyetik akı yoğunluğu ile önden arkaya doğru ışınlanması dolayısıyla vücut içinde indüklenen elektrik alanı ve elektrik akım yoğunluğu dağılımı²¹

Binalarda bulunan cihazlar, özellikle 100 kHz ile 3 GHz frekans aralığında çalışan

RF dalgaları yayarak, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir. Çocuklar, daha küçük vücut yapıları nedeniyle çevresel EMA dalgalarından yetişkinlere kıyasla daha fazla etkilenirler. Okullarda bulunan WLAN, DECT, GSM, radyo, TV ve mikrodalga gibi cihazlar, radyo frekans bandında çalışarak elektromanyetik alan kaynağı oluştururlar. İsviçre ve İtalya gibi bazı ülkeler, okul, kreş, oyun parkı, hastane ve ev gibi alanları hassas kullanım bölgeleri olarak tanımlayarak, GSM frekanslı EMA için özel limit değerleri belirlemektedir. Örneğin, İtalya'da cadde ve sokak gibi geçiş bölgelerinde 20 V/m limit değeri uygulanırken, hassas kullanım alanları için 6 V/m limiti belirlenmiştir. İsviçre'de ise tek bir GSM vericisi için 6 V/m limit değeri uygulanırken, birden fazla GSM vericisinin bulunduğu durumlarda bu limit daha da düşürülerek 5 V/m olarak belirlenmiştir.^{21,24}

ICNIRP ve Türkiye'deki limitler GSM 900 MHz frekansı için; elektrik alan gücü **41 V/m**, elektromanyetik alan güç yoğunluğu **4.5 W/m² (4500000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)** ve elektromanyetik alan şiddeti **0.111 A/m (111 mA/m)**, GSM 1800 MHz frekansı için; **58 V/m**, **9 W/m² (9000000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)** ve **0.156 A/m (156 mA/m)**, WLAN 2.4 GHz için; **61 V/m**, **10 W/m² (10000000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)** ve **0.160 A/m (160 mA/m)** olarak belirlenmiştir.¹⁸⁻²⁰ Bu çalışmada GSM 900 MHz frekansı için ölçümlerde en yüksek elektrik alan şiddeti **0.61 V/m**, güç yoğunluğu **996.89 $\mu\text{W}/\text{m}^2$** ve manyetik alan şiddeti **1.63 mA/m**, GSM 1800 MHz için en yüksek elektrik alan değeri **0.56 V/m**, güç yoğunluğu **828.30 $\mu\text{W}/\text{m}^2$** , manyetik alan şiddeti **1.48 mA/m**, WLAN 2.4 GHz için en yüksek elektrik alan değeri **0.56 V/m**, güç yoğunluğu **828.30 $\mu\text{W}/\text{m}^2$** , manyetik alan şiddeti **1.48 mA/m** olarak ölçülmüştür ve limit değerlerinin oldukça altında kalmaktadır. Fakat bazı ülkeler ICNIRP'nin belirlediği limit değerlerinin çok altında limit belirlemişlerdir. Örneğin Çin'de 900 MHz, 1800 MHz ve 2100 MHz için limit değerler elektrik alan gücü için **12 V/m** ve elektromanyetik alan güç yoğunluğu **0.4 W/m² (400000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)**, İtalya'da hassas bölgeler için limit değerler elektrik alan gücü için **6 V/m** ve elektromanyetik alan güç yoğunluğu **0.1 W/m² (100000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)** olarak belirlenmiştir.

Bu limitlere göre de yapılan ölçümler limit değerlerin oldukça altındadır.²⁴

Kumbur ve arkadaşları tarafından 2008 yılında Mersin merkezde yapılan bir çalışmada il merkezinin elektromanyetik kirlilik haritası çıkarılmış; ölçüm değerleri uluslararası standartların altında olduğu rapor edilmiştir.²⁵ Mersin İli, Yenişehir ilçesinde yapılan başka bir çalışmada antenli köy olarak bilinen Kocahamzalı'dan ve ilçe merkezinden alınan ölçümlerin ilçenin diğer bölgelerine göre çok yüksek çıktığı ancak bütün ölçümlerin sınır değerlerin altında yer aldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada Kocahamzalı ölçümlerinin yüksekliğinin baz istasyonlarından değil TV antenlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir.²⁶ Bu çalışmadaki ölçümlerin Kocahamzalı'da düşük olması bu çalışmanın sonuçlarıyla da uyumludur. Yenişehir bölgesindeki ölçümlerin yüksek çıkmasının bir nedeni baz istasyonunun binanın üstünde bulunması nedeniyle ölçümlerin baz istasyonu ile aynı yükseklikten alınmasıdır. Baz istasyonlarının yere ve ölçüm cihazına yakınlığı ölçümlerin yüksek çıkma sebeplerinden biridir.²⁶ Bazı bölgelerin diğerlerinden yüksek çıkmasının bir diğer nedeni de bölgedeki nüfus yoğunluğudur. Nüfusun daha yoğun olduğu bölgelerdeki ölçümlerin daha az nüfusa sahip yerlere göre daha yüksek değerlere ulaştığını ancak yine de (bu çalışmada da olduğu gibi) sınır değerlerin altında olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur.²⁷⁻³⁰ Diğer çalışmalarla da uyumlu olarak çalışmanın sonuçları ulusal ve uluslararası limit değerlerin altında bulunmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışmada EMA maruziyetine bağlı belirgin bir olumsuz sağlık etkisi tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, EMA'nın uzun vadeli etkileri konusunda mevcut literatürde belirsizlikler devam etmektedir. Gelecekte, EMA maruziyetinin uzun dönemli etkilerini daha iyi anlayabilmek için daha kapsamlı ve çok merkezli çalışmalar yapılmalıdır. Farklı yaş grupları, meslek grupları ve özellikle hassas bireyler (çocuklar, yaşlılar, kronik hastalığı olanlar) üzerinde yapılacak detaylı analizlerle, EMA'nın sağlık üzerindeki potansiyel etkilerini daha detaylı değerlendirmek gerekmektedir.

Bu çalışmada farklı frekanslarda yapılan ölçümler, Türkiye ve ICNIRP tarafından belirlenen limit değerlerin oldukça altında kalmıştır. Ancak, bazı ülkelerin mevcut limitlerin çok altında belirlediği değerler göz önünde bulundurularak, Türkiye'deki limitlerin güncellenmesi ve baz istasyonlarının insanların yoğun olduğu bölgeden daha uzağa konularak kronik maruziyetinin en aza indirilmesi açısından önem taşımaktadır. Ancak ölçümler sınır değerlerin altında kalsa da uzun süreli maruziyet doz birikiminin de değerlendirilmesi için aynı bölgelerde periyodik ölçümlerin tekrarlandığı daha fazla çalışmalar yapılması gereklidir.

Araştırmanın Kısıtlılıkları: Örneklem büyüklüğü ve çalışma alanının yalnızca Mersin ilinde belirli bölgelerden ölçüm yapıldığı için, bulguların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Çalışma tek ölçüm ile değerlendirdiğinden, EMA'nın uzun vadeli etkilerinin anlaşılabilmesi için daha geniş kapsamlı ve uzun süreli araştırmalara ihtiyaç vardır. Çalışmada, insanların yaşadığı ortamlarda bulunabilen EMA dışındaki diğer çevresel faktörler (örneğin, pestisitler, hava kirliliği vb.) tamamen elimine edilememiştir. İnsanların yaşadığı ortamlarda bu faktörlerin tamamen elimine edilmesi mümkün değildir. Sağlık üzerine olumsuz etki oluşturabilecek EMA dışındaki çevresel faktörlerin eliminasyonu çalışmanın deney hayvanlarıyla gerçekleştirilmesi ile mümkün olabilir.

Yazar Katkıları: **DE:** Araştırmanın planlanması, verinin toplanması, verinin analizi, makale yazımı. **YD:** Araştırmanın planlanması, verinin toplanması, makale yazımı. **AC:** Araştırmanın planlanması, etik onay alınması, verinin toplanması. **LÇ:** Araştırmanın planlanması, verinin toplanması. **BB:** Araştırma konusunun belirlenmesi, araştırmanın planlanması, makale yazımı.

Çıkar Çatışması: Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Mali Destek: Herhangi bir mali destek alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Electromagnetic fields: Introduction to electromagnetic fields. https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/electromagnetic-fields/1-2/1-electromagnetic-fields.htm. Accessed May 27, 2024.
2. ICNIRP. Base stations. <https://www.icnirp.org/en/applications/base-stations/index.html>. Accessed May 27, 2024.
3. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. 4.5G son "2" gün - haberler. <https://www.btk.gov.tr/haberler/4-5g-son-2-gun>. Accessed May 27, 2024.
4. Turkey 5G - NR, 4G - LTE frequencyspectrumbands, 3G - WCDMA, 2G - GSM, FDD, TDD, FR1, FR2 mmWave mobile networks. <https://www.spectrum-tracker.com/Turkey>. Accessed October 31, 2024.
5. Mobile operators 5G, NR, 4G, LTE, 3G, 2G, FDD, TDD, mmWavefrequencyspectrumbands database. <https://www.spectrum-tracker.com/>. Accessed October 31, 2024.
6. Gottueb CF, Hagmann MJ, Babü TM, et al. Interstitial microwave hyperthermia applicators having submillimetre diameters. *Int J Hyperthermia*. 1990;6(3):707-714. doi:10.3109/02656739009140966.
7. Barlas Us S, Alisoy H, Altıntaş Z, Yılmaz E. Farklı frekanslardaki elektromanyetik dalgaların kas, beyin ve kalpte meydana getirdiği sıcaklık artışının analizi. In: *III. Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu*; 2015:145-146; Mersin, Türkiye.
8. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). 2015. doi:10.2772/75635.
9. Brabant C, Geerinck A, Beaudart C, Tirelli E, Geuzaine C, Bruyère O. Exposure to magnetic fields and childhood leukemia: a systematic reviewand meta-analysis of case-control and cohort studies. *RevEnvironHealth*. 2022;38(2):229-253. doi:10.1515/REVEH-2021-0112.
10. Karimi SA, Salehi I, Shykhi T, Zare S, Komaki A. Effects of exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on spatial and passive avoidance learning and memory, anxiety-like behavior, andoxidative stress in male rats. *Behav Brain Res*. 2019;359:630-638. doi:10.1016/j.bbr.2018.10.002.
11. Okechukwu C. Does the use of mobile phone affect male fertility? A mini-review. *J Hum ReprodSci*. 2020;13(3):174. doi:10.4103/jhrs.JHRS_126_19.
12. World Health Organization. Radiation and health. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/radiation-and-health/non-ionizing/emf/hypersensitivity>. Accessed May 27, 2024.
13. Hillert L, Berglind N, Arnetz BB, Bellander T. Prevalence of self-reported hypersensitivity to electricormagneticfields in a population-based questionnaire survey. *Scand J WorkEnvironHealth*. 2002;28(1):33-41. doi:10.5271/sjweh.644.
14. Schreier N, Huss A, Rösli M. Theprevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: A cross-sectional representative survey in Switzerland. *SozPraventivmed*. 2006;51(4):202-209. doi:10.1007/S00038-006-5061-2/METRICS.
15. Tseng MCM, Lin YP, Cheng TJ. Prevalence and psychiatric comorbidity of self-reported electromagnetic field sensitivity in Taiwan: A population-based study. doi:10.1016/j.jfma.2011.08.005.
16. Bosch-Capblanch X, Esu E, Oringanje CM, et al. The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: a systematic review of human experimental studies. *EnvironInt*. 2024;187:108612. doi:10.1016/J.ENVINT.2024.108612.
17. Cinemre F, Ogut S, Bahtiyar N, Cinemre D, Cinemre G, Aydemir B. Electromagnetic field exposure and health problems among college students. *MedSciIntMed J*. 2021;10(2):380. doi:10.5455/medscience.2021.08.169.

18. T.C. Resmi Gazete. Elektronik haberleşme cihazlarından kaynaklanan elektromanyetik alan şiddetinin uluslararası standartlara göre maruziyet limit değerlerinin belirlenmesi, kontrolü ve denetimi hakkında yönetmelik. No. 30394. Published April 17, 2018. Accessed October 31, 2024.
19. T.C. Resmi Gazete. Elektronik haberleşme cihazlarından kaynaklanan elektromanyetik alan şiddetinin uluslararası standartlara göre maruziyet limit değerlerinin belirlenmesi, kontrolü ve denetimi hakkında yönetmelik. No. 29497. Published October 9, 2015. Accessed October 31, 2024.
20. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). 2020. doi:10.1097/HP.0000000000001210.
21. Çerezci O, Kartal Z, Pala K, Türkkan A. Elektromanyetik Alan ve Sağlık Etkileri. İçinde: Türkkan A, ed. Nilüfer, Bursa; 2012.
22. Guidelines on limits of exposure to staticmagnetic fields. *HealthPhys.* 2009;96(4):504-514. doi:10.1097/01.HP.0000343164.27920.4a.
23. Li DK, Chen H, Ferber JR, Odouli R, Quesenberry C. Exposure to magnetic field non-ionizing radiation and the risk of miscarriage: A prospective cohort study. *SciRep.* 2017;7(1):17541. doi:10.1038/s41598-017-16623-8.
24. Stam R. Comparison of international policies on electromagnetic fields. Bilthoven, Holland: National Institute for Public Health and the Environment (RIVM); 2018.
25. Akarsu C, Gülşen E, Türkay Koyuncu G, Kumbur H. Elektromanyetik Kirlilik ve Çevre İlişkisi. İçinde: III. Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu; 2015:282-287. Mersin, Türkiye.
26. Cömert M, Özdemir C, Yıldız A, Uluçay UÜ. Mersin İli Yenişehir İlçesi ve Bağlı Bölgelerinde Elektromanyetik Kirlilik Ölçüm Çalışmaları ve Haritaları. İçinde: III. Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu; 2015:347-250. Mersin, Türkiye.
27. Kurnaz Ç, Mutlu M. Uzun süreli radyofrekansı elektromanyetik alan seviyesinin izlenmesi ve modellenmesi. *Gazi Univ Muh Mim Fak Derg.* 2021;36(2):669-684. doi:10.17341/gazimmfd.641287.
28. Tuysuz B, Mahmutoglu Y. Measurement and mapping of the GSM-based electromagnetic pollution in the Black Sea region of Turkey. *ElectromagnBiolMed.* 2017;36(2):132-140. doi:10.1080/15368378.2016.1198801.
29. Dilek B, As N, Şahin ME. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüsünde Elektromanyetik Alan Kirlilik Ölçümü ve Spektrum Analizi. *Recep Tayyip Erdoğan Univ Fen Muh Bilim Derg.* 2021;2(1):53-65. doi:10.53501/rteufemud.916087.
30. Gül BK, Kurnaz Ç. Samsun İlkadım İlçesindeki elektromanyetik kirliliğin ölçülmesi ve değerlendirilmesi. İçinde: III. Elektromanyetik Alanlar ve Etkileri Sempozyumu; 2015:219-222. Mersin, Türkiye.